

Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung

Schlussbericht des Projektes *agroforst*

Projektlaufzeit April 2005 bis September 2008



GE-ÖRDERI VJM



Impressum

Dieser Schlussbericht entstand im Rahmen des Projektes „agroforst – neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung“.
www.agroforst.uni-freiburg.de

Projektleitung: *Heinrich Spiecker¹*
Projektmanagement: *Mathias Brix¹ und Bela Bender¹*



Landwirtschaftliche Aspekte von Agroforstsystemen

Anja Chalmin², Alexander Mönde², Klaus Mast², Reinhold Vetter²



Waldmanagement und Wertholzproduktion in offenen Landschaften

- Wertholzproduktion: *Mathias Brix¹, Bela Bender¹, Heinrich Spiecker¹*
- Biomassekomponenten als Zwischennutzung: *Rüdiger Unseld¹*
- Landschaftsvisualisierung: *Ursula Kretschmer¹*



Ökologische und landschaftsästhetische Auswirkungen

Tatjana Reeg³, Manuel Oelke³, Werner Konold³



Mit weiteren inhaltlichen Beiträgen von:

J. Hampel, C. Heindorf, F. Hohlfeld, S. Jäger, G. Mathiak, E. Rusdea, A. Schäfer, S. Weissenburger

		
¹ Institut für Waldwachstum, Universität Freiburg Tennenbacher Str. 4 79106 Freiburg www.iww.uni-freiburg.de/	² Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg Außenstelle Forchheim Kutschenweg 20 76287 Rheinstetten www.ltz-augustenberg.de	³ Institut für Landespflege, Universität Freiburg Tennenbacher Str. 4 79106 Freiburg www.landespflge-freiburg.de

Juni 2009
 Alle Rechte vorbehalten.
 Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Quellenangabe gestattet.



Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, Förderkennzeichen 0330621.

Inhalt

I Konzeption

1 Aufgabenstellung des Forschungsprojektes

2 Planung und Ablauf

3 Wissenschaftlicher und technischer Stand

3.1 Bekannte Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des FE-Vorhabens benutzt wurden

3.2 Stand des Wissens der einzelnen Fragestellungen

3.2.1 Stand der Forschungsarbeiten zu Beginn des Projektes

3.2.2 Stand des Wissens über moderne Agroforstsysteme zu Beginn des Projektes

3.2.3 Stand des Wissens in Bezug auf aktuelle Tendenzen der Landnutzung zu Beginn des Projektes

3.3 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste,

4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

II Ergebnisse

A. Teilprojekt Agrar: Aspekte der landwirtschaftlichen Produktion von Agroforstsystemen

A.1 Agrarpolitische und -fachliche Rahmenbedingungen für Agroforstsysteme in Deutschland

A.2 Erfassung der Kulturen mit ihren Standortansprüchen und ihrer Produktionstechnik

A.3 Bewertung der Kultursysteme

A.4 Identifizierung von erfolgversprechenden Systemen

A.5 Transfer, Leitfaden und Schlussbericht

B. Teilprojekt Waldmanagement: Aspekte der Wertholzproduktion in modernen Agroforstsystemen - Optimierung eines historischen Konzepts

B.1 Aufbereitung vorhandener Daten und Entwicklung alternativer Waldmanagementkonzepte

B.2 Systemauswahl für die Beispielgebiete in Baden-Württemberg

B.3 Systemauswahl für Mecklenburg-Vorpommern

B.4 Holzbiomasseproduktion in Agroforstsystemen

B.5 Arbeitspaket „Visualisierung“

B.6 Modellbildung und Bewertung von Agroforstsystemen

C. Teilprojekt Landespflege: Moderne Agroforstsysteme in Deutschland – naturschutzfachliche Bewertung, Akzeptanz, historische Hintergründe und Auswirkungen auf das Landschaftsbild

C.1. Auswahl von Zielgebieten für Agroforstsysteme

C.2. Befragung von Stakeholdern

- C.3. Naturschutzfachliche Bewertung
- C.4. Analyse historischer Agroforstsysteme als Grundlage für das Thema Landschaftsbild und Landschaftsgestaltung
- C.5. Agroforstsysteme im Landschaftsbild
- C.6./7. Vorbereitung und Durchführung der Transferphase
- C.8. Kriterienkataloge zur Auswahl der Baumarten

D. Projektübergreifende Ausführungen

- D.1 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse
- D.2 Der Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen
- D.3 Veröffentlichungen

III Erfolgskontrollbericht

- 1 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen
- 2 Das wissenschaftlich-technische Ergebnis, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen
- 3 Erfindungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte
- 4 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Auftragsende
- 5 Wissenschaftliche Erfolgsaussichten nach Auftragsende
- 6 Die wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit
- 7 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben
- 8 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer
- 9 Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

I

Konzeption

I Allgemeines

1 Aufgabenstellung des Forschungsprojektes

Gesamtziel des Vorhabens

Die Bundesrepublik Deutschland weist bereits über einen langen Zeitraum hinweg eine positive Waldflächenbilanz auf (BMVEL 2000). Diese Zunahme der Waldfläche ist wesentlich auf die Überführung vormals landwirtschaftlich genutzter Flächen in Wald zurückzuführen, die sowohl in Form aktiver Erstaufforstung wie auch als un gelenkte natürliche Bewaldung geschieht. In vielen Regionen mit hohem Waldanteil und zugleich verstärktem Rückgang der landwirtschaftlichen Nutzung führt die Waldmehrung zu Zielkonflikten zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz und zum Verlust traditioneller Kulturlandschaften (Vos & Meeke 1999). Die bestehenden politischen Instrumente, insbesondere die monetären Anreize zur Aufforstung einerseits oder zur Offenhaltung der Landschaft andererseits, bieten bislang keinen Ausweg aus dem bestehenden Konflikt (Güthler et. al. 2002). Darüber hinaus sind im letztgenannten Fall stetige Transferzahlungen erforderlich, um Landschaftsräume langfristig offen zu halten.

Landschaftsökologisch tragbare Alternativen, die weitgehend unabhängig von der Verfügbarkeit öffentlicher Mittel sind, können in der Entwicklung kombinierter agroforstlicher Bewirtschaftungssysteme bestehen, die weltweit erhebliche wirtschaftliche und soziale Relevanz besitzen, in Deutschland aber heute nicht mehr verbreitet sind. Je nach Anteil bzw. Deckungsgrad der Baumkomponente stehen sie in ihrem Erscheinungsbild und ihren ökologischen Eigenarten jeweils eher landwirtschaftlichen Flächen oder Wäldern näher. Im Rahmen des Verbundvorhabens sollte geklärt werden, inwieweit kombinierte agroforstliche Bewirtschaftungskonzepte in Form von lockeren Laubmischwäldern, die von ihrer Struktur her gewisse Ähnlichkeiten mit Streuobstbeständen aufweisen, aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Sicht als Alternativen zu den bislang räumlich streng getrennten (segregierten) land- bzw. forstwirtschaftlichen Nutzungen in Frage kommen. Im Hinblick auf das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung in Deutschland sollen die zu entwickelnden Bewirtschaftungssysteme eine zielgerichtete Steuerung des Landschaftswandels ermöglichen.

Oberziel des Projektes war die Entwicklung von kombinierten agroforstlichen Bewirtschaftungskonzepten als Alternativen zur klassischen Erstaufforstung, die:

- wirtschaftlich tragfähige Konzepte für land- und forstwirtschaftliche Betriebsinhaberinnen und Betriebsinhaber darstellen (Wertschöpfung) und
- eine aus landschaftsökologischer und sozialer Sicht verträgliche Entwicklung von Landschaften mit hohem Aufforstungsdruck ermöglichen.

Wichtigste Formalziele hierbei waren:

- Die Erarbeitung von Grundlagen für politische Entscheidungen im Hinblick auf die agrar-, forst- und naturschutzpolitischen Herausforderungen des agrarstrukturellen und demografischen Wandels sowie
- Partizipation der maßgeblichen Stakeholder, insbesondere der kommunalpolitisch Verantwortlichen, der Verbände der Land- und Forstwirtschaft sowie des

Naturschutzes und der Forstwirtschaft zur Sicherung der Transferfähigkeit der Projektergebnisse.

Die im Rahmen des Projektes entwickelten Landnutzungssysteme sollen dazu beitragen, durch die integrierte Produktion wertvoller Edellaubbäume die flächenbezogene Wertschöpfung zu erhöhen und die Betriebssicherheit zu verbessern. Die fachlich zentralen Teilprojekte greifen die Fragestellungen des Forschungsfeldes „Nachhaltige Bewirtschaftung, Nutzung und Entwicklung von Wäldern und walddreichen Landschaften“ auf.

TP Agrar

Im Rahmen des Teilprojektes Agrar sollten erfolversprechende moderne Agroforstsysteme identifiziert werden. Dazu wurden zuallererst die agrarpolitischen und agrarfachlichen Rahmenbedingungen für moderne Agroforstsysteme in Deutschland analysiert. Im nächsten Schritt wurden die Standortansprüche und die Produktionstechnik der gängigen landwirtschaftlichen Kulturen erfasst. Um moderne Agroforstsysteme erfolversprechend anzulegen, müssen außerdem die möglichen positiven und negativen Wechselwirkungen zwischen den Bäumen und den landwirtschaftlichen Kulturen erfasst werden.

Um Agroforstsysteme auf ihre Machbarkeit in der Praxis hin zu bewerten, wurden auch die Ergebnisse des Austauschs mit anderen Forschungseinrichtungen, der landwirtschaftlichen Praxis und verschiedenen Entscheidungsträgern berücksichtigt. Die praktische Umsetzbarkeit war nicht das einzige Kriterium für die Auswahl erfolversprechender Systeme. Die ausgewählten Systeme wurden auch ökonomisch bewertet und ihre Auswirkungen auf die Umwelt, v. a. auf die Wasserqualität, wurden analysiert.

TP Landespflege

Im TP Landespflege wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

1. Grundlagen der Regionalauswahl: In welchen Regionen bzw. Naturräumen erscheinen Agroforstsysteme als besonders sinnvolle Landnutzungsalternative? Anhand welcher Kriterien können Zielgebiete für Agroforstsysteme in Deutschland definiert werden?
2. Stakeholder-Interviews: Wie beurteilen Vertreter der betroffenen Bereiche Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Naturschutz und Landschaftsplanung moderne Agroforstsysteme? Welche Vor- und Nachteile sehen sie?
3. Faunistische Untersuchung und Bewertung: Anhand faunistischer Aufnahmen auf bestehenden Flächen sollten Aussagen zur Auswirkung von Agroforstsystemen auf Laufkäfer und Avifauna gemacht werden. Da sich im Lauf der Projektdurchführung herausstellte, dass die vorgesehenen Untersuchungsflächen nur bedingt für die Bearbeitung der Fragestellung geeignet waren, wurden die Ergebnisse mit Hilfe einer Auswertung vorhandener Literatur zu vergleichbaren Landschaftselementen und einer gedanklichen Übertragung auf mögliche Agroforstsysteme in verschiedenen Regionen gutachterlich erarbeitet.
4. Sozialempirische Erhebung zur Bewertung des Landschaftsbildes: Wie beurteilen Experten aus den Bereichen Landschaftsplanung und Landschaftsästhetik moderne

Agroforstsysteme im Landschaftsbild? Als Grundlage zum Thema Landschaftsgestaltung wurden außerdem historische Agroforstsysteme in Deutschland anhand von Literaturlauswertungen sowie von vertieften historischen Analysen in einigen Gebieten analysiert.

TP Wertholz

Wertholzproduktion

Im Rahmen eines agroforstlichen Bewirtschaftungssystems können wertvolle Einzelbäume erzogen werden, ohne dass der offene Charakter der Landschaft verloren geht. Bestehende, auf Wälder im klassischen Sinne bezogene Bewirtschaftungskonzepte zur Erziehung wertvoller Laubbäume wurden hierzu angepasst und weiter entwickelt.

Im Rahmen des Teilprojektes wurden auf der Grundlage der Stakeholderansprüche sowie der in den anderen Teilprojekten entwickelten Rahmenbedingungen forstwirtschaftliche Systemkompartimente entwickelt, die sich durch:

- kostengünstige und risikoarme Begründungs- und Pflegestrategien (Kosten),
- die Produktion von Laubholzsortimenten hoher Qualität (Leistung) sowie
- die Einhaltung der landschaftsökologischen und sozialen Rahmenbedingungen (externe Effekte)

auszeichnen.

Teilziel des Arbeitsfeldes Wertholzproduktion war die Entwicklung einer unter den gegebenen Rahmenbedingungen optimierten forstlichen Bewirtschaftungskomponente für das agroforstliche Bewirtschaftungssystem.

Baumbiomassekomponenten als Zwischennutzung

Eine Möglichkeit der landwirtschaftlichen Zwischennutzung ist der streifenweise Anbau von Bäumen, die in kurzen Umtriebszeiten bis maximal 10 Jahre bewirtschaftet werden und der Erzeugung von Biomasse dienen.

Mit den Produkten aus der Kurzumtriebsbewirtschaftung fallen bereits nach kurzer Zeit erste Flächenerträge an. Die Kurzumtriebsbewirtschaftung hat gegenüber anderen landwirtschaftlichen Nutzungsformen deutliche ökologische Vorteile, die im Hinblick auf die Wirkung auf landwirtschaftliche Fläche und Wertholzträger optimiert werden können. Beispiele für derartige Wirkungen sind beispielsweise eine Intensivierung des Nährstoffkreislaufes oder die Verbesserung des Kleinklimas.

Gesamtprojekt

Der Schwerpunkt für alle Untersuchungen lag in Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern.

Die Ergebnisse des Projektes wurden in mehreren Workshops kommuniziert und diskutiert sowie während mehrerer Fachtagungen dem interessierten Fachpublikum vorgestellt. Sie

wurden über den Praxisleitfaden und verschiedene Veröffentlichungen für die Praxis zugänglich gemacht.

2 Planung und Ablauf

TP Agrar

Das TP Agrar startete abweichend vom Antrag erst am 23.05.2006. Durch die Umschichtung der freigewordenen Mittel in den Einsatz von wissenschaftlichen Hilfskräften konnten WP A1 und WP A2 innerhalb des ersten Jahres der Projektlaufzeit trotzdem wie vorgesehen abgeschlossen werden. WP A3 und WP A4 wurden im zweiten und dritten Jahr der Projektlaufzeit schwerpunktmäßig bearbeitet. Während der Verlängerung des Projektes um neun Monate wurden die einzelnen Arbeitspakete für die Buchbeiträge und den Leitfaden vervollständigt und vertieft. Da das TP Agrar vom 01.10.2007 bis 31.12.2007 unbesetzt war, ergab sich ein erneuter zeitlicher Engpass. Dieser konnte wiederum durch den Einsatz von Hilfskräften ausgeglichen werden. Der Arbeit an den Arbeitsschwerpunkten wurde im ursprünglich vorgesehenen Zeitrahmen abgeschlossen.

TP Waldmanagement

Aufgrund der bereits im letzten Bericht beschriebenen Verzögerungen zu Beginn der Projektlaufzeit, der daraufhin bewilligten kostenneutralen Projektverlängerung von 6 Monaten und den damit verbundenen Aufgaben der Erstellung eines Leitfadens zum Thema „Agroforstwirtschaft“ sowie der bewilligten Projektaufstockung und der hiermit verbundenen Verpflichtung zur Beteiligung an der Erstellung eines Buches zum Thema „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ wurde die Projektphase des Transfers zeitlich nach hinten verschoben, sowie durch die zusätzlichen Aufgaben auch verlängert. Diese Arbeiten wurden nun abgeschlossen.

TP Landespflege

Abweichung von den im Antrag genannten Flächen: Im Antrag wurden als Untersuchungsgebiete Flächen aufgeführt, auf denen agroforst-ähnliche Systeme bereits realisiert sind. Probleme v. a. für das TP Landespflege ergaben sich daraus, dass diese Flächen meist sehr klein sind, in der Regel keine landwirtschaftliche Unternutzung stattfindet, die Bäume in fast allen Fällen noch ziemlich jung sind und trotz Weitverband dichter stehen als bei den im Projekt angedachten Agroforstsystemen vorgesehen. Sie sind also für Untersuchungen in Bezug auf das Landschaftsbild und die Auswirkung auf Fauna und Flora wenig geeignet. Es wurde daher beschlossen, theoretische Betrachtungen anhand repräsentativer Flächen und Regionen durchzuführen.

Die übrigen Arbeitsschritte wurden wie geplant durchgeführt. Verzögerungen in der inhaltlichen Arbeit, vor allem zum Thema Landschaftsbild, gab es aufgrund der Tagungsorganisation im Sommer 2007.

3 Wissenschaftlicher und technischer Stand

3.1 Bekannte Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des FE-Vorhabens benutzt wurden

Bei der Durchführung des FE-Vorhabens wurden keine bekannten Konstruktionen, Verfahren und Schutzrecht benutzt.

3.2 Stand des Wissens der einzelnen Fragestellungen

3.2.1 Stand der Forschungsarbeiten zu Beginn des Projektes

Agroforstsysteme zur Wertholzproduktion waren zu Projektbeginn in Deutschland im Prinzip nicht eingeführt. Sie sind vor allem in den Tropen und Subtropen wegen ihrer vielfältigen Wirkungen und Potentiale weit verbreitet und werden dort vielerorts als einzige Möglichkeit angesehen, die allmähliche Degradierung landwirtschaftlicher Produktionsstandorte zu verhindern und eine nachhaltige Bodennutzung zu erreichen.

In Deutschland lagen zu Projektbeginn keine Erfahrungen mit modernen Agroforstsystemen, jedoch umfangreiche Erfahrungen mit traditionellen Systemen vor. Dazu zählen zum Beispiel Streuobst und Windschutzhecken. Streuobstflächen haben hinsichtlich ihrer geringen Wirtschaftlichkeit an Bedeutung verloren. Aufgrund ihres hohen naturschutzfachlichen Wertes sorgen spezielle Förderprogramme dafür, dass der Rückgang des Flächenanteils verlangsamt wird. Die verschiedenen traditionellen Systeme waren einmal weit verbreitet in Deutschland, verloren im Zuge der Mechanisierung und Intensivierung der Landwirtschaft aber schnell an Bedeutung. Erfahrungswissen von den traditionellen Systemen kann nur sehr bedingt auf moderne Agroforstsysteme übertragen werden, da die Nutzungskonzepte sehr unterschiedlich sind.

Zu Projektbeginn ergab eine Informationsrecherche bei der Zentralstelle für Agrar-Dokumentation und -Information keine „Treffer“. Weitere Anfragen bei Datenbanken waren ebenfalls erfolglos. Nur einige private Unternehmen führten den Namen in ihrem System.

Außerhalb Deutschlands und innerhalb der gemäßigten Klimazone wurden vor allem in den USA, in Großbritannien und in Frankreich Versuche zu Agroforstsystemen durchgeführt. Zum Beispiel wurden von der Universität Leeds (GB) und der INRA Montpellier (F) Versuchsflächen angelegt, anhand derer die verschiedenen Umwelteffekte und Interaktionen von Agroforstsystemen herausgearbeitet werden konnten.

Spezielle Arbeiten zur landschaftsästhetischen Wirkung von modernen Agroforstsystemen gab es nicht, auch Naturschutzeffekte in modernen Agroforstsystemen wurden sehr wenig untersucht.

3.2.2 Stand des Wissens über moderne Agroforstsysteme zu Beginn des Projektes

Vorteile von Agroforstsystemen kommen dadurch zustande, dass oberirdisch die Pflanzendecke in der Höhe gestaffelt, das Licht in mehreren Stufen absorbiert wird und sich das Mikroklima in Bodennähe stabilisiert. Dabei wird der Boden weniger ausgetrocknet, und sowohl die Pflanzen, als auch die tierischen Nützlinge sind weniger durch plötzliche Wetterveränderungen gefährdet. Die Bäume bilden ein wichtiges Habitat nicht nur für Kleinlebewesen. Durch die Kombination von Bäumen und Feldfrucht ergibt sich zusätzlich

ein effektiver Windschutz, der ebenfalls gegen Austrocknung wirksam ist und gleichzeitig eine gewisse Bremswirkung gegen Bodenerosion entfaltet.

Es kommt zu einer Interaktion der Wurzeln im unterirdischen Bereich. Die Konkurrenz der Bäume mit der Feldfrucht zwingt die Bäume dazu, tiefer zu wurzeln, als es ohne eine Feldbearbeitung geschehen würde. Die tiefere Wurzelung der Bäume führt zu einer stärkeren klimatischen Resistenz und dadurch zu einem gleichmäßigeren Wachstum. Dadurch ergibt sich nicht nur quantitativ ein beschleunigter Holzzuwachs, sondern es wird auch eine bessere Holzqualität erzielt. Die Wurzelkonkurrenz und die damit verbundene tiefgeschichtete Bodendurchwurzelung führen zu einer Verbesserung des Wasser- und Nährstoffhaushalts der Böden (Stickstoff-Fixierung, Nährstoffpumpe). Die Wurzeln der Bäume nehmen Wasser auf und stellen ein Gleichgewicht von Feuchtigkeit und Nährstoffen im Boden her. Durch diese Interaktion kann einerseits die Kühlfunktion des Wassers wieder hergestellt werden, andererseits nimmt der Boden eines Agroforstsystems mehr Wasser auf und wirkt als Wasserspeicher.

Indem Agroforstsysteme Wasser und Nährstoffe wieder vermehrt in lokale Kreisläufe einbinden, verbessern sie auch den regionalen und überregionalen Landschaftshaushalt. Mit dieser Eigenschaft zur Wasser- und Nährstoffregulierung nimmt das Agroforstsystem auch Bezug auf die ökologische und sozial-politische Nachhaltigkeit.

Agroforstliche Systeme unterscheiden sich von reiner land- oder forstwirtschaftlicher Produktion:

1. Es werden auf derselben Fläche gleichzeitig mehrere Produkte durch verschiedene Pflanzenarten erzeugt und
2. es wird neben einer landwirtschaftlichen Nutzung mit laufendem Einkommen eine Kapitalbildung in Form von Bäumen mit Holzzuwachs betrieben. Dadurch wird das Risiko für den Produzenten vermindert. Ein krankheits-, schädlings- oder klimabedingter Ausfall einer Pflanzenart kann gegebenenfalls durch verstärktes Wachstum anderer Arten kompensiert werden. Das Baumkapital akkumuliert sich über die Jahre und führt zu einer generationsübergreifenden Wirtschaftsweise. Mit dem Holzzuwachs werden die Folgegenerationen frühzeitig in die Landbewirtschaftung einbezogen.

3.2.3 Stand des Wissens in Bezug auf aktuelle Tendenzen der Landnutzung zu Beginn des Projektes

Extensivierung und Aufgabe von Landwirtschaft auf Grenzertragsstandorten mit anschließender Waldzunahme durch Aufforstung oder Sukzession ist ein Phänomen von europäischer Dimension, das auch in vielen Regionen Deutschlands und Baden-Württembergs zu beobachten ist und sich in einer Veränderung des Landschaftsbildes niederschlägt, zum Beispiel in vielen Tälern des Schwarzwaldes. Vor dem Hintergrund der EU-Osterweiterung und einem zu erwartenden Rückgang der Agrarsubventionen ist zukünftig mit einer noch stärkeren Waldausdehnung zu rechnen. Die Zunahme von Waldfläche führt häufig zum Verlust traditioneller Kulturlandschaften. Die Ablösung eines kleinflächigen Lebensraummosaiks durch große arrondierte Waldflächen führt zu einer Vereinfachung des Landschaftsbildes und zu einem Verlust an Grenzlinien mit hoher Biotopqualität und Biodiversität zum einen und einem Verlust an Attraktivität für den Tourismus zum anderen.

Sowohl bei gezielter Aufforstung als auch bei un gelenkter Sukzession wird innerhalb einer bestimmten Zeitspanne aus einer Offenlandfläche Wald, Fauna und Flora des Offenlandes und der Grenzbiotope (Waldrand) werden verdrängt. Diese Tatsache führt zu Zielkonflikten zwischen Forstwirtschaft und Naturschutz und ist besonders in Regionen mit hohem Waldanteil und zugleich verstärktem Rückgang landwirtschaftlicher Nutzung in der politischen Diskussion. In Baden-Württemberg wie auch in anderen Bundesländern nimmt der Waldanteil weiter zu, die Verteilung auf der Fläche verläuft jedoch nicht proportional: In waldreichen Gebieten steigt der Waldanteil an, während er in waldarmen Gebieten stagniert. Vor diesem Hintergrund gilt es, eine Lösung für den Konflikt Offenhaltung versus Aufforstung zu erarbeiten, der die ökonomische und soziale Situation der Landeigentümer, i. d. R. Landwirte, ebenso berücksichtigt wie die Auswirkungen auf die ökologische Ausstattung von Landschaften und die ästhetische Entwicklung des Landschaftsbildes.

Die im Verbundprojekt vorgeschlagene Alternative zur Aufforstung, ein Weitverband mit Edellaubholz mit dem Ziel der Wertholzerzeugung, wird nur auf wenigen kleinen Flächen in Süddeutschland und der Franche Comté bewirtschaftet und wissenschaftliche Untersuchungen dazu sind bisher nicht bekannt. Aus Erfahrungen mit Streuobstwiesen können jedoch zumindest für die landschaftsökologische Bedeutung Analogieschlüsse gezogen werden.

3.3 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste,

TP Waldmanagement

Der Ansatz der Wertholzproduktion in Agroforstsystemen ist, zumindest in Deutschland, verhältnismäßig jung. Dementsprechend gering ist die Anzahl der Publikationen zu diesem Teilaspekt. Die umfangreichen Recherchen stützen sich deshalb auf Publikationen aus anderen Ländern bzw. auf Erkenntnisse aus Pflanzungen von Wertholzbäumen in weiten Verbänden und auf die Bestandesbegründung auf Freiflächen.

Zur Biomasseproduktion in Kurzumtriebsplantagen besteht ein breiter wissenschaftlicher Diskurs. Jedoch ist auch hier der Gedanke der Kombination mit Werthölzern in einem modernen System neu. Überlegungen zu den möglichen Wechselwirkungen beider Komponenten stützen sich demnach teilweise auf Erfahrungen aus dem Mittelwaldbetrieb.

TP Landespflege

Moderne Agroforstsysteme, wie sie im vorliegenden Projekt behandelt wurden, gibt es bisher in Deutschland nur in Einzelfällen. Daher liegen auch keine Erkenntnisse zu den im TP Landespflege untersuchten Fragestellungen zu möglichen Auswirkungen auf den Naturschutz und das Landschaftsbild vor. Als Grundlage der umfangreichen Literaturrecherche dienen daher folgende Quellen:

1. Erkenntnisse aus benachbarten europäischen Ländern und anderen Gebieten der gemäßigten Klimazone, in denen moderne Agroforstsysteme schon vor mehreren Jahrzehnten etabliert wurden, z. B. Frankreich, Großbritannien, Australien, Neuseeland oder USA
2. Erkenntnisse zu traditionellen Agroforstsystemen in Deutschland, z. B. Streuobstwiesen oder Heckenlandschaften

Daneben wurden die theoretischen Grundlagen zu folgenden Aspekten erarbeitet und gedanklich auf moderne Agroforstsysteme übertragen: Naturschutz in der Agrarlandschaft, Biotopverbundkonzepte, naturschutzfachliche Wirkungen von Ackerrandstreifen und anderen Saumstrukturen; Theorien der Landschaftsästhetik und der ästhetischen Wahrnehmung und Bewertung von Landschaften und Landschaftselementen, Wirkungen verschiedener Gehölzelemente im Landschaftsbild, Gestaltungshinweise zu Gehölzpflanzungen.

TP Agrar

Die für das TP Landespflege beschreibende Situation wiederholt sich auch für das TP Agrar: Erfahrungen mit Agroforstsystemen unter hiesigen Bedingungen liegen nur auf kleinen Flächen vor und diese Flächen sind zudem sehr jung. Deshalb konnten für Fragestellungen wie der Umweltwirkung von Agroforstsystemen oder den Interaktionen zwischen den Komponenten von Agroforstsystemen nur zum Teil praktische Untersuchungen unter hiesigen Bedingungen verwirklicht werden. Als Grundlage zur Behandlung solcher Fragen dienten die schon im TP Landespflege aufgeführten Literaturquellen.

Eine Liste der verwendeten Fachliteratur aller TP findet sich im Anhang.

4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Zusammenarbeit mit den anderen BMBF-Verbundprojekten AGROWOOD und DENDROM führte zur erfolgreichen Durchführung der 2. Fachtagung in Freiburg und zu Beiträgen auf der dritten bundesweiten Fachtagung im April 2008 in Cottbus. Als Folge dieser erfolgreichen Zusammenarbeit ist auch die Veröffentlichung des Buches zum Thema „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ zu sehen.

Im Rahmen des TP Landespflege wurden fünf Werkverträge vergeben, drei davon in die Untersuchungsregion Mecklenburg-Vorpommern. Um hierfür kompetente Bearbeiter zu gewinnen, die mit den Voraussetzungen in Mecklenburg-Vorpommern vertraut sind und in diesem Bundesland bereits Untersuchungen durchgeführt haben, wurde mit der Universität Greifswald zusammengearbeitet. So wurde das Gutachten zur Laufkäferfauna über das Zoologische Institut (Prof. Müller-Motzfeld) erstellt. Mehrere Arbeitstreffen gab es mit Herrn Schäfer, der das Gutachten zur Flächenauswahl für Mecklenburg-Vorpommern verfasste, und Dr. Wichtmann (Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde DUENE e.V.) sowie mit Prof. Hampicke (Lehrstuhl für Landschaftsökonomie).

Im Rahmen des TP Agrar wurden Aufträge an die Landesanstalt für Entwicklung der Landesanstalt und der ländlichen Räume LEL Schwäbisch Gmünd vergeben. Die Akademie ländlicher Räume wurde beauftragt, die Stakeholdertreffen auszurichten. Der Auftrag setzte sich aus folgenden Einzelleistungen zusammen: Organisation und Moderation der Stakeholdertreffen, Druck der Programme, Versendung der Einladungen, Moderation der Stakeholdertreffen, Dokumentation der Ergebnisse. Die Abteilung 2 der LEL erhielt den Auftrag, die ökonomische Bewertung von Agroforstsystemen durch die Auswertung von Datenbanken und die Bereitstellung von Daten zu unterstützen.

II

Ergebnisse

Moderne Agroforstsysteme in Deutschland –
Aspekte der landwirtschaftlichen Produktion von Agroforstsystemen

A. Chalmin, K. Mastel

*Mit Beiträgen von
A. Möndel, M. Oelke, S. Weissenburger*

agroforst – neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung

Teilprojekt Landwirtschaft

Inhalt

Zusammenfassung.....	16
A 1. Agrarpolitische und -fachliche Rahmenbedingungen für Agroforstsysteme in Deutschland.....	18
1.1. Einführung	18
1.2. Rahmenbedingungen und Verbreitung traditioneller Agroforstsysteme in Deutschland.....	19
1.3. Traditionelle Agroforstsysteme im Agrarstrukturwandel.....	21
1.4. Die Rahmenbedingungen für die Verbreitung moderner Agroforstsysteme in Deutschland.....	23
1.5. Einstellung der Zielgruppe zu Agroforstsystemen.....	24
1.6. Der agrarpolitische Rahmen für Agroforstsysteme in Europa.....	26
1.7. Der agrarpolitische Rahmen für moderne Agroforstsysteme in Deutschland.....	28
1.8. Der agrarpolitische Rahmen traditioneller Agroforstsysteme in Deutschland.....	33
1.9. Meinungen der politischen Parteien.....	34
1.10. Weitere rechtliche Rahmenbedingungen für Agroforstsysteme in Deutschland.....	37
1.11. Die Förderbedingungen für Agroforstsysteme in anderen Ländern der EU.....	39
1.12. Empfehlungen für die Anlage moderner Agroforstsysteme in der Praxis.....	41
A 2. Erfassung der Kulturen mit ihren Standortansprüchen und ihrer Produktionstechnik.....	43
2.1. Einführung.....	43
2.2. Nutzung der deutschen Acker- und Grünlandflächen.....	43
2.3. Produktionstechnik und Ansprüche der Ackerkulturen.....	46
2.4. Die Verteilung der Arbeitsspitzen in der landwirtschaftlichen Produktion.....	60
2.5. Datengrundlage für die Auswertung der Interaktionen in Agroforstsystemen.....	63
2.5.1. <i>Mögliche Datenquellen</i>	63
2.5.2. <i>Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse zu modernen Agroforstsystemen auf deutsche Verhältnisse</i>	64
2.6. Wechselwirkungen in modernen Agroforstsystemen.....	65
2.6.1. <i>Wirkungen von Bäumen auf landwirtschaftliche Kulturen</i>	66
2.6.2. <i>Wirkungen von landwirtschaftlichen Kulturen auf Bäume</i>	72
2.6.3. <i>Interaktionen zwischen Bäumen und Weidetieren</i>	73
2.6.4. <i>Auswirkungen der Bäume auf landwirtschaftliche Böden</i>	74
2.6.5. <i>Auswirkung der möglichen Interaktionen auf die Erträge</i>	75
2.7. Eigene Messungen.....	80
2.7.1. <i>Ertragsmessungen</i>	81
2.7.2. <i>Lichtmessungen</i>	93
A 3. Bewertung der Kultursysteme.....	106
3.1. Moderne Agroforstsysteme in der landwirtschaftlichen Praxis.....	106
3.1.1. <i>Realisierbarkeit aus rechtlicher Sicht</i>	106
3.1.2. <i>Realisierbarkeit aus agrarfachlicher Sicht</i>	107
3.1.3. <i>Machbarkeit von Agroforstsystemen hinsichtlich des Arbeitsaufwandes</i>	108

3.1.4. Machbarkeit hinsichtlich der möglichen Interaktionen.....	109
3.1.5. Auswahl möglicher Baumkomponenten.....	110
3.1.6. Auswahl realisierbarer Pflanzenkombinationen hinsichtlich der landwirtschaftlichen Technik.....	113
3.1.7. Die Anlage von Agroforstsystemen.....	115
3.1.8. Die Bewirtschaftung von Agroforstsystemen.....	119
3.1.9. Nutzung der Baumstreifen.....	120
3.1.10. Agroforstsysteme auf Waldflächen.....	121
3.1.11. Die Realisierbarkeit silvopastoraler Systeme.....	122
3.2. Die Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Wasserqualität.....	124
3.2.1. Nährstoffauswaschung durch Versickerung.....	124
3.2.2. Umfang der Erosion auf den hiesigen landwirtschaftlichen Nutzflächen.....	124
3.2.3. Agroforstsysteme und Wassererosion.....	126
3.2.4. Agroforstsysteme und Winderosion.....	127
3.3. Wirtschaftlichkeit.....	129
3.3.1. Einführung.....	129
3.3.2. Ökonomische Bewertung 2006	130
3.3.3. Realisierbarkeit von Agroforstsystemen aus wirtschaftlicher Sicht.....	134
A 4. Identifizierung von erfolgversprechenden Systemen.....	136
4.1. Austausch.....	136
4.2. Welche Agroforstsysteme erscheinen derzeit interessant?.....	136
4.3. Interessante Varianten unter abgeänderten Rahmenbedingungen.....	139
A 5. Transfer, Leitfaden und Schlussbericht.....	141
5.1. Formen des Transfers.....	141
5.2. Beiträge des Teilprojektes Landwirtschaft.....	141

Zusammenfassung Teilprojekt Agrar

A.1 Agrarpolitische und -fachliche Rahmenbedingungen

Agroforstsysteme sind weltweit von Bedeutung, in Deutschland aber nur noch wenig verbreitet. Sie sind eine gewollte Kombination aus landwirtschaftlichen und forstlichen Komponenten auf einer landwirtschaftlichen oder forstlichen Fläche. Am häufigsten kommen sie in Deutschland derzeit in Form traditioneller Systeme wie Windschutzhecken oder Streuobstwiesen vor.

Traditionelle Agroforstsysteme waren in Deutschland einmal weit verbreitet und wurden durch die Gesetzgebung gefördert. Im Zuge der Modernisierung der Landwirtschaft wurde die Nutzung traditioneller Systeme uninteressant. Bäume und Sträucher der traditionellen Agroforstsysteme standen der Modernisierung „im Wege“. Der Agrarstrukturwandel führte deshalb zu einer räumlichen Trennung von landwirtschaftlicher und forstlicher Nutzung.

Deshalb haben landwirtschaftliche Betriebe heutzutage wenig Erfahrung im Umgang mit Bäumen und mit der Bewirtschaftung von Agroforstsystemen. Umfragen zeigen, dass ein Interesse an Agroforstsystemen besteht und für die Umsetzung vor allem Informationen zum ökonomischen Potential und zur Auswahl und richtigen Pflege der Bäume fehlen.

Seitens der EU ist die Anlage von Agroforstsystemen auf landwirtschaftlichen Flächen gewünscht und kann von den Mitgliedsstaaten der EU gefördert werden, wenn die Systeme bestimmte Anforderungen erfüllen. In Deutschland wurden die Vorschläge der EU zu Agroforstsystemen nicht umgesetzt. Die aktuelle Gesetzgebung in Deutschland unterstützt die Erhaltung der noch vorhandenen traditionellen Agroforstsysteme. Für moderne Agroforstsysteme ist die rechtliche Lage schwierig. Und die Anlage von Agroforstsystemen aus rechtlicher Sicht unattraktiv.

A.2 Kulturen und Produktionstechnik

Bäume oder Sträucher in Agroforstsystemen können sich auf die landwirtschaftlichen Erträge negativ oder positiv auswirken. In direkter Nähe zu den Baumstreifen ist der landwirtschaftliche Ertrag in der Regel reduziert. Mit zunehmender Entfernung lässt die Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe nach und mögliche positive Effekte, wie sie aus dem Windschutz entstehen können, können sich auswirken. Die Effekte sind von den Witterungsbedingungen und der Verfügbarkeit der Wachstumsressourcen abhängig.

Mögliche positive Auswirkungen von Bäumen auf landwirtschaftliche Kulturen sind Windschutz, ein verbessertes Mikroklima, verbesserte Wasserverfügbarkeit, Anreicherung von Biomasse und Nährstoffen und die Förderung von Nützlingen. Mögliche negative Auswirkungen von Bäumen auf landwirtschaftliche Kulturen können durch Beschattung, Konkurrenz um Nährstoffe und Wasser, allelopathische Effekte und die Förderung von Krankheiten und Schädlingen entstehen.

Bei Weidetieren können Bäume und Sträucher Witterungsextreme und sozialen Stress mindern und damit die Tiergesundheit und die Zuwachsraten verbessern. Durch Bäume können andererseits aber auch Unverträglichkeiten nach der Nahrungsaufnahme entstehen.

Die landwirtschaftliche Komponente in Agroforstsystemen kann wiederum das Wachstum der forstlichen Komponente beeinflussen. Mögliche positive Auswirkungen von Ackerkulturen auf Bäume können durch die Düngung der Ackerkulturen entstehen. Mögliche negative Auswirkungen der landwirtschaftlichen Nutzung auf Bäume sind die Konkurrenz um Nährstoffe und Wasser, Schäden durch landwirtschaftliche Maschinen, Bodenverdichtungen und die Beeinträchtigung der lateralen Wurzelausbreitung. Mögliche negative Auswirkungen von Weidetieren auf Bäume sind die Beschädigung durch Verbiss, Tritt sowie Bodenverdichtungen. Mögliche positive Auswirkungen sind die Düngung und das Kurzhalten der Weide, die in Baumnähe mit den Bäumen um die Wachstumsressourcen konkurriert.

A.3 Bewertung der Kultursysteme

Agroforstsysteme sind aus rechtlicher Sicht in Deutschland theoretisch machbar. Aufgrund der rechtlichen Lage muss bei der Realisierung aber mit einem größeren zeitlichen Aufwand für die Anerkennung des Systems durch die Behörden gerechnet werden. Das macht die Anlage für viele Betriebe uninteressant.

Aus agrarfachlicher Sicht sind Agroforstsysteme auf landwirtschaftlichen Flächen weit eher eine Nutzungsoption als auf forstlichen Flächen.

Um Agroforstsysteme rentabel anzulegen, sollte die Summe der positiven Interaktionen zwischen den Komponenten möglichst groß und die der negativen Interaktionen möglichst klein sein. Um diesen Effekt zu erreichen muss die forstliche Komponente eines Agroforstsystems so ausgewählt werden, dass sie im Vergleich zur landwirtschaftlichen Komponente eine möglichst unterschiedliche ökologische Nische besetzt. Die Interaktionen sollten sowohl bei der Anlage als auch bei der Bewirtschaftung von Agroforstsystemen gezielt beeinflusst werden, um negative Interaktionen zu kontrollieren und positive zu fördern.

A.4 Auswahl geeigneter Agroforstsysteme

In diesen Kapiteln werden moderne Agroforstsysteme beschrieben, die für hiesige Bedingungen generell interessant sind. Die Eignung muss jedoch in jedem Einzelfall überprüft werden, da sie letztlich nur betriebs- und standortabhängig beurteilt werden kann.

A.6 Transfer in die Praxis, Leitfaden und Schlussbericht

Im Rahmen des Arbeitspaketes A6 wurde auf verschiedenen Wegen Kontakt zu unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen, Entscheidungsträgern aufgenommen. Die Kontakte ermöglichten einen regen Austausch zu den im Projekt erarbeiteten Ansätzen und Ergebnissen, die im Schlussbericht des Projektes ausführlich dargestellt sind. Die Erstellung des Leitfadens wurde durch den Erfahrungsschatz der aktuell in Deutschland vorhandenen modernen Agroforstflächen bereichert.

A.1 Agrarpolitische und -fachliche Rahmenbedingungen für Agroforstsysteme in Deutschland

1.1 Einführung

Auch wenn Agroforstsysteme in einigen Teilen der Welt verbreitet sind - moderne Agroforstsysteme und der Begriff "Agroforstsystem" sind in Deutschland wenig bekannt und sollen deshalb vorab erläutert werden:

Mit Agroforstsystemen bezeichnet man die absichtliche Kombination und das gemeinsame Management von verholzenden Dauerkulturen und landwirtschaftlichen Nutzpflanzen auf einer Fläche. Die landwirtschaftliche Komponente besteht aus Ackerkulturen oder Grünland. Die mehrjährige verholzende Komponente eines Agroforstsystems kann aus Bäumen, Büschen, Palmen, Bambus, usw. bestehen, wobei in Deutschland nur Bäume und Büsche von Relevanz sind.

Es kommt häufig vor, dass Agroforstsysteme mit Kurzumtriebsflächen verwechselt werden. Reine Kurzumtriebsflächen fallen jedoch nicht unter den Begriff Agroforst, da die Kombination mit einer landwirtschaftlichen Komponente fehlt. Sobald jedoch Streifen von Kurzumtrieb mit einer Grünland- oder Ackerfläche kombiniert werden, können sie als Agroforstsystem bezeichnet werden, da die für Agroforstsysteme typische Doppelnutzung dann gegeben ist.



Abb. A 1.1: 10-jährige Demonstrationsfläche des Instituts für Waldwachstum bei Breisach (A. Chalmin)

Für die Entstehung von Agroforstsystemen gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder man integriert Bäume/Sträucher auf landwirtschaftlichen Flächen oder man bringt eine Form der landwirtschaftlichen Nutzung in den Wald.

Angelegt werden Agroforstsysteme entweder "spatial" oder "temporär". Bei spatialen Systemen befinden sich das mehrjährige verholzende Element und die landwirtschaftliche Kultur gleichzeitig auf einer Fläche. Bei temporalen Systemen werden die beiden

Komponenten auf einer Fläche in kurzen Zyklen im Wechsel angebaut¹. Temporale Agroforstsysteme sind besonders in den Tropen und Subtropen verbreitet. In der gemäßigten Klimazone sind in der Regel nur spatiale Systeme von Bedeutung.

Es gibt viele verschiedene Varianten von Agroforstsystemen. Die im gemäßigten Klima bedeutendsten sind "silvopastorale" und "silvoarable" Systeme. In silvopastoralen Systemen befinden sich die Bäume und/oder Büsche auf Grünland, welches auch beweidet werden kann. Silvoarable Systeme kombinieren Ackerbau und die mehrjährige verholzende Komponente.

Eine Übersicht, welche Formen von Agroforstsystemen weltweit von Bedeutung sind, findet man in Nair, P.K.R. 1985: Classification of agroforestry systems. Agroforestry Systems (3): 97-128.

1.2 Rahmenbedingungen und Verbreitung traditioneller Agroforstsysteme in Deutschland

Die landwirtschaftliche Nutzungsform, die sich hinter dem recht neuen Begriff „Agroforstsystem“ verbirgt, hat in Deutschland eine lange Tradition: Waldfeldbau, Waldweiden, Windschutzhecken und Streuobstflächen waren hierzulande einmal weit verbreitet und gelten als sogenannte traditionelle Agroforstsysteme (siehe dazu auch Abschnitt L 4).

Waldfeldbau

Vor allem bis zum Mittelalter wurden in Deutschland Waldparzellen gerodet und abgebrannt, um sie anschließend einige Jahre für den Anbau von Nahrungsmitteln zu nutzen. Wenn die Fruchtbarkeit des Bodens nachließ, wurde die landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Fläche eingestellt und Baumsamen ausgesät. Wald und landwirtschaftliche Nutzung fanden in längeren Zyklen im Wechsel statt. Dieses silvoarable temporale Agroforstsystem konnte in Deutschland bis etwa 1920 vorgefunden werden.

Waldweidenutzung

Die Haltung von Tieren auf Waldflächen in sogenannten „Hutewäldern“ war in Deutschland einmal weit verbreitet. Die ersten Hinweise sind 4500 Jahre alt (2500 vor Christi). Aus dem 10. Jahrhundert gibt es erste schriftliche Belege für die Nutzung von Wald als Weide: Zum Beispiel erhielt das Kloster Werden eine Berechtigung für den Eintrieb von 450 Schweinen in ein Waldgebiet, und für das Damenstift St. Ursula bei Köln liegt eine Erlaubnis für den Eintrieb von 270 Schweinen vor.

Auch aus dem Mittelalter gibt es verschiedene Anhaltspunkte für Waldweide, zum Beispiel Forstordnungen, die den Eintrieb von Tieren zur Beweidung von Waldflächen durch die Landinhaber regeln.

¹ Beispiel. Auf eine 12-jährige verholzende Kultur zur Brennholzproduktion folgt eine dreijährige Ackerkultur. Die Rotation findet auf mindestens vier verschiedenen Flächen statt, damit sowohl Holz als auch Nahrungsmittel immer ausreichend verfügbar sind.

Die Beweidung von Waldflächen war besonders zur Sommer- und Herbstzeit von Bedeutung, etwa für die Mast von Schweinen in Eichen- und Buchenwäldern. Der Wald wurde aber auch als Quelle für Einstreu und für das zur Überwinterung der Tiere nötige Viehfutter (Laub, Kraut, Nadeln) verwendet. Dieses traditionelle spatiale silvopastorale Agrorforstsystem ist heute nicht mehr von Bedeutung.



Abb. A 1.2: Im Schweizer Jura ist die Nutzung teils bewaldeter Weideflächen noch üblich (A. Chalmin)

Streuobstbau

Mit Streuobst bezeichnet man großwüchsige Obstbäume, die auf Feldern oder Grünland „verstreut“ stehen. Halb- oder Hochstämme sind die charakteristischen Baumformen.

Bei Streuobstflächen handelt es sich um spatiale Agrorforstsysteme. Sie wurden entweder silvopastoral (kombiniert mit Wiese oder Weide) oder silvoarabel (kombiniert mit Ackerbau) angelegt.

Die ersten Indizien, dass Obstbäume in der Ernährung der Menschen eine Bedeutung haben, stammen um 4500 vor Christi: Bei Ausgrabungen in Siedlungen wurden Reste von Äpfeln, Birnen, Kirschen, Pflaumen und Walnüssen gefunden.



Abb. A 1.3: Streuobstblüte bei Waldbronn (M. Möndel)

Die Anbaumethoden und die Züchtung von Obst sind mit den Römern nach Deutschland gekommen. Das Wissen wurde später durch Klöster und adelige Güter erhalten und von dort aus verbreitet. Bis zum 15. Jahrhundert fand man Streuobstbau vor allem auf Äckern und

Grünland in der Nähe von Siedlungen. Im 16. Jahrhundert stieg die Anzahl der Obstbäume, da das Pflanzen durch die Landesfürsten angeordnet wurde, um die Ernährungssituation der Bevölkerung zu verbessern.

Im 18. und 19. Jahrhundert nahm die Streuobstfläche in Deutschland erneut zu. Auch hier wurde die Ausbreitung seitens der Gesetzgeber aus ernährungspolitischen Gründen gewünscht und durch entsprechende Erlasse gefördert.

Hecken

Es ist bekannt, dass Hecken seit dem 10. Jahrhundert als „lebende Zäune“ zur Abgrenzung von Weideflächen und zum Schutz der Weidetiere angelegt wurden.

Von Hecken wurden auch Brenn- und Baumaterial und Laub für die winterliche Viehfütterung gewonnen.

Ab dem 18. Jahrhundert haben sich Hecken besonders stark ausgebreitet. Sie wurden in diesem Zeitraum vor allem für die Produktion von Brenn- und Baumaterial genutzt. Hinzu kam ihre Funktion als Windschutz. Mit der Integration von Beerensträuchern, Nüssen und Weiden wurden die Nutzungsmöglichkeiten der Hecken ebenfalls erweitert.

1.3 Traditionelle Agroforstsysteme im Agrarstrukturwandel

Im 20. Jahrhundert wurde die landwirtschaftliche Nutzung zunehmend mechanisiert und intensiviert, u.a. durch den Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. In der Mitte des 20. Jahrhunderts waren hohe Erntemengen und ausreichend Nahrung für die Bevölkerung das vorrangige Ziel der Landwirtschaft und der Europäischen Gemeinschaft. Der Ertrag pro Hektar wurde erhöht. Der Arbeitsaufwand pro Hektar dagegen wurde reduziert; die menschliche Arbeitskraft stand nicht mehr unbegrenzt zur Verfügung. Mit der Mechanisierung nahm die durchschnittliche Betriebsgröße zu und die Anzahl der Betriebe ab.

Die Bäume und Hecken der traditionellen Agroforstsysteme waren der modernisierten Bewirtschaftung, vor allem der Mechanisierung, im Wege und wurden deshalb zunehmend von den landwirtschaftlichen Flächen beseitigt. Forstliche und landwirtschaftliche Aktivitäten wurden räumlich voneinander getrennt.



Abb. A 1.4, Abb. A 1.5: ausgeräumte Agrarlandschaften in Nord- und Süddeutschland (A. Möndel)



Abb. A 1.6: Beispiel für die räumliche Trennung von Wald und Feld im Kraichgau (A. Möndel)

Waldfeldbau

Der Anbau auf Feldern, welche die Nutzung größerer Maschinen erlaubten, war weniger arbeitsaufwendig als die Bewirtschaftung von Waldflächen. Auch durch die - im Vergleich zum Feldbau - niedrigeren Erträge verlor dieses traditionelle Agroforstsystem vollständig an Bedeutung.

Diese Veränderung war im Interesse der Forstwirtschaft, da durch die landwirtschaftliche Nutzung die Qualität der Waldböden gemindert wurde.

Waldweidenutzung

Auch die Waldweidenutzung konnte nicht mit den Ergebnissen der intensivierten Viehhaltung Schritt halten. Ehemals beweidete Waldflächen wurden nur noch für forstliche Zwecke genutzt.

Streuobstbau

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde eine „Neuordnung des Obstbaus“ beschlossen und viele hochstämmige Obstanlagen wurden auf niedrigstämmige Systeme umgestellt. Die Umnutzung wurde durch staatliche Prämien unterstützt. Die EU förderte die Beseitigung des traditionellen Agroforstsystems von 1965-1974 ebenfalls mit finanziellen Anreizen. Zwischen 1951 und 2000 gingen die deutschen Streuobstbestände deshalb um

mehr als 70 % zurück. Silvoarable Streuobstanlagen wurden dabei häufiger beseitigt als silvopastorale Systeme.

Die Gründe für die Umwandlung von Streuobstflächen in niedrigstämmige Systeme waren die folgenden:

- späterer Ertragsbeginn durch anfänglich starkes Wachstum,
- Neigung zu Alternanz im Fruchtertrag,
- höhere Produktionskosten & höherer Arbeitsaufwand,
- geringere Fruchtgröße und Fruchtqualität.

Hecken

Hecken verloren im 19. und 20. Jahrhundert ihre Funktion als Lieferant für Brenn- und Bauholz sowie als Viehfutter. Sie wurden weniger intensiv oder nicht mehr gepflegt und an vielen Stellen - im Zuge der Intensivierung der Landwirtschaft - entfernt. In windexponierten Lagen, v.a. im Norden und Nordwesten von Deutschland, blieben viele Hecken wegen ihrer Windschutzeigenschaften bis heute erhalten.

1.4 Die Rahmenbedingungen für die Verbreitung moderner Agrorforstsysteme in Deutschland

Die landwirtschaftliche Produktion befindet sich aktuell erneut im Wandel. Als Konsequenz aus der Überproduktion und den Folgen der intensivierten Landwirtschaft für die Umwelt sind die Ausgleichszahlungen für landwirtschaftliche Betriebe nun nicht mehr an die landwirtschaftlichen Erträge gekoppelt. Die Verbraucher sind zudem sensibilisierter für Umweltthemen; der Schutz von Umwelt und biologischer Vielfalt nahm in den letzten Jahren stetig an Bedeutung zu. Zum Beispiel werden hochstämmige Obstanlagen nun nicht mehr nur nach ihrer Rentabilität, sondern auch nach ihrem Wert für das Landschaftsbild und die biologische Vielfalt bewertet.

Die Ausgleichszahlungen für landwirtschaftliche Betriebe sind nun an die Einhaltung von Anforderungen im Bereich Umwelt und Tierschutz gebunden, beispielsweise die umweltgerechte Ausbringung und Lagerung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Ein Beispiel sind die Abstände zu Gewässern und Feldgehölzen, die bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln eingehalten werden müssen.

Mit dieser Entwicklung hat die Landwirtschaft neue Aufgaben bekommen: Zusätzlich zur Produktion von Nahrungsmitteln ist sie in die Erhaltung von Kulturlandschaften und einer sauberen Umwelt eingebunden.

Im Kontrast dazu nimmt der wirtschaftliche Druck auf die Landwirtschaft zu. Die landwirtschaftlichen Betriebe versuchen darauf mit Ertragssteigerungen und Kostensenkungen zu reagieren. Der wirtschaftliche Druck bewirkt, dass die bewirtschaftete Fläche pro Betrieb zunimmt und viele kleinere Betriebe aus der Produktion aussteigen und ihre Flächen an größere Betriebe verpachten. Deutschlandweit geht die Zahl der Agrarbetriebe jährlich derzeit um etwa 3 % zurück. Dabei ist der Südwesten vom

strukturellen Wandel stärker betroffen, da dort die durchschnittliche Betriebsgröße im Vergleich zum Norden und Osten kleiner ist.

Um die Landwirte zu unterstützen, fördert die Bundesregierung die Diversifizierung landwirtschaftlicher Betriebe und eine bessere Position am Markt, zum Beispiel über die Erhöhung der Produktqualität.

Eine weitere Folge der wirtschaftlichen Situation ist, dass sich die Landwirtschaft aus Grenzertragslagen zurückzieht und die Produktion auf möglichst große und fruchtbare Schläge konzentriert. Schlecht zu bearbeitende oder ertragsarme Standorte wie steilere Hanglagen verursachen im Vergleich zu ertragreichen und gut zugänglichen Flächen mehr Arbeit und weniger Erträge. Auf Grenzertragsstandorten wird deshalb häufig nur noch die Mindestpflege durchgeführt. Die Erhaltung und Weiterbewirtschaftung solcher Flächen wird von Bund und Ländern teilweise durch Ausgleichszulagen gefördert.

Neben der Bedeutung der landwirtschaftlichen Flächen und ihrer Nutzung für die Biodiversität, die Wasser- und Bodenqualität, das Landschaftsbild und das Klima ist die zunehmende Knappheit landwirtschaftlicher Produktionsflächen immer mehr im Gespräch.

Die Bodenfläche in Deutschland umfasst 35,7 Millionen Hektar. Zur Jahrtausendwende (2000) wurden davon etwa 53 % für landwirtschaftliche und etwa ein Drittel für forstliche Zwecke genutzt. Die vorhandene landwirtschaftliche Fläche wird täglich um etwa 90 Hektar reduziert und in Waldfläche oder in Siedlungs- und Verkehrsfläche umgewandelt (s. dazu Abschnitt A3: 3.1.2).

1.5 Einstellung der Zielgruppe zu Agroforstsystemen

Agroforstsysteme können entweder auf landwirtschaftlichen oder auf forstlichen Flächen angelegt werden. Im Mittelpunkt dieses Forschungsprojektes stehen Agroforstsysteme auf landwirtschaftlichen Flächen. Damit sind Landwirte/Innen die Zielgruppe, die über die Etablierung von Agroforstsystemen zu entscheiden hat.

Das europaweit zu Agroforstsystemen durchgeführte Forschungsprojekt "SAFE" (Silvoarable Agroforestry for Europe²) hat in einer Umfrage überprüft, wie viele Landwirte sich die Anlage eines silvoarablen Agroforstsystems auf 20 % ihrer Betriebsfläche grundsätzlich vorstellen können. In Deutschland wurde die Erhebung in Schleswig-Holstein und Brandenburg durchgeführt. Die Umfrageergebnisse stammen aus dem Jahr 2005:

- In Brandenburg können sich laut der Umfrage etwa 70 % der Landwirte die Anlage eines silvoarablen Agroforstsystems vorstellen. Etwa 10 % der Landwirte sind unentschieden und 20 % lehnen das Pflanzen von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen ab.
- In Schleswig-Holstein haben sich 50 % der Landwirte gegen die Anlage silvoarabler Agroforstsysteme auf ihren Flächen ausgesprochen. Etwa 20 % der Befragten waren unentschieden. 30 % der Befragten konnten sich die Anlage vorstellen.

² Das SAFE - Projekt im Internet: <http://www1.montpellier.inra.fr/safe/>

Die Ursache für die unterschiedlichen Antworten kann der unterschiedliche Strukturreichtum der Gebiete sein. Schleswig-Holstein ist im Vergleich zu Brandenburg zum Beispiel reicher an Windschutzhecken.

Die Zurückhaltung der landwirtschaftlichen Betriebe gegenüber Bäumen ist mit der Geschichte der Landwirtschaft in der Mitte des 20. Jahrhunderts verbunden (s. Abschnitt A1: 1.3). Auch wenn die Verbindung von forstlichen und landwirtschaftlichen Elementen auf einer Fläche viele Jahrhunderte lang gängig war - die heutige Generation von Landwirten ist in einer Umgebung aufgewachsen, in der forstliche und landwirtschaftliche Aktivitäten separat stattfinden. Daraus ergeben sich zwei Probleme:

- Viele landwirtschaftliche Betriebe besitzen nicht das Know-how, um Bäume zu pflanzen und zu pflegen. Eine Ausnahme bilden Betriebe, die im Besitz von Waldflächen sind. In den walddreichen Bundesländern, v.a. Baden-Württemberg, ist fast die Hälfte der landwirtschaftlichen Betriebe im Besitz von Wald. Insgesamt spricht das Statistische Bundesamt von mehr als 1,5 Millionen landwirtschaftlichen Betrieben mit Waldfläche. Auch gartenbaulich orientierte Betriebe, die im Bereich der Baumschul- oder Baumobstproduktion aktiv sind, verfügen über das benötigte Wissen.
- Die Produktion landwirtschaftlicher Betriebe findet in jährlichen Zyklen statt. Die lange Produktionszeit der Bäume steht im Gegensatz zu den jährlichen Einnahmen aus der landwirtschaftlichen Produktion. Sich mit einer Kultur über einen Zeitraum von circa 50 Jahren festzulegen, erscheint vielen Betrieben erst einmal gewöhnungsbedürftig.

Landwirtschaftliche Betriebe, die bisher nur mit einjährigen Kulturen Umgang hatten, benötigen folgende Informationen, um über die Anlage eines Agroforstsystems entscheiden zu können:

- den Zeit- und Geldaufwand für die Pflanzung und Pflege der Bäume;
- die Kenntnisse und Fähigkeiten, welche für die Anlage und Pflege von Agroforstsystemen benötigt werden;
- die Eignung der verschiedenen Baumarten;
- die Vermarktungswege und Preisentwicklung für Wertholz;
- die finanziellen Vor- und Nachteile, die sich aus der Anlage ergeben können.

Folgende weitere Fragen werden häufig gestellt:

- Wie wirkt sich die Anwesenheit von Bäumen auf das Vorkommen von Schädlingen und Krankheiten aus? (s. Abschnitt A2: 2.6)
- Kann ich weiterhin effektiv meine Maschinen einsetzen? Muss ich zusätzliche Reparaturkosten und Ausfälle in Kauf nehmen, z.B. hervorgerufen durch abgebrochene Äste? (s. Abschnitt A2: 2.6)
- Wie groß ist das Risiko, dass ich die Bäume durch den Maschineneinsatz schädige? (s. Abschnitt A2: 2.6)

Als Ausschlussgründe für die Anlage von Agroforstsystemen auf landwirtschaftlichen Flächen werden von Landwirten folgende Punkte aufgeführt:

- Die für die Anlage eines Agroforstsystems geeigneten Flächen sind alle gepachtete oder verpachtete Flächen und nicht im Privatbesitz. (s. Abschnitt A1: 1.10)

- Die Flächen, die in Frage kommen, sind drainiert und die Baumwurzeln könnten die Drainage zerstören. (s. Abschnitt A3: 3.1.6)
- Mein Betrieb hat zu wenig Fläche. Wir können nicht auf kurzfristige landwirtschaftliche Erträge verzichten, um wirtschaftlich überleben zu können. (s. Abschnitt A3: 3.1.7)

Das vorhandene oder verfügbare Know-how, die wirtschaftliche Lage der Betriebe und die ökonomischen Vor- und Nachteile von Agroforstsystemen sind die wichtigsten Punkte, die bei der Entscheidung über die Anlage eines Agroforstsystems einbezogen werden:

- Landwirtschaftliche Betriebe werden keine Bäume pflanzen, wenn ihnen nicht ausreichend Kenntnisse zu deren Pflege zur Verfügung stehen.
- Die möglichen Deckungsbeiträge der Bäume müssen geklärt sein.
- Die Integration von Bäumen kommt in der Regel nur in Frage, wenn der schon bestehende Anbau nicht beeinträchtigt wird.
- Das Interesse für das Pflanzen von Bäumen ist am größten, wenn die landwirtschaftliche Produktion davon profitieren kann.
- Um so geringer der finanzielle Druck in einem landwirtschaftlichen Betrieb ist, desto eher ist er bereit, sich auf eine langfristige Investition einzulassen.

In Deutschland ist, wenn von Agroforst gesprochen wird, meistens nur von Agroforstsystemen auf landwirtschaftlichen Flächen die Rede. In vielen Ländern der gemäßigten Zone werden Waldflächen einer Nebennutzung zugeführt, um die langfristigen Holzerträge mit kurzfristigen Erträgen aus landwirtschaftlichen Aktivitäten zu ergänzen. Die meisten Waldflächen werden beweidet, einige werden auch für den Anbau von Kulturen genutzt. Die Beweidung wird auch für das Baumwachstum als positiv erachtet, da so die mit den Bäumen konkurrierende Vegetation kontrolliert wird.

Von forstlicher Seite ist die Nutzung von Waldflächen unter hiesigen Bedingungen als Viehweide vor allem aus den beiden folgenden Gründen unerwünscht:

- Schäden an den Bäumen;
- Beweidung kann Bodenverdichtung hervorrufen.

Damit gehören Waldbesitzer und forstliche Betriebe in Deutschland zur Zeit nur zweitrangig zur Zielgruppe für Agroforstsysteme.

1.6 Der agrarpolitische Rahmen für Agroforstsysteme in Europa

Die Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005³ definiert Agroforstsysteme als „Landnutzungssysteme, bei denen eine Fläche von Bäumen bewachsen ist und gleichzeitig landwirtschaftlich genutzt wird.“ Die Verordnung bestimmt außerdem, dass Agroforstsysteme nicht unter den Begriff „Wald“ fallen.

In der gleichen Verordnung wird festgelegt, dass die Einrichtung von Agroforstsystemen auf landwirtschaftlichen Flächen von den europäischen Mitgliedsstaaten gefördert werden kann. Die Europäische Kommission begründet die Entscheidung für eine Förderung von Agroforstsystemen in Artikel 39 der Verordnung folgendermaßen: „Agrarforstsysteme haben

³ Verordnung der Europäischen Kommission Nummer 1698/2005

einen hohen ökologischen und gesellschaftlichen Wert, weil sie extensive land- und forstwirtschaftliche Verfahren kombinieren, die auf die Produktion von hochwertigem Holz und anderen forstwirtschaftlichen Erzeugnissen ausgerichtet sind.“

In den weiteren Bestimmungen der Verordnung zur Förderfähigkeit von Agroforstsystemen wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass nur die Anlage von Systemen, die extensive land- und forstwirtschaftliche Bewirtschaftung kombinieren, beihilfefähig ist. Da es sich um eine europäische Gesetzgebung mit landwirtschaftlichem Hintergrund handelt, kommt die Förderung nur für Agroforstsysteme in Frage, die auf Flächen mit landwirtschaftlichem Status etabliert werden.

Die Verordnung (EEC) Nr. 1974/2006 ergänzt die Vorgaben der EU zu Agroforstsystemen aus dem Jahr 2005. Diese Verordnung legt fest, dass jeder Mitgliedstaat deklarieren muss, welche Agroforstsysteme er fördern will. Für jedes ausgewählte Agroforstsystem müssen folgende Informationen an die Europäische Kommission weitergeleitet werden:

- die maximale Baumzahl pro Hektar,
- die Art der landwirtschaftlichen Nutzung und
- die Art der forstlichen Nutzung.

Für die Baumzahl pro Hektar hat die Europäische Kommission im Jahre 2005 eine Empfehlung ausgesprochen. Im Arbeitsdokument Agri/60363/2005-REV1 empfiehlt sie für Agroforstsysteme auf Grünland- oder Weideflächen eine Anzahl von ungefähr 50 Bäumen pro Hektar. Für silvoarable Systeme gibt es keine Vorgaben seitens der EU. Einige europäische Staaten haben die Empfehlung für silvopastorale Systeme auf silvoarable übertragen.

Das Arbeitsdokument regelt außerdem, dass die empfohlene Anzahl der Bäume pro Hektar in einigen Ausnahmefällen deutlich überschritten werden darf. Diese Ausnahmeregelung gilt für Schalenobst (z.B. Walnüsse) und wenn naturschutzfachliche Gründe eine höhere Baumzahl rechtfertigen (z.B. Streuobstflächen). Die Ausnahmefälle müssen von den Mitgliedstaaten ebenfalls definiert und der Europäischen Kommission mitgeteilt werden.

Eine weitere Vorgabe, die Agroforstsysteme erfüllen müssen, ergibt sich aus der Verordnung (EEC) Nr. 796/2004. Diese legt fest, dass die Bäume auf landwirtschaftlichen Flächen die landwirtschaftliche Bewirtschaftung nicht einschränken dürfen: *“Eine Parzelle, die mit Bäumen bestanden ist, gilt als landwirtschaftliche Parzelle im Rahmen der flächenbezogenen Beihilferegelungen, sofern die landwirtschaftlichen Tätigkeiten im Sinne von Artikel 51 der Verordnung (EEC) Nr. 1782/2003 bzw. der beabsichtigten Kulturen unter vergleichbaren Bedingungen wie bei nicht baumbestandenem Parzellen in demselben Gebiet möglich sind (Artikel 8 (1)).“*

1.7 Der agrarpolitische Rahmen für moderne Agroforstsysteme in Deutschland

Die Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 wurde in Deutschland unter dem Namen „ELER-Verordnung“ umgesetzt. Die ELER-Verordnung ist die „Nationale Rahmenregelung der Bundesrepublik Deutschland für die Entwicklung der ländlichen Räume“.

Die in der Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 vorgeschlagene Förderung der Ersteinrichtung von Agroforstsystemen wird in Deutschland im Rahmen der ELER-Verordnung nicht verwirklicht. Es wird den einzelnen Bundesländern aber freigestellt, diesen Förderpunkt ohne die finanzielle Beteiligung des Bundes in den einzelnen Länderprogrammen anzubieten. Aktuell machen die einzelnen Bundesländer in ihren Programmen jedoch keinen Gebrauch von dieser Möglichkeit.

Die Verordnung (EEC) Nr. 1974/2006 ist damit bisher für Deutschland noch nicht von Relevanz. Laut den Vorgaben der EU müssen nur die Agroforstsysteme genauer definiert werden, die eine Förderung gemäß der Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 erhalten sollen. Das hat zur Folge, dass in Deutschland keine klaren Vorgaben für die Anlagemöglichkeiten von Agroforstsystemen existieren.

Möchte ein landwirtschaftlicher Betrieb ein Agroforstsystem auch ohne Unterstützung durch Fördermittel anlegen, entscheidet er sich für ein kombiniertes Einkommen aus landwirtschaftlichen und forstlichen Produkten. Dadurch tritt folgendes Problem auf: Die gesetzlichen Regelungen auf Länder- und Bundesebene handhaben die landwirtschaftliche und forstliche Produktion separat, da die in Abschnitt A1-1.3 beschriebene Trennung der landwirtschaftlichen und der forstlichen Produktion auch rechtlich umgesetzt wurde. Da Agroforstsysteme sowohl landwirtschaftliche als auch forstliche Produkte herstellen, ergeben sich für die rechtliche Situation moderner Agroforstsysteme einige grundlegende Fragen:

- Dürfen die Bäume, wenn sie nach 45-60 Jahren den Zieldurchmesser erreicht haben, geerntet werden?
- Wie wirken sich die Baumreihen auf die Zahlungsansprüche im Rahmen der Betriebsprämie aus?
- Behält eine landwirtschaftliche Fläche nach der Integration einer forstlichen Komponente ihren landwirtschaftlichen Status?

Die Fragen sollen im Folgenden beantwortet werden.

Dürfen die Bäume, wenn sie nach 45-60 Jahren den Zieldurchmesser erreicht haben, geerntet werden?

Auf europäischer Ebene legt die Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 eindeutig fest, dass bei Agroforstsystemen die landwirtschaftliche und die forstwirtschaftliche Komponente wirtschaftlich genutzt werden kann. Auf nationaler Ebene kann man zu diesem Zeitpunkt noch auf keine Gesetzgebung verweisen, die diesen Punkt klärt. Die Frage ist eng verknüpft mit der Anerkennung von Agroforstsystemen als landwirtschaftliche Nutzungsform.

Es muss - vor der Anlage eines Agroforstsystems - mit der zuständigen landwirtschaftlichen Behörde eindeutig geklärt werden, dass es sich bei der Pflanzung der Baumreihen nicht um „Landschaftselemente“ handelt. Die Entfernung der folgenden Landschaftselemente ist verboten:

- Hecken ab einer Länge von 20 m
- nicht landwirtschaftlich genutzte Baumreihen, die mindestens 50m lang sind und aus mindestens 5 Bäumen bestehen.



Abb. A 1.7: Baum als Landschaftselement (A. Chalmin)

Wie wirken sich die Bäume auf die Zahlungsansprüche im Rahmen der Betriebsprämie aus?

Die Verordnung (EEC) Nr. 796/2004 erklärt, dass ein Feld beihilfeberechtigt bleibt, wenn die landwirtschaftliche Nutzung durch die Bäume nicht eingeschränkt wird. Damit ein Feld den landwirtschaftlichen Charakter nicht verliert, empfiehlt das europäische Arbeitsdokument Agri/60363/2005-REV1 eine Anzahl von ungefähr 50 Bäumen pro Hektar.

Im nationalen Recht ist noch nicht definiert, bis zu welcher Baumzahl pro Hektar Agroforstsysteme auf landwirtschaftlichen Flächen als solche anerkannt werden. Deshalb empfiehlt es sich, die Anzahl von 50 Bäumen pro Hektar nicht zu überschreiten. Da aus Sicht der Wertholzproduktion Baumabstände von circa 15 m empfohlen werden, ist dies auch gar nicht sinnvoll. Man sollte bei der Anlage darauf achten, dass die Bäume möglichst regelmäßig auf der Fläche verteilt werden, um den landwirtschaftlichen Charakter der gesamten Fläche zu erhalten.

Unter diesen Bedingungen haben Agroforstsysteme nach europäischem Recht Zahlungsansprüche im Rahmen der Betriebsprämie. Ob für den Flächenanteil, der in modernen Agroforstsystemen durch Bäume oder Baumstreifen bestanden ist, Zahlungsansprüche gewährleistet werden können, ist in Deutschland ungeklärt. Solange sich diese Situation nicht ändert, muss die jeweils zuständige landwirtschaftliche Behörde von Fall zu Fall entscheiden.

Behält eine landwirtschaftliche Fläche nach der Integration von Waldbäumen ihren landwirtschaftlichen Status?

Die Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 beantwortet diese Frage, indem sie festlegt, dass Agroforstsysteme nicht unter den Begriff „Wald“ fallen. Die Verordnung (EEC) Nr. 1974/2006 schließt Agroforstsysteme ebenfalls vom Waldbegriff aus:

„Artikel 30 (1): Wälder umfassen Pflanzungen, die vorrangig zu forstwirtschaftlichen Schutzzwecken dienen, wie Gummibaumplantagen und Korkeichenbestände. Baumbestände in landwirtschaftlichen Produktionssystemen wie Obstbaumplantagen und Agrarforstsysteme fallen nicht unter den Begriff „Wälder“. Auch Bäume in Parks und Gärten sind davon ausgeschlossen.“ (Zitat)

Diese Regelung ist in Deutschland bisher nicht in nationales Recht umgesetzt worden.

Gesetzt den Fall, der landwirtschaftliche Status eines modernen Agroforstsystems würde aus diesem Grund nicht anerkannt werden, würde dies eine Umwandlung der betroffenen Fläche in eine Waldfläche bedeuten. Inwieweit eine solche Statusumwandlung berechtigt wäre, wird im Folgenden behandelt:

Der Begriff „Wald“ ist folgendermaßen definiert:

- Gemäß § 2 (1) des Bundeswaldgesetzes (BWaldG) ist jede mit Forstpflanzen bewachsene Fläche eine Waldfläche. Mit Forstpflanzen sind wilde Baumarten oder Waldsträucher gemeint; Obstbäume dagegen sind von der Definition ausgeschlossen.
- Gemäß § 2 (2) des BWaldG und in den Landeswaldgesetzen (LWaldG) ist festgelegt, dass nicht alle Flurstücke mit Forstpflanzen als Wald gelten. Alle kleineren Flächen in der Flur, auf denen sich einzelne Baumgruppen, Hecken oder Baumreihen befinden, sind vom Waldbegriff ausgenommen.
- In Klose & Orf (1998) werden gerichtliche Entscheidungen zur Bestimmung der Waldeigenschaft zitiert: Ein Wald sollte mit Forstpflanzen bestockt sein und einen flächenhaften Eindruck vermitteln. Der Termini „flächenhafter Bewuchs“ soll Wald von Bäumen abgrenzen, die nicht untereinander zusammenhängend über eine Fläche verteilt sind (Mertens 2008). Unter den Forstpflanzen sollte ein Kronenschluss gegeben sein. Waldflächen sollen zudem vorwiegend zur Erzeugung von Holz verwendet werden.

Hinsichtlich § 2 (1) des BWaldG ist die Abgrenzung von Agroforstflächen zu Waldflächen nicht eindeutig, da der Paragraph festlegt, dass „jede mit Forstpflanzen bewachsene Fläche eine Waldfläche“ ist und in modernen Agroforstsystemen sowohl Forstbaumarten als auch Obstbäume Verwendung finden.

Laut § 2 (2) des BWaldG sind einzelne Baumreihen vom Waldbegriff ausgenommen, und in modernen Agroforstsystemen werden die Bäume in einzelnen Reihen gepflanzt. Um abzuschätzen, ab welcher Länge und Dichte sie unter § 2 (2) fallen, äußert sich der Paragraph nicht genau genug. Klose & Orf (1998) erläutern aber, dass Hecken und bis zu dreireihige Baumstreifen vom Waldbegriff abgegrenzt werden können. Da die Baumreihen in Agroforstsystemen in der Regel einreihig sind, kann das ein Hinweis sein, dass moderne Agroforstsysteme gemäß § 2 (2) des BWaldG nicht als Wald betrachtet werden können.

Hinsichtlich der Eigenschaften „flächenhafter Bewuchs mit Forstpflanzen“ und „Kronenschluss“ erfüllen Agroforstsysteme nicht die Mindestanforderungen, um als Wald definiert zu werden. Der Abstand zwischen den einzelnen Bäumen eines modernen Agroforstsystems beträgt circa 15 m. Damit können auf einem Hektar 49 Bäume - auf sieben Reihen verteilt - gepflanzt werden. Auf landwirtschaftlichen Flächen muss für jede Baumreihe ein 2 m breiter Baumstreifen angelegt werden. Der Anteil der Baumstreifen an der Gesamtfläche beträgt damit 14 % pro Hektar. Auf Grünland fällt der Baumstreifen weg und der Flächenanteil der Bäume ist bei gleicher Baumzahl entsprechend geringer. Diese Rechnung zeigt, dass die landwirtschaftliche Nutzung auf der Beispielfläche auch mit der maximal sinnvollen und möglichen Baumzahl deutlich überwiegt.

Müssen sich die Baumstreifen an die derzeit größte gängige Arbeitsbreite für landwirtschaftliche Geräte in Deutschland anpassen, muss der Abstand zwischen den Baumstreifen 36 m betragen. Damit reduziert sich die Anzahl der möglichen Baumstreifen auf drei je Hektar. Das heißt, dass maximal 21 Bäume pro Hektar untergebracht werden können und der Flächenanteil der Baumstreifen auf einer Ackerfläche nur noch 6 % beträgt. Während der Standzeit der Bäume kommt es bei einer maximal sinnvollen Anzahl von 50 Bäumen pro Hektar zu keinem Zeitpunkt zu einem Kronenschluss und zu einer Baumdichte, die einen „flächenhaften Eindruck“ entstehen lässt. Die landwirtschaftliche Produktion überwiegt während des gesamten Baumwachstums.

Die ökonomischen Berechnungen zeigen, dass es am günstigsten ist, die Bäume im Endabstand zu pflanzen und ausgefallene Bäume gegebenenfalls auszutauschen. Dennoch gibt es auch den Ansatz, bei der Anlage mehr Bäume zu pflanzen, als für den Endabstand vorgesehen sind. Dadurch ergibt sich der Vorteil, von jeweils mehreren Bäumen die besten auszuwählen und fördern zu können. Beispielsweise kann ein Agroforstsystem für das Ziel der Wertholzerzeugung mit einem in den Reihen reduziertem Baumabstand von 7,5 m eingerichtet werden. Auf diese Weise ist der Anfangsbestand mit 98 Bäumen je Hektar doppelt so groß wie der angestrebte Zielabstand. Aus den 98 Bäumen werden dann im ersten Drittel der Standzeit der Bäume die 49 besten Exemplare ausgewählt. Die 49 weniger gut entwickelten Bäume werden von der Fläche entfernt. Die Anzahl der Baumstreifen verändert sich dadurch nicht, der Flächenverbrauch pro Hektar beträgt weiterhin 14 %. Da die ungeeigneten Bäume so bald wie möglich entfernt werden, tritt auch bei diesem Bewirtschaftungskonzept kein Kronenschluss auf (s. Abb. 8 a-c). Da die EU die Empfehlung von 50 Bäumen pro Hektar ausgesprochen hat, kann diese Variante jedoch zusätzliche Probleme mit den Behörden verursachen.



Abb. A 1.8(a-c): Demonstrationsfläche des Instituts für Waldwachstum bei Breisach: Abnehmende Baumdichte (A. Möndel, A. Chalmin).

Da es schon vorgekommen ist, dass Agroforstsystemen der Status als landwirtschaftliche Fläche aberkannt wurde, soll hier kurz auf diesen Kontext eingegangen werden: Weihnachtsbaumkulturen und Flächen von Erwerbsbaumschulen sind vom Waldbegriff normalerweise ausgeschlossen. Wenn diese Flächen durch Nichtbewirtschaftung verwildern, geht deren landwirtschaftlicher Status jedoch verloren. In modernen Agroforstsystemen besteht dieses Risiko nicht, da ein Großteil der Fläche landwirtschaftlich genutzt wird. Auf Ackerflächen ist die unkontrollierte Sukzession der Baumstreifen nicht im Sinne der Landwirtschaft, da diese Schädlinge anziehen können. Auch wenn die Baumstreifen im

Interesse des Naturschutzes extensiver bewirtschaftet werden, kann die gesamte Fläche nicht verwildern und Waldeigenschaften annehmen.

Agroforstsysteme erfüllen - vor allem wegen der geringen Baumzahl und der überwiegend landwirtschaftlichen Nutzung - nicht die Kriterien einer Waldfläche.

Das heißt nicht, dass es erlaubt ist, Agroforstsysteme in Deutschland ohne Rücksprache mit dem zuständigen Landwirtschaftsamt anzulegen. Die Abgrenzung von Agroforstsystemen zum Waldbegriff und die eindeutigen Vorgaben der europäischen Union ändern nichts daran, dass mit der Anlage von Agroforstsystemen im nationalen Recht eine ungeklärte Grauzone betreten wird.

Da die streifenweise Produktion von Energiebäumen im Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Flächen ebenfalls ein Agroforstsystem darstellt, soll auf die rechtliche Situation dieser Produktionsform ebenfalls eingegangen werden: Für den Kurzumtrieb werden klassische Forstpflanzen verwendet, zum Beispiel Pappeln und Weiden. Die Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen war bisher trotzdem ohne Aufforstungsgenehmigung möglich. Eine landwirtschaftliche Fläche mit Kurzumtrieb konnte ihren Status als solche beibehalten, wenn Zahlungsansprüche zur Aktivierung von Stilllegungsflächen oder die Energiepflanzenprämie angemeldet waren. Zur Zeit ist ab 2009 noch ungeklärt, ob diese Möglichkeiten weiterhin bestehen. Entscheidet sich die Bundesregierung dagegen und schafft keine Alternative(n), würde die Anlage von Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Flächen zukünftig eine Aufforstung bedeuten. Damit würden die betroffenen Flächen ihren landwirtschaftlichen Status verlieren und unter die Forstgesetzgebung fallen. Unter diesen Umständen würde die streifenweise Produktion von Kurzumtrieb zwischen landwirtschaftlichen Kulturen, ebenso wie Agroforstsysteme mit Werthölzern, eine Kombination aus landwirtschaftlichen und forstlichen Komponenten darstellen. Somit wiederholen sich die am Anfang des Kapitels für Agroforstsysteme gestellten Fragen zum Status der Fläche und zu den Zahlungsansprüchen.

Die jetzige gesetzliche Situation für moderne Agroforstsysteme ist kompliziert und behindert die Etablierung von Agroforstsystemen in der Agrarlandschaft. Aus der Praxis sind uns einige Fälle bekannt geworden, in denen Landwirte ihre Absicht, Baumreihen zu pflanzen, wieder aufgegeben haben, da ihre Fragen an das zuständige Landwirtschaftsamt entweder unbeantwortet blieben oder nicht ausreichend geklärt werden konnten. Deshalb ist es sowohl im Sinne der Landwirtschaft als auch der Berater und Sachbearbeiter in den Ämtern wünschenswert, möglichst bald genauere Vorgaben für die Anlage und Bewirtschaftung von Agroforstsystemen auf landwirtschaftlichen Flächen zu formulieren. Die Anzahl der Anfragen von landwirtschaftlichen Betrieben, aber auch von Gemeinden während der Projektlaufzeit zeigen, dass auch ohne eine finanzielle Förderung von Agroforstsystemen ein Interesse an ihnen besteht. Um diesem Interesse nachzukommen wären folgende Maßnahmen sinnvoll:

- Agroforstsysteme sollten gemäß Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 vom Waldbegriff ausgeschlossen werden;
- gemäß Verordnung (EEC) Nr. 1974/2006 sollte definiert werden, welche Agroforstsysteme als solche anerkannt werden. Dazu müssen die maximale Baumzahl, die Art der landwirtschaftlichen Nutzung und die Art der forstlichen Nutzung definiert werden.

- Die Zahlungsansprüche von Agroforstsystemen sollten geklärt werden. Diese könnten an Bedingungen geknüpft werden, wie zum Beispiel:
 - eine maximale Baumzahl,
 - Vorgaben zur Verteilung der Bäume auf der Fläche,
 - den Ausschluss einer natürlichen Sukzession durch stetige landwirtschaftliche Nutzung der Fläche.

Bis Regelungen gefunden werden, muss das jeweils zuständige Landwirtschaftsamt im Einzelfall über die Anlage und die Zahlungsansprüche der Baumstreifen entscheiden. Ob und wann die Situation verbessert wird, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht absehbar.

1.8 Der agrarpolitische Rahmen traditioneller Agroforstsysteme in Deutschland

Anders als moderne Agroforstsysteme genießen traditionelle kombinierte Nutzformen Förderungen des Bundes und der Länder. Die folgende Tabelle stellt die aktuellen Programme auf Länderebene vor:

Bundesland	Förderung traditioneller Agroforstsysteme
Baden-Württemberg	Erhalt von Streuobst wird gefördert
Bayern	Erhalt von Streuobst wird gefördert
Brandenburg-Berlin	Erhalt von Streuobst wird gefördert
Hessen	Hutweiden und Streuobst werden als wertvoll eingestuft
Mecklenburg-Vorpommern	Erhalt von Streuobst wird gefördert
Nordrhein-Westfalen	Erhalt von Streuobst wird gefördert
Rheinland-Pfalz	Erhalt von Streuobst wird gefördert
Saarland	Erhalt von Streuobst wird gefördert
Sachsen	Erhalt von Streuobst wird gefördert
Schleswig-Holstein	Knicks (Windschutzhecken) werden gefördert
Thüringen	Hecken/Schutzpflanzungen werden gefördert

Tabelle A 1.1: Die Förderung traditioneller Agroforstsysteme in den einzelnen Bundesländern (S. Weissenburger, A. Chalmin)

Die Förderung von Streuobstflächen wird mit ihrem naturschutzfachlichen Wert und ihrer Bedeutung für das Landschaftsbild begründet. Die noch vorhandenen Flächen sollen aufgrund dieser Werte trotz fehlender wirtschaftlicher Attraktivität durch Fördermittel erhalten bleiben.

Um den bestehenden Anlagen ein langfristiges Weiterbestehen zu ermöglichen, gibt es zum Beispiel in Bayern eine spezielle Förderung für das Pflanzen junger Streuobstbäume.

U.a. in Baden-Württemberg wird, gemäß dem in Abschnitt A1-1.6 erwähnten Arbeitsdokument Agri/60363/2005-REV1, von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, mehr als 50 (Streuobst-)Bäume pro Hektar auf Grünland zuzulassen.

Wenn Schalenfrüchte (Walnüsse, Haselnüsse) in Kombination mit Grünland auftreten, handelt es sich ebenfalls um ein Agroforstsystem. Für die Förderung von Schalenfrüchten wurden Deutschland von der EU Kontingente an Fördermitteln zugewiesen. Die Förderung für Walnüsse ist nur möglich, wenn die Baumdichte mindestens 50 Bäume pro Hektar beträgt. Haselnüsse sind ab 125 Pflanzen pro Hektar förderfähig. Für beide Kulturen gilt außerdem, dass die Fläche mindestens 0,1 ha groß sein muss.

Streuobst und Schalenfrüchte sind, im Gegensatz zu den Bäumen moderner Agroforstsysteme, im Bundeswaldgesetz eindeutig vom Waldbegriff ausgeklammert. Sowohl bei Streuobst als auch bei Schalenobst (Walnuss) kommt die Verwertung des Holzes von älteren Bäumen vor, ist aber nicht der Hauptzweck der Pflanzung.

Auch für die traditionellen Waldweidesysteme ist die rechtliche Situation eindeutig. In den jeweiligen Landeswaldgesetzen ist geregelt, ob die Waldflächen eines Bundeslandes zur Beweidung benutzt werden dürfen. Zum Beispiel bestimmt das LWaldG von Mecklenburg-Vorpommern:

§ 29 (3) Das Halten und Hüten von landwirtschaftlichen Nutztieren und Wildtieren in abgegrenzten Waldstücken oder in besonderen Gehegen bedarf der Zustimmung des Waldbesitzers und der Genehmigung durch die Forstbehörde.

Die für ein Waldgebiet zuständige Forstbehörde muss der Nebennutzung des Waldes also zustimmen.

1.9 Meinungen der politischen Parteien

Um die zukünftigen politischen Rahmenbedingungen für moderne Agroforstsysteme besser abschätzen zu können, wurden die Stellungnahmen der größeren politischen Parteien zum Thema Agroforstwirtschaft recherchiert. Die Ergebnisse sind im Folgenden kurz zusammengefasst oder zitiert:

CDU

In einem Schreiben an das Projekt „agrorforst“ antwortet ein Mitarbeiter der CDU/CSU-Bundestagsfraktion in Berlin:

- *„Die CDU hat auf Parteiebene keinen Beschluss zum Thema Agroforstwirtschaft. Die Programme von Parteien haben einen deutlich höheren Abstraktions- und Aggregationsgrad.“*
- *„Die CDU verhält sich neutral zu Betriebsformen und Produktionsrichtungen. Was also die Landwirte anbauen und welche Bewirtschaftungssysteme sie wählen, bleibt einzig und allein ihre Produktions- und Marktentscheidung. Im Bereich neuer und unüblicher Anbauverfahren empfehlen sich als Orientierung für die Land- und Forstwirte in der*

Regel Forschungsarbeiten, wie sie von der Agroforstwirtschaft ja bereits auch schon durchgeführt werden.“

Eine Stellungnahme vom 9. November 2006 im Bundestag beinhaltet folgende weitere Informationen:

- *„Bisher liegen für die Durchführung von Agroforstsystemen in Deutschland noch keine aussagekräftigen Erkenntnisse bzw. belastbaren Zahlen über Erträge vor, welche die Bauern dazu bewegen würden, auf Agroforstsysteme zu setzen. Die Akzeptanz bei den Landwirten ist bisher sehr gering, trotz der von Forschern geschätzten Realisierung von Mehrerträgen von maximal 30 Prozent.“*
- *„Für den Fall, dass sich aus den Versuchsprojekten praxisrelevante Ergebnisse ziehen lassen und auf dieser Basis tatsächlich erwogen wird, eine Etablierung von Agroforstsystemen in Deutschland umzusetzen, so könnte dies nach Auffassung der Union in Deutschland nur ohne Subventionierungen – seien es GA-Mittel oder EU-Mittel – umgesetzt werden. Einige Beispiele aus Deutschland zeigen, dass Agroforstsysteme auch ohne staatliche Beihilfen durchaus rentabel sein können. Entscheidend sind die richtigen Strategien hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und Rentabilität. Diese liegen beispielsweise in der Erschließung von Marktnischen – zum Beispiel medizinale oder floristisch bedeutsame Pflanzen –, der Herstellung besonders hochwertiger Produkte und der Direktvermarktung.“*

SPD

Die Stellungnahme vom 9. November 2006 im Bundestag beinhaltet folgende Informationen:

- *„Die Nutzung von Gehölzen auf oder am Rande landwirtschaftlicher Fläche ist eine sinnvolle ökologische Bereicherung. Neben der Erweiterung der biologischen Vielfalt der Flora, bieten die Gehölzstrukturen Lebensraum für zahlreiche Tierarten und leisten einen großen Beitrag zum Artenschutz.“*
- *„Ein wichtiger Punkt für die Landwirtschaft ist aber zum Beispiel der Beitrag dieser Verfahren zum Bodenschutz. Gehölze tragen dazu bei, Bodenerosion durch Wind und Wasser zu mindern, halten das Grundwasser im Boden und vermindern ebenfalls die Auswaschungsgefahr von Düngemitteln in das Grundwasser, besonders in der vegetationsarmen Jahreszeit, und bilden eine Kohlendioxidsenke. Nicht zuletzt in der aktuellen Debatte um den Klimaschutz sollte dies alles mit bedacht werden.“*
- *„Für unsere Landwirte ist mit Blick auf die zukünftige Agrarpolitik wichtig, dass auch die ökonomischen Fakten stimmen. Hier gibt es gute Ansätze und Erfahrungen zu Agroforstsystemen aus England und Frankreich, jedoch ist die Nutzung in Deutschland bisher nur vereinzelt erprobt. Es scheint sich aber abzuzeichnen, dass ein verständiger Umgang und die gezielte Auswahl von Pflanzenkombinationen aus Gehölz und Ackerkultur teilweise sogar zu ansehnlicher Ertragssteigerung gegenüber der herkömmlichen Nutzung von Agrarflächen führen kann.“*

BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN

Zitiert aus dem diesjährigen Antrag zur Novellierung des Bundeswaldgesetzes:

- *„Die Definition des Waldes (§ 2) ist so zu verändern, dass Flächennutzungen wie Agroforstsysteme und Kurzumtriebsplantagen vom Waldbegriff ausgenommen werden (unter Gewährleistung, dass Niederwald weiterhin Wald bleibt).“*
- *„Bisher können landwirtschaftliche Nutzflächen, wenn sie als Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsysteme genutzt werden, den Vorgaben des Bundeswaldgesetzes unterworfen sein. Eine Rückumwandlung in Agrarland unterliegt dann z.B. der Genehmigungspflicht durch die zuständige Behörde. Im Ergebnis könnte die aus ökologischen Gründen erwünschte und sinnvolle Anpflanzung von Bäumen auf Ackerland unterbleiben, weil die Landwirte fürchten, dass ihnen Agrarflächen verloren gehen.“*

Aus einem weiteren Antrag an das Parlament (2005):

- *„Der ökologische Nutzen der Agroforstwirtschaft liegt auf der Hand: Wind- und Erosionsschutz, Schutz vor Nährstoffverlusten, Senke für Kohlendioxid, Lebensraum für Pflanzen und Tiere und Schaffung einer unvergleichlichen Landschaftsästhetik.“*
- *„Die Entwicklung moderner Agroforstsysteme in Frankreich und England zeigt, dass sich Bäume auf landwirtschaftlichen Nutzflächen produktiv in die heutige europäische Landwirtschaft integrieren lassen und dass sie durchaus das heute übliche hohe Ertragsniveau erreichen können. Der Grund liegt darin, dass Bäume und Ackerkulturen unterschiedliche Wasser- und Nährstoffressourcen aus unterschiedlichen Bodenhorizonten nutzen. Wenn eine entsprechende Pflanzenkombination gewählt wird, konkurrieren sie also kaum miteinander.“*
- *„bisher ist der Kenntnisstand über Agroforstwirtschaft in Mitteleuropa noch zu gering, um den Landwirten ausreichende Optionen mit einer gesicherten wirtschaftlichen Perspektive bieten zu können. Um die Landwirte überzeugen zu können, auf Agroforstsysteme zu setzen, ist es jedoch notwendig, ihnen Faustzahlen über Anbauvarianten und Erträge liefern zu können.“*

FDP

Die FDP äußerte sich in der Bundestagsdebatte vom 9. November 2006 folgendermaßen:

- *„Die FDP steht dem Anliegen, die Einrichtung von Agroforstsystemen auch in Deutschland zu ermöglichen, positiv gegenüber.“*
- *„Agroforstsysteme sind keine Wälder. Sie sind eine Sonderform der Ackernutzung, bei der abwechselnd mit ackerbaulich oder als Weide genutzten Flächen Gehölzpflanzen angepflanzt werden.“*
- *„Voraussetzung für die Einrichtung von Agroforstsystemen ist die Änderung des Bundeswaldgesetzes. Es muss sichergestellt werden, dass die für die Errichtung von Agroforstsystemen verwendeten Flächen nicht, wie die gegenwärtig geltenden Bestimmungen des Bundeswaldgesetzes es vorsehen, aus der agrarischen Nutzung fallen.“*

- „Agroforstsysteme bieten zahlreiche ökologische Vorteile, mindern die Erosion, bieten für Weidetiere Schutz bei extremen Witterungsverhältnissen, tragen zur Erhöhung der Biodiversität bei.“

Die Linke

Die Linke äußerte sich in der Bundestagsdebatte vom 9. November 2006 folgendermaßen:

- „Besonders interessant erscheinen die Konzepte im Hinblick auf eine nachhaltige und wirtschaftliche Nutzung von landwirtschaftlichen Grenzstandorten, die zunehmend – bei sinkender öffentlicher Förderung – ganz aus der Produktion fallen könnten.“
- „Des Weiteren muss das Waldgesetz geändert werden, sollen Agroforstsysteme eine Chance bekommen. Die klare Abgrenzung von Wald- zu Agroforstflächen ist hier erforderlich. Die Definition, nach der auf einer Agroforstfläche mindestens 50 Prozent landwirtschaftliche Kulturen stehen müssen, damit sie nicht als Wald, sondern immer noch als Acker oder Grünland gilt, könnte zum Beispiel übernommen werden.“

1.10 Weitere rechtliche Rahmenbedingungen für Agroforstsysteme in Deutschland

Bei der Anlage von Agroforstsystemen müssen die folgenden Gesetzgebungen ebenfalls berücksichtigt werden:

- das Nachbarschaftsgesetz,
- die Straßenverkehrsverordnung,
- das Pachtrecht (insofern es sich um eine Anlage auf einer gepachteten / verpachteten Fläche handelt),
- das Naturschutzrecht.

Auch auf die Pflanzenschutzmittelverordnung soll an dieser Stelle kurz eingegangen werden.

Nachbarschaftsgesetz

Das Nachbarschaftsgesetz ist auf Länderebene geregelt und legt fest, dass beim Pflanzen von Bäumen bestimmte Abstände zu angrenzenden Grundstücken beachtet werden müssen. Für Bäume in Agroforstsystemen gelten die Vorgaben für stark wachsende Bäume. Für diese müssen - je nach Bundesland - Abstände von 3-8 m eingehalten werden. Diese vorgegebenen Abstände dürfen nur mit dem Einverständnis der Nachbarn unterschritten werden. Die derzeit geltenden Abstandsregelungen für die einzelnen Bundesländer sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Bundesland	Quelle	Abstandregelungen für starkwachsende Bäume
Baden-Württemberg	NRG BW §16 (1); Stand: 08.01.1996	8 m
Bayern	AGBGB - NRG; Art. 48 (1); Stand:01.01.1983	2 m
Berlin	NRG §§27 (1) und 29; Stand 28.09.1973	3 m
Brandenburg	BbgNRG §37 (29); Stand 28.06.1996	8 m
Hessen	HNRG §40 (1), Stand: 25.09.1990	8 m
Niedersachsen	NNachbG §50 (1 und 3), Stand: 31.03.1976	8 m
Nordrhein-Westfalen	NachbG-NRW §§41 und 43, Stand: 01.05.2005	6 m
Rheinland-Pfalz	LNRG §§44 und 46, Stand 15.06.1970	6 m
Saarland	SNRG §§48 (1) und 50 (1); Stand 18.02.2004	6 m
Sachsen	SächsNRG §10, Stand 11.11.1997	3 m
Sachsen-Anhalt	NbG §34 (1), Stand 13.11.1997	6 m
Schleswig-Holstein	NachbG Schl.-H. §§37 (1) und 39 (4), Stand 19.11.1982	6 m
Thüringen	ThNRG §§44 (1,2) und 46 (1), Stand: 22.12.1992	6 m

*Tabelle A 1.2: Abstandsregelungen für starkwachsende Bäume in den Bundesländern
(S. Weissenburger, A. Chalmin)*

Straßenverkehrs-Verordnung (StVO)

Ist die Grundstücksgrenze eine befestigte Straße, die mit mindestens 50 km/h befahren wird, müssen die Bäume auf mindestens 4,5 m aufgeastet werden. Außerdem dürfen die Bäume nur in einem Abstand von 4,5 m vom Fahrbahnrand gepflanzt werden.

Pachtrecht

Im Durchschnitt sind mehr als 50 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche der Betriebe zugepachtet. Soll ein Agroforstsystem auf einer gepachteten Fläche angelegt werden, dann müssen sich der Verpächter und der Pächter über folgende Punkte einig werden:

- Wer ist für das Pflanzen der Bäume zuständig?
- Wer ist für die Pflege der Bäume zuständig?
- Wer trägt die Kosten für Pflanzung und Pflege?
- Wer erhält die Holzerträge?

Es ist sinnvoll, zu diesen Punkten - zusätzlich zum Pachtvertrag - eine schriftliche Einigung zu erzielen.

Ist der Verpächter an der Anlage des Agroforstsystems interessiert, dann ist es sinnvoll, ihn zum Eigentümer der Bäume und der Holzerträge zu erklären. Ist der Pächter einverstanden, die Anlage und die Bewirtschaftung der Bäume zu übernehmen, können diese Leistungen durch eine Reduktion der Pachtzahlungen honoriert werden.

Geht die Initiative für die Anlage eines Agroforstsystems vom Pächter aus, dann ist er für die Anlage, die Pflege und die Kosten zuständig und erhält die Einnahmen aus den Holzerträgen. In diesem Falle sollte aber geregelt werden, was bei einem Abbruch der Pacht mit den Bäumen passiert.

Naturschutz

Vor der Anlage eines Agroforstsystems sollte mit der zuständigen Naturschutzbehörde geklärt werden, ob aus naturschutzfachlicher Sicht Bedenken gegen das Pflanzen von Bäumen bestehen.

Pflanzenschutz

Da es sich bei den Gehölzstrukturen von Agroforstsystemen nicht um sogenannte Landschaftselemente handelt, haben die Abstandsregelungen für angrenzende Saumbiotope auf Agroforstsysteme keine Auswirkungen. Zu den Bäumen eines Agroforstsystems müssen bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln deshalb keine Abstände eingehalten werden, da sie Teil der landwirtschaftlichen Fläche sind. Die gute fachliche Praxis für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln muss beachtet werden.

1.11 Die Förderbedingungen für Agroforstsysteme in anderen Ländern der EU

Frankreich

In Frankreich werden moderne Agroforstsysteme schon seit 2001 und ohne Bezugnahme auf die europäische Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 gefördert. Nationale Verordnungen zur Förderung der Anlage und der Bewirtschaftung legen die Förderbeträge für Agroforstsysteme fest.

Die Maßnahmen werden u.a. mit den folgenden Vorteilen von Agroforstsystemen begründet: Wasser- und Bodenschutz, höhere Biodiversität und Verbesserung des Landschaftsbildes, CO₂-Speicherung, artgerechtere Tierhaltung auf Weiden.



Abb. A 1.9: Beispielfläche aus Frankreich (T. Reeg)

Großbritannien

Der Vorschlag zur Förderung von Agroforstsystemen gemäß der Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 wurde in Großbritannien nicht umgesetzt. Die Regierung behält sich aber offen, die Förderung bei Bedarf nachträglich noch zur Verfügung zu stellen.

Silvopastorale Agroforstsysteme werden durch verschiedene Aufforstungsprogramme unterstützt, z.B. durch die folgenden: English Woodland Grant Scheme (EWGS), Woodland Grant Scheme (WGS) und Better Woodlands for Wales (BWW). Es handelt sich um Agroforstsysteme die in einem forstlichen Rahmen etabliert werden.



Abb. A 1.10: Beispielfläche aus Großbritannien (A. Chalmin)

Italien

In allen Regionen Italiens wurde der Vorschlag der Europäischen Kommission, die Einrichtung von Agroforstsystemen gemäß der Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 zu fördern, nicht umgesetzt. Die Nutzung von Waldweiden wird gefördert.

Österreich

Auch in Österreich werden keine Prämien gemäß der Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 für die Einrichtung von Agroforstsystemen gezahlt.

Schweden

In Schweden werden Agroforstsysteme nicht explizit gemäß der Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 gefördert. Gefördert werden jedoch:

- Die Erhaltung und Wiederherstellung von Weiden und Wiesen. Je nach Bewirtschaftungsart sind unterschiedliche Prämien erhältlich. Dabei können bis zu 50 Bäume je ha auf der Fläche stehen.
- Die Erhaltung und Wiederherstellung von Waldweiden.
- Der Anbau von Energieholz.

Spanien

In Spanien werden Agroforstsysteme gemäß der Verordnung (EEC) Nr. 1698/2005 gefördert und im nationalen Strategieplan zur ländlichen Entwicklung als Maßnahme zur „Aufwertung der Umwelt“ angeführt.

In den meisten der autonomen spanischen Regionen wurde daher der Vorschlag der EU-Kommission zur Förderung von Agroforstsystemen über das Programm zur ländlichen Entwicklung 2007-2013 umgesetzt.

Die Förderung besteht aus einer Erstattung der Investitionskosten, wobei in manchen Regionen Einschränkungen wie maximaler Förderungsbetrag, maximale Baumzahl (450 je ha) gemacht werden oder es eine Vorgabe der verwendbaren Baumarten gibt.

Für die Förderung von Agroforstsystemen stellen die einzelnen Regionen unterschiedlich große Summen bereit.

Als Gründe für die Förderung von Agroforstsystemen werden unterschiedliche Punkte angeführt, u.a. die traditionelle Weidenutzung, CO₂-Speicherung, Erosionsschutz, Schutz vor Wüstenbildung und die Aufwertung der Agrarlandschaften hinsichtlich der Biodiversität.

1.12 Empfehlungen für die Anlage moderner Agroforstsysteme in der Praxis

Abschnitt A1-1.2 zeigt, dass die rechtlichen Rahmenbedingungen sich immer wieder auf die Verbreitung von Agroforstsystemen in Deutschland ausgewirkt haben. Das ist auch heutzutage noch der Fall. Abschnitt A1-1.8 erläutert, wieso die aktuell bestehende rechtliche Situation die Anlage moderner Agroforstsysteme in Deutschland behindert und welche Änderungen für eine Verbesserung der Situation möglich wären. Denn auch, wenn die Investitionskosten eines Agroforstsystem vergleichsweise niedrig sind (siehe Abschnitt A3) - da es sich um eine langfristige Investitionsentscheidung handelt, wäre ein höheres Maß an rechtlicher Sicherheit wünschenswert.

Solange die Bundesregierung nicht genauer definiert, wie Agroforstsysteme in Deutschland gestaltet werden können, und solange Agroforstsysteme nicht explizit vom Waldbegriff ausgenommen sind, sollten bei der Anlage von Agroforstsystemen folgende Planungsaspekte beachtet werden:

- Die Empfehlung der EU von 50 Bäumen pro Hektar sollte nicht überschritten werden.

- Die Bäume sollten möglichst gleichmäßig auf der ausgewählten Fläche verteilt sein, um den landwirtschaftlichen Charakter der gesamten Fläche zu erhalten.

Um sicherzustellen, dass eine landwirtschaftliche Fläche auch nach der Anlage eines Agroforstsystems ihren landwirtschaftlichen Status behält, sollte man diese Frage mit dem zuständigen Landwirtschaftsamt vor dem Pflanzen der Bäume klären. Auch die Zahlungsansprüche für die Baumstreifen sollten vor dem Pflanzen besprochen werden. Es muss außerdem geklärt sein, dass die Bäume nach dem Erreichen des gewünschten Zieldurchmessers als Wertholz geerntet und verkauft werden sollen. Diese Fragen sollten so zeitig wie möglich vor der Pflanzung besprochen werden. Da sich die meisten Sachbearbeiter mit Agroforstsystemen nicht auskennen (können), bleiben zum Beispiel die Zahlungsansprüche für die Baumstreifen häufig für längere Zeit ungeklärt. Solange der landwirtschaftliche Status eines Agroforstsystems nicht bestätigt ist, ist es nicht empfehlenswert größere Flächen anzulegen, vor allem wenn eine finanzielle Abhängigkeit von Fördermitteln besteht.

Die zuständige Naturschutzbehörde sollte in die Planung eines Agroforstsystems ebenfalls einbezogen werden. Mit ihr ist zu klären, ob das geplante Agroforstsystem aus naturschutzfachlicher Sicht umsetzbar ist.

Abschnitt A1-1.5 macht deutlich, dass die Anlage moderner Agroforstsysteme für landwirtschaftliche Betriebe nicht nur mit Unsicherheiten auf rechtlicher Ebene verbunden ist. Aufgrund der geringen Praxiserfahrungen mit solchen Systemen in Deutschland gibt es zum Beispiel zu den möglichen Deckungsbeiträgen der Mischkultur bisher kaum Angaben. Unabhängig davon, ob eine Förderung für Agroforstsysteme in Zukunft gewährleistet wird oder nicht, sind Agroforstsysteme in der heutigen wirtschaftlichen Situation für landwirtschaftliche Betriebe in der Regel nicht interessant, wenn sie nicht auch ohne eine Förderung rentabel bewirtschaftet werden können (siehe Abschnitt A3).

A.2 Erfassung der Kulturen mit ihren Standortansprüchen und ihrer Produktionstechnik

2.1 Einführung

Die Anlage von Agroforstsystemen kommt in Deutschland aufgrund der Rahmenbedingungen in erster Linie auf landwirtschaftlichen Flächen in Frage. Um ein modernes Agroforstsystem auf einer landwirtschaftlichen Fläche anzulegen, werden Baum- oder Strauchreihen gepflanzt. Auch, wenn der Ertrag einer Fläche dadurch langfristig diversifiziert wird - diese Investition rentiert sich erst nach einem Zeitraum von 45-60 Jahren. Bis dahin ist die landwirtschaftliche Nutzung die Haupteinnahmequelle. Deshalb ist eine Kombination der landwirtschaftlichen Nutzung mit Bäumen nur interessant, wenn die landwirtschaftlichen Erträge dadurch möglichst wenig beeinträchtigt werden. Außerdem müssen die Betriebe trotz der Anwesenheit der Bäume auf der Fläche in der Lage sein, in ihrem Anbauprogramm weiterhin flexibel auf Veränderungen in der Nachfrage reagieren zu können. Daraus ergibt sich eine zweite grundlegende Voraussetzung für den Erfolg moderner Agroforstsysteme: Die Baumkomponente muss mit einem großen Spektrum von Ackerkulturen kombinierbar sein.

Im Rahmen des Arbeitspaketes A2 sollen die grundlegenden Informationen beschafft werden, um in A3 überprüfen zu können, ob moderne Agroforstsysteme den eben genannten Anforderungen gerecht werden können. Dazu wurde in einem ersten Arbeitsschritt bestimmt, welche landwirtschaftlichen Kulturen in Deutschland von Bedeutung sind. Im nächsten Schritt wurde die Produktion dieser Kulturen hinsichtlich der Produktionstechnik und der Ansprüche an Standort und Produktionsfaktoren beschrieben. Die Produktionstechnik umfasst Bodenbearbeitung, Saat oder Pflanzung, Düngung, Pflanzenschutz sowie die Ernte. Um die Einflüsse der Bäume auf die landwirtschaftlichen Kulturen bestimmen zu können, wurden die möglichen positiven oder negativen Wechselwirkungen, die in Agroforstsystemen auftreten können, analysiert. Da die Produktionstechnik für Agroforstsysteme für hiesige Verhältnisse noch weitgehend unbestimmt ist, wurden die Informationen zu den Wechselwirkungen in modernen Agroforstsystemen u.a. aus anderen Gebieten der gemäßigten Zone abgeleitet. Es muss deshalb auch abgeschätzt werden, inwieweit die Erfahrungen aus anderen Ländern auf Deutschland übertragbar sind.

2.2 Nutzung der deutschen Acker- und Grünlandflächen

In Deutschland sind ~53,5 % der Bodenfläche landwirtschaftliche und ~30 % forstliche Nutzfläche. Von der landwirtschaftlichen Nutzfläche werden ~70 % ackerbaulich und ~30 % als Grünland bewirtschaftet.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die landwirtschaftliche Nutzung in Deutschland:

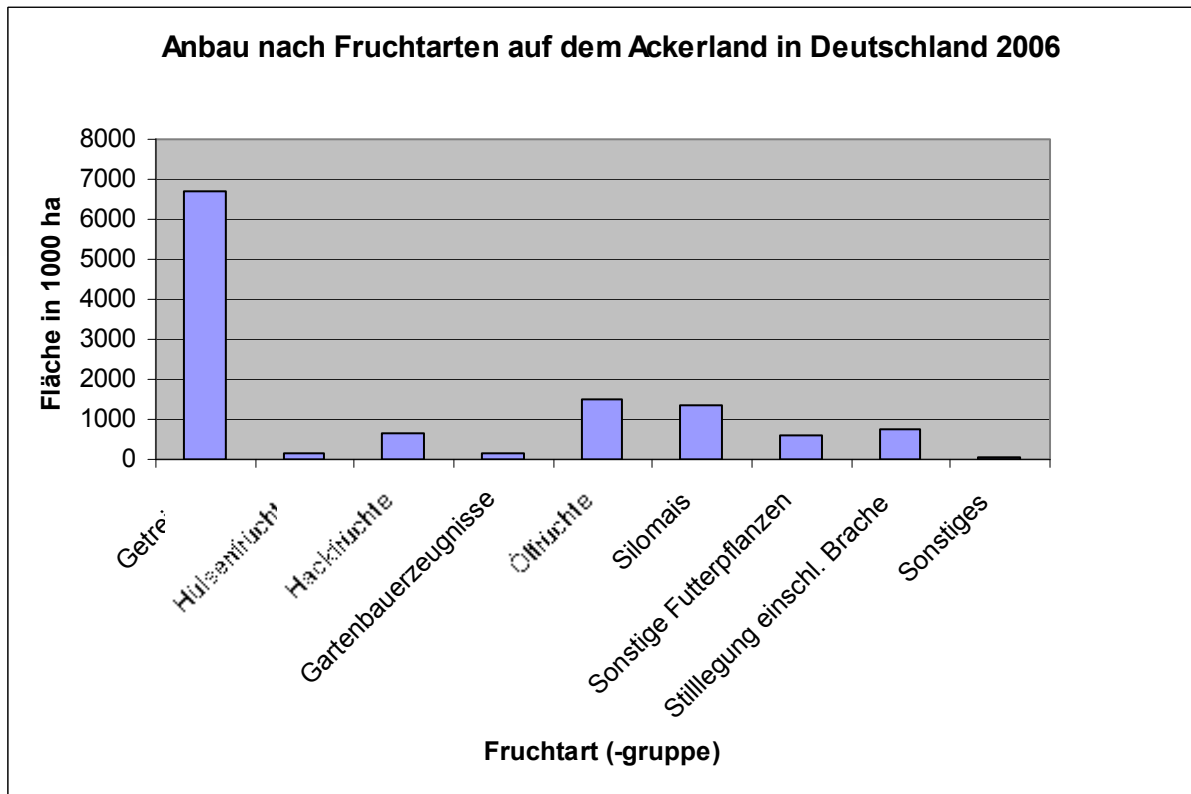


Abb. A 2.1: Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland (Datenquelle: Statistisches Bundesamt 2006, Darstellung: S. Weissenburger, A. Chalmin)

Auf Ackerflächen überwiegt der Getreideanbau deutlich; danach folgen Ölfrüchte, Silomais und Hackfrüchte.

Auf 85 % und damit einem Großteil der deutschen Ackerfläche werden letztlich nur neun verschiedene Fruchtarten produziert:

- Getreide (Weizen, Gerste, Roggen, Triticale, Hafer)
- Ölfrüchte (Raps)
- Mais
- Hackfrüchte (Zuckerrüben und Kartoffeln)

Die restlichen 15 % der Ackerflächen werden für andere Formen der ackerbaulichen Nutzung wie Obst- und Gemüsebau, Baumschulen, Blumen und Zierpflanzen oder die Produktion von Arznei- und Gewürzpflanzen verwendet.

Die wichtigsten Gemüse sind Spargel, Möhren, Zwiebeln, Blumenkohl, Erbsen, Bohnen, Spinat und Salate. Im Obstbau haben Äpfel, Birnen, Erdbeeren und Kirschen die größten Flächenanteile. Die Baumschulproduktion konzentriert sich auf Obst-, Zier- und Forstgehölze.

Das Grünland wird als Weide oder Wiese in unterschiedlichen Intensitätsstufen genutzt. Sofern die Flächen beweidet sind, haben Rinder und Schafe den größten Anteil. Bei den Rindern dominieren Fleckvieh und Holstein-Schwarzbunt. Durch verschiedene Nischenprogramme für gefährdete Rassen (Ziegen, Schweine, Pferde, Rinder, Schafe) hat die Vielfalt der Tierarten auf den deutschen Weiden in den letzten Jahren wieder zugenommen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, wie Grünland in Deutschland bewirtschaftet wird:

Nutzungsart	Anbaufläche in ha
Klee, Klee gras, Klee-Luzerne-Gemisch	177.000
Luzerne	26.000
Grasanbau (zum Abmähen oder Abweiden)	209.000
Dauerwiesen	1.870.000
Mähweiden	2.210.000

Tabelle 2.1: Grünlandnutzung in Deutschland im Jahr 2004

(Quelle: Statistisches Bundesamt 2006, Darstellung: S. Weissenburger, A. Chalmin)

Laut dem nationalen Strategieplan der Bundesregierung von 2006 gibt es in Deutschland etwa 400.000 landwirtschaftliche Betriebe. Die Zahl ist abnehmend, da der Strukturwandel zu einer stärkeren betrieblichen Konzentration führt. Die folgende Abbildung zeigt, mit welcher Fläche die Betriebe in Deutschland produzieren:

Anbaufläche landwirtschaftlicher Betriebe in den Bundesländern (in ha)

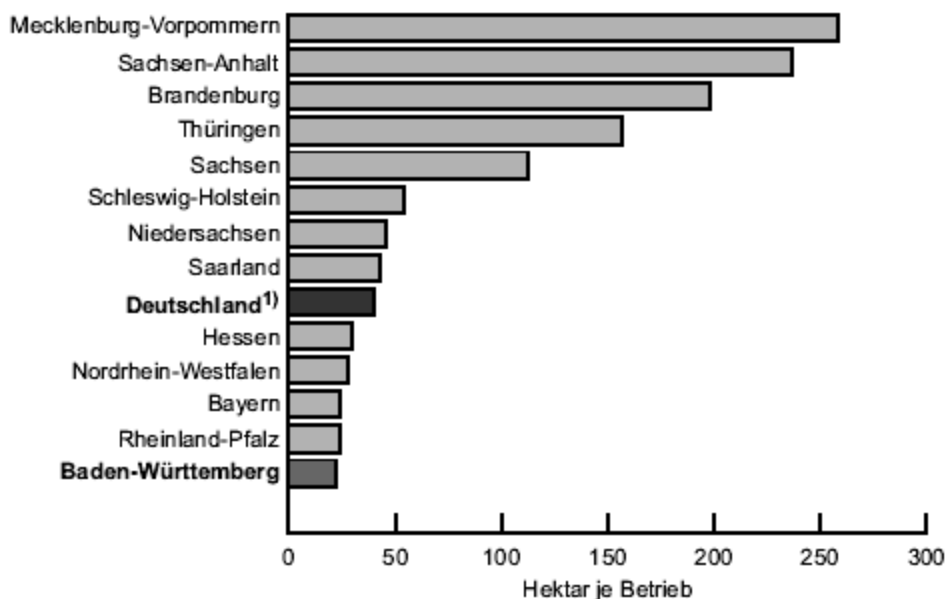


Abb. A 2.2: Durchschnittliche Betriebsgrößen in den Bundesländern.

(Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: „Landwirtschaft 2003“)

Von Nord nach Süd und von Ost nach West wird die durchschnittliche Betriebsgröße kleiner. Etwa die Hälfte der Betriebe wird im Nebenerwerb bewirtschaftet. Die im Nebenerwerb bewirtschaftete Fläche nimmt etwa 16 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ein.

Durch den Strukturwandel bedingt hat die durchschnittliche Betriebsgröße in den letzten Jahren stetig zugenommen.

Das landwirtschaftliche Einkommen kommt mit rund 45 % aus der Tierhaltung. Die pflanzliche Produktion macht 30 % aus. Die restlichen Einnahmen entfallen auf Direktzahlungen, Beihilfen und sonstige Erträge.

2.3 Produktionstechnik und Ansprüche der Ackerkulturen

S. Weissenburger, A. Chalmin

Im Folgenden werden für eine Auswahl von Kulturen die Ansprüche an Standort und Produktion und die vorherrschende Produktionstechnik präsentiert. Die Produktionstechnik ist in tabellarischer Form und die Ansprüche der Kulturen an Standort und Produktion steckbriefartig zusammengefasst.

Winterweizen

a) Produktionstechnik

Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept
➔											
Pflug					Düngung	Düngung	Düngung	Düngung		Ernte	Stoppel- bearbeitung
Saatbett- bereitung					Pflanzenschutz (Unkraut)	u.U. PS (Pilze)	u.U. PS (Pilze)				
Aussaat					Wachstumsregulator CCC						
u.U. Walzen											
BBCH 0	BBCH 10-12	BBCH 21	BBCH 22-24	BBCH 24-27	BBCH 27-30	BBCH 30-37	BBCH 37-50	BBCH 50-72	BBCH 73-87	BBCH 87-99	

(BBCH - Skala: BBCH ist die Abkürzung für **B**iologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, **B**undessortenamt und **C**hemische Industrie. Sie dient der einheitlichen Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien von Pflanzen)

Die Bearbeitungstiefe vor der Aussaat hängt vom Bodentyp ab. Mit dem Pflug wird zwischen 20 und 35 cm tief bearbeitet. Bei einer Mulchsaat wird der Boden nicht gewendet sondern nur gelockert; auch hier variiert die Bearbeitungstiefe. Bei einer Direktsaat wird das Saatgut ohne Lockerung direkt eingesät.

Die Menge der Düngung und die Anzahl der einzelnen Düngungsstufen sind abhängig von der Bodenqualität und auch von der angestrebten Qualität des Erntegutes. Bei hohen Qualitäten (Qualitätsstufe A und E) wird die Düngung in mindestens drei (meistens vier) Düngungsstufen unterteilt.

Je nach Witterung muss im April und Mai der Pilzbefall behandelt werden. Je feuchter und wärmer die Witterung, desto häufiger sind Behandlungen notwendig.

Der Wachstumsregulator Cycocel (CCC) wird zu BBCH 30 eingesetzt. Dieses Stadium erreichen die Pflanzen in Abhängigkeit von der Witterung. Er sorgt für weniger Strohmasse und eine bessere Standqualität des Weizens. In einigen Agrar-Umweltprogrammen der Länder (z.B. MEKA in Baden-Württemberg) wird der Verzicht des Einsatzes von CCC gefördert. Deshalb verzichten viele Landwirte auf den Einsatz von CCC, vor allem auf für Qualitätsweizen weniger geeigneten Böden.

b) Anbaubedingungen

Klima: In Mitteleuropa Anbau bis zu 550 m üNN möglich, in den Alpen auf bis zu 900 m üNN.

Bodeneigenschaften: Guter Kalkzustand des Bodens. pH-Wert 6,4 - 7,3. Das Reaktionsoptimum liegt bei 7,0.

Die besten Böden für den Winterweizenanbau sind fruchtbare Böden (Löß-, Lehm-, milde Tonböden, nährstoffreiche Braunerden, Marschböden). Auch auf leichteren Standorten ist der Anbau möglich. Bei diesen Böden muss jedoch durch wassersparende Anbautechnik (frühe Saat, dünne Bestände, verhaltene N- Düngung) das knappe Wasser besonders effektiv genutzt werden. Jahresniederschlag von 500-600 mm.

Vorfrucht: Winterweizen hat nur geringe Selbstverträglichkeit. Raps, Mais und Gemüse zählen zu den besten Vorfrüchten für Winterweizen.

Durchwurzelungstiefe: Je nach Standort bis zu 90 cm.

Vernalisationsbedürfnis: Winterweizen hat ein ausgeprägtes Vernalisationsbedürfnis. Ein Kältereiz von 0 bis 5°C über eine Dauer von 40 bis 80 Tagen ist notwendig.

Temperatursumme: Die Temperatursumme während der Vegetationsphase muß zwischen 1900°C und 2500°C liegen.

Pflanzenhöhe: Bis zu 1,6 m ohne Einsatz von CCC (Wachstumsregulator).

Keimtemperatur: Zur Keimung sind Temperaturen von mindestens 3-4°C notwendig.

Nährstoffbedarf:

Stickstoff:

Kornertrag in dt/ha	Gesamt-N-Bedarf in kg N/ha
60	140-180
70	170-210
80	190-240
90	210-270

Soll eine hohe Qualität des Erntegutes (hoher Proteingehalt) erreicht werden, wird die N-Düngung in mindestens drei N-Gaben aufgeteilt:

- 1. N-Gabe Bestockungsphase: Förderung der Bestockung (70 kg N/ha)
- 2. N-Gabe Schossphase: Verringerung der Triebreduktion (70 kg N/ha)
- 3. N-Gabe Kornbildungsphase: Erhöhung des Proteingehalts und der Kornmasse (55-80 kg N/ha)

Eine vierte Gabe wird in manchen Fällen noch während der Ährenentwicklung gegeben (40 kg N/ha).

Die Düngung variiert von Betrieb zu Betrieb in Abhängigkeit von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten. Beispiel: Ist man in einer Region mit Frühjahrstrockenheit, so sollte die Bestockung nicht so stark gefördert werden, da es sonst verstärkt zu Wassermangel kommen kann.

Phosphat - 60 kg P₂O₅/ha

Kalium - 110 kg K₂O/ha

Dinkel

Die Produktionstechnik und der Anbau von Dinkel ähneln dem Weizen. Da Dinkel am häufigsten in ökologischen Betrieben angebaut wird, fallen die im Weizen aufgeführten Pflanzenschutzmittelanwendungen weg oder werden durch Anwendungen ersetzt, die nach Verordnung (EEC) Nr. 2992/91 Anhang II erlaubt sind. Auch die Düngemethoden verändern sich entsprechend.

Winterraps

a) Produktionstechnik

August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli
➔											
Pflug		Unkraut- bekämpfung					Düngung	Düngung			Ernte
Saatbettbereitung								PS			
Aussaat											
u.U. Walzen											
BBCH 0	BBCH 0-19	BBCH 19-39					BBCH 39-55	BBCH 55-65	BBCH 65-77	BBCH 77-89	BBCH 89-99

Eine tiefe Pflugfurche und eine tiefe Bodenbearbeitung sind notwendig. Wichtig ist eine feinkrümelige obere Schicht, da das Saatgut sehr flach mit einer Ablagetiefe von ca. 1-2 cm abgelegt wird.

b) Anbaubedingungen

Klima: Winterraps ist eine Pflanze des maritimen Bereichs. Die Anbauwürdigkeit des Winterrapses wird vor allem durch die Winterfestigkeit der Pflanze bestimmt, die etwa bei -15 bis -20°C liegt. Vor allem wenn bereits vor dem Winter das Schossen der Pflanzen beginnt sind die Pflanzen frostempfindlich.

Während des Vegetationsverlaufes sind kühle Sommertemperaturen wie zum Beispiel im Bereich küstennaher Gebiete (Norddeutschland) als günstig zu beurteilen.

Bodeneigenschaften: Vorausgesetzt sind tiefgründige Böden. Auf leichten Böden ist der Anbau nur bei höheren Niederschlägen und einer guten Niederschlagsverteilung möglich. Der pH-Wert sollte um die 6,5 liegen.

Vorfrucht: Frühe Räumung des Feldes notwendig (Aussaat bereits um den 20. August). Geeignet sind Frühkartoffeln, Trockenspeiseerbsen, Getreide-Leguminosen-Gemenge, Luzerne, Klee, Klee-grasgemenge und Stilllegungsflächen.

Vernalisationsbedürfnis: Temperaturen um die 2°C für etwa 40 Tage

Pflanzenhöhe: Bis zu 1,6m.

Nährstoffbedarf:

Stickstoff - In der Regel reichen 2 Teilgaben im Frühjahr aus. Insgesamt ca. 180-240 kg N/ha. Bei Ertragserwartungen über 40dt/ha drei Teilgaben, wobei eine einzelne Gabe nicht 140 kg N/ha überschreiten sollte.

Phosphor - ca. 90 kg P₂O₅/ha

Kalium - ca. 210 kg K₂O/ha

Magnesium - 0,8 kg MgO/dt Erntegut, bei 35 dt Ertrag wären dies 28 kg MgO/ha

Schwefel - 1,7-2,0 kg S/dt Erntegut, bei 35 dt Ertrag wären dies 70 kg S/ha

Wintergerste

a) Produktionstechnik

August	September	Oktober	Nov.	Dez.	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli
Pflug	Aussaat	u.U. Blattdüngung					Düngung	Düngung	u.U. PS		Ernte
Saatbettbereitung	u.U. Walzen Düngung	Wachstumsregulator CCC					Unkrautbekämpfung				Stoppelbearbeitung
BBCH 0	BBCH 0-11	BBCH 12-21	BBCH 21-27	BBCH 27	BBCH 27	BBCH 27-30	BBCH 27-30	BBCH 30-50	BBCH 50-75	BBCH 75-99	BBCH 99

b) Anbaubedingungen

Klima: Die Klimaansprüche sind ähnlich wie bei Winterweizen. Allerdings hat die Gerste nur eine relativ geringe Winterfestigkeit (-15°C Grenzwert). In Gebieten mit lang anhaltenden hohen Schneelagen kommt es unter dem Schnee leicht zum Krankheitsbefall, da die Wintergerste eine starke vegetative Herbstentwicklung hat.

Bodeneigenschaften: Gerste ist gegen niedrige pH-Werte empfindlich. Unter einem pH-Wert von 4,5 kommt es meist zu Säureschäden. Der optimale pH-Wert liegt bei 6.

Vorfrucht: Bei Wintergerste sind nur Vorfrüchte geeignet, die früh abgeerntet werden (Aussaat spätestens Ende September). Ungeeignet sind daher Körnermais und Zuckerrüben. Geeignet sind ansonsten alle Getreidearten außer Hafer. Am häufigsten nach Winterweizen.

Vernalisationsbedürfnis: Zur Vernalisation sind mindestens 40 Tage unter 10°C erforderlich.

Pflanzenhöhe: Zwischen 120-160 cm.

Temperatur: Wintergerste ist die frostempfindlichste Wintergetreideart. Durch das kontinuierliche Absenken der Temperaturen während mehrerer Nächte bis zum Gefrierpunkt wird die Wintergerste bis minus 10-12°C abgehärtet.

Nährstoffbedarf:

Stickstoff - ca. 130 kg N/ha, meist drei Teilgaben:

1. zur Jugendentwicklung
2. zur Blüten-(Korn)anlage (EC 28-32)
3. zur Kornausbildung (EC 40-55)

Phosphat - 80 kg P₂O₅ N/ha

Kalium - 150 kg K₂O N/ha

Bei nicht ausreichend versorgten Standorten wird schon im Herbst eine Phosphat - und Kaliumdüngung benötigt.

Wintergerste reagiert stark auf Mangan- und Kupfermangel. Dies wird durch Trockenheit und lockeren Boden verstärkt. Unter Umständen ist bereits im Herbst eine Blattdüngung mit Spurenelementen (z.B. Mangansulfat, Kupferoxichlorid, Chelaten) angebracht.

Sommergerste

a) Produktionstechnik

Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August
▶						
u.U. Kalkung	Aussaat	Unkrautbekämpfung	PS			Ernte
Bodenbearbeitung	Düngung	PS				
	BBCH 0-13	BBCH 13-32	BBCH 32-60	BBCH 60-69	BBCH 69-88	BBCH 88-99

Sommergerste wird häufig als Braugerste verwendet. Deshalb sollte hier verhalten gedüngt werden. Vor allem Spätdüngungen führen zu einem bei Braugerste unerwünschten Anstieg des Proteingehaltes. Eine zweite Düngergabe wird jedoch manchmal gegeben.

b) Anbaubedingungen

Klima: Bevorzugt wird die Sommergerste in Mittelgebirgslagen angebaut, da sie auch in ungünstigeren Lagen mit angespanntem Wasserhaushalt und begrenzter Vegetationszeit noch ansprechende Erträge erzielt.

Bodeneigenschaften: Sommergerste kann auf allen Böden angebaut werden, die eine gute Durchwurzelung erlauben und eine sichere Nährstoffversorgung gewährleisten. Auf physikalischen Widerstand reagiert sie mit schlechter Wurzelbildung, daher ist sie für steife Böden ungeeignet und Bodenverdichtungen sollten vermieden werden. Optimale pH-Werte liegen im Bereich um 7. Ertragsdepressionen treten bereits auf, wenn die pH-Werte auf Lehm Böden unter 6,5 und auf Sandböden unter 6 fallen.

Vorfrucht: Sommergerste hat geringe Fruchtfolgeansprüche. Sie kann nach jeder Blatt- oder Getreideart angebaut werden, da sie aufgrund ihres Entwicklungsverlaufes durch die Fruchtfolgekrankheiten des Wintergetreides kaum mehr geschädigt wird. Auf Hafernematoden verseuchten Standorten sollte die Sommergerste nicht nach Hafer, Sommerweizen oder nach Sommergerste angebaut werden.

Pflanzenhöhe: Zwischen 60-90cm.

Vernalisationsbedürfnis: Nur geringer Vernalisationsanspruch.

Nährstoffbedarf:

Stickstoff - Ca. 80 kg N/ha aufgeteilt in drei Düngergaben.

1. zur Jugendentwicklung
2. zur Blüten-(Korn)anlage (EC 28-32)
3. zur Kornausbildung (EC 40-55); *nicht bei Braugerste, da sonst der Proteingehalt zu hoch wird.*

Phosphor - 50-60 kg P₂O₅/ha

Kalium - 120-140 kg K₂O/ha

Magnesium - 30-40 kg MgO/ha

Kartoffel

a) Produktionstechnik

Oktober	November	Dez	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September
▶											
Stoppelbearbeitung	u.U. Damm- vorformung				Bodenbearbeitung	Düngung	PS	PS	PS	PS	Ernte
Pflug		Kartoffeln legen	Unkrautbekämpfung u.U. mehrmalig								
u.U. Bodenbearbeitung			Häufeln								
u.U. Entsteinung											
					BBCH 0	BBCH 0-19	BBCH 19-59	BBCH 59-79	BBCH 79-89	BBCH 89-97	BBCH 97- 99

Wenn der Boden steinig ist muss er entsteint werden. Dies hat zwei Gründe: Zum einen ist die mechanische Ernte erschwert, zum anderen können Steine die Knollen schädigen.

Besonders auf schweren Böden werden die Dämme bereits im Herbst vorgeformt und zum Pflanzzeitpunkt die Kartoffeln direkt in die Dämme eingelegt. Das Vorformen hat den Vorteil, dass die Frostgare zu verbessertem Bodengefüge in den Dämmen führt.

Je nach Standort wird im März oder erst im April gesetzt. Dies liegt an der Frostempfindlichkeit der Kartoffel. Nach dem Setzen werden die Dämme abgeflacht um den Boden schneller zu erwärmen.

Die Unkrautbekämpfung muss bis zum Schließen des Bestandes wiederholt werden - oft mechanisch durch Hacken, oder auch chemisch.

Wenn die Pflanzen eine gewisse Größe erreicht haben, werden die Dämme wieder angehäufelt.

Der Bestand muss bis zur Ernte kontrolliert und Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt werden, vor allem wegen des Kartoffelkäfers, unter Umständen mehrmals im Monat.

Je nach Sorte (früh, mittelfrüh, mittelspät, spät) und Standort (Pflanzzeitpunkt) findet die Ernte vor oder nach September statt.

b) Anbaubedingungen

Klima: Bevorzugt kühl-gemäßigtes Klima mit geringer Spätfrostgefahr.

Bodeneigenschaften: Sandig-lehmige Böden, locker, steinfrei, gute Wasserversorgung. Die Ansprüche an den pH-Wert sind wenig spezifisch, er sollte zwischen 4,5 und 7,5 liegen.

BBCH 0	BBCH 0-9	BBCH 10-12	BBCH 12-19	BBCH 31-39	BBCH 31-39	BBCH 49			

Bei Zuckerrüben ist es wichtig, dass auf dem Feld keine Bodenverdichtungen herrschen, da ansonsten schlechter und ungleicher Rübenwuchs auftreten kann.

Die Düngung wird oft in zwei Teilgaben aufgeteilt. Die erste zur Jugendentwicklung und die zweite bis zum 4-Blatt-Stadium (BBCH 14).

Die Zuckerrübenkampagne beginnt Mitte September, das heißt zu diesem Zeitraum werden die ersten Zuckerrübenfelder geerntet, obwohl der Höchstertag noch nicht erreicht ist. Die Ernte zieht sich bis Mitte Dezember hin. Die meisten Zuckerrüben werden bis zum Abtransport in die Fabrik auf dem Feld in Mieten zwischengelagert und später mit der Verlademaus auf LKWs geladen.

b) Anbaubedingungen

Klima: Bevorzugt gemäßigttes Klima ohne Nachtfröste während der Vegetation und mindestens 500 mm Niederschlag pro Jahr.

Bodeneigenschaften: Gute Böden (tiefgründig, keine Staunässe und keine extremen Tonböden). Gute Wasserversorgung, keine erosionsgefährdeten Lagen, keine Bodenverdichtung und kein Rhizomania Befall. Ein günstiger pH-Bereich liegt zwischen 5,5 und 6,5.

Vorfrucht: Geeignet sind Kartoffel, Luzerne, Klee, Gerste, Hafer, Roggen. Ungeeignet sind Zuckerrüben, Raps und Mais.

Pflanzenhöhe: Bis 60cm.

Keimtemperatur: Das Temperaturminimum für die Keimung ist 6-8°C.

Nährstoffbedarf:

Stickstoff - ca. 100-160 kg N/ha (je nach Entzug), die N- Düngung wird in zwei Gaben aufgeteilt:

1. Gabe zur Saat (nicht mehr als 100 kg N/ha)
2. Gabe bis zum 4-Blattstadium (späte Aufnahme von Stickstoff führt zu einer Verminderung der inneren Qualität).

Phosphat- ca. 50-80 kg P₂O₅/ha (vor allem im Jugendstadium gute Versorgung wichtig)

Kalium - ca. 150 kg K₂O/ha

Bor - Mangel an Bor kann zu Herz- und Trockenfäule führen

Mangan - Manganmangel kommt vor allem auf Sandböden, anmoorigen oder alkalischen Böden vor. In Trockenjahren ist die Gefahr erhöht. Zur Vermeidung eventueller Schäden sollten manganhaltige Handelsdünger verwendet werden.

Körnermais

a) Produktionstechnik

April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
➔						
Saatbettbereitung	Unkrautbekämpfung					Ernte
Aussaat						Mulchen der Stoppel
Düngung						Pflug
BBCH 0-13	BBCH 15-32	BBCH 32-60	BBCH 60-69	BBCH 70-80	BBCH 80-99	BBCH 99

Die Saatbettbereitung erfolgt meist mit der Kreiselegge. Bei der Aussaat wird meist ein Unterfußdünger mitgegeben (meistens Diammonphosphat). Bei der Düngung kommt meist ein Dünger mit Nitrifikationshemmstoff zum Einsatz. Der Nitrifikationshemmer sorgt dafür, dass der im Dünger enthaltene Ammonium-Stickstoff für eine gewisse Zeit nicht von Bodenbakterien umgewandelt wird. Durch Verhindern des Nitrifikations-Prozesses steht der Stickstoff der Pflanze im Wurzelbereich länger zur Aufnahme zur Verfügung.

Nach der Ernte werden die Stoppeln meist gemulcht. Dies soll zum einen die Stoppel zerkleinern und zum anderen bekämpft man so die Larven des Maiszünslers, der in den Stoppeln überdauert. Diese sind vor allem ein Problem, wenn Mais auf Mais angebaut wird.

b) Anbaubedingungen

Klima: Bevorzugt mildes, warmes Klima (Keimung 8°C).

Bodeneigenschaften: Die Ansprüche der Maispflanzen an den Boden sind gering. PH-Werte unter 5,6 können jedoch zu Ertragsrückgang führen.

Vorfrucht: Als Vorfrucht geeignet sind Mais (selbstverträglich), Leguminosen und Wintergetreide. Weniger geeignet ist Mais bei hohem Krankheitsdruck.

Pflanzenhöhe: Bestimmte Silomaissorten wachsen über 4 m hoch. Körnermais wird etwa 2 - 3 m groß.

Keimtemperatur: Für die Keimung sind Bodentemperaturen von 8°C notwendig.

Nährstoffbedarf:

Stickstoff - 160-280 kg N/ha (je nach Ertragsleistung)

Phosphat - 70-120 kg P₂O₅/ha(abhängig vom Bodenvorrat)

Kalium - 170-320 kg K₂O/ha

Spurenelementzusätze werden in Mangelsituationen verabreicht.

Mais nimmt 15 Tage vor und bis 30 Tage nach Rispenstadien 70-75% aller mineralischen Nährstoffe auf.

Silomais: Siehe Körnermais. Silomais wird im Vergleich zu Körnermais eher geerntet (BBCH 85). Er ist bei der Ernte noch grün und hat 30 % Trockensubstanz.

Ackerbohnen

a) Produktionstechnik

Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August
▶						
Bodenbearbeitung	Unkrautbekämpfung	Unkrautbekämpfung	PS	PS		Ernte
Aussaat	PS	PS				Stoppel- bearbeitung
u.U. Walzen						
Düngung						
BBCH 0-9	BBCH11-15	BBCH 21-29	BBCH 53-57	BBCH 62-68	BBCH 72-82	BBCH 82-88

Die Ackerbohne hat einen hohen Wasserbedarf zu Blühbeginn (BBCH 60), also im Juni. Daher ist zu diesem Zeitpunkt oft eine Bewässerung sinnvoll und notwendig. Zum Zeitpunkt der Ernte Mitte August (BBCH 88) ist die physiologische Reife noch nicht in allen Hülsen erreicht.

b) Anbaubedingungen

Klima: Bevorzugt gemäßigtes Klima, kühl und feucht.

Bodeneigenschaften: Der Anbau von Ackerbohnen ist erst ab Ackerzahlen über 50 empfehlenswert. Sie bevorzugt tiefgründige Böden mit hohem Wasserspeichervermögen. Schwere, tonige und kalte Böden sind ungeeignet. Der optimale pH-Wert liegt zwischen 6,5 und 7.

Vorfrucht: Geeignet: Getreide und Mais. Ungeeignet: Ackerbohne und sonstige Leguminosen, Hafer.

Nährstoffbedarf:

Stickstoff - Die Ackerbohnen sind in der Lage ihren N-Bedarf von 300-400 kg/ha über die Knöllchenbakterien abzudecken.

Phosphor - ca. 70 kg P₂O₅/ha (etwa 1,5 kg/dt Erntegut)

Kalium - ca. 150 kg K₂O/ha (etwa 4 kg/dt Erntegut)

Körnererbsen

a) Produktionstechnik

März	April	Mai	Juni	Juli	August
➔					
Bodenbearbeitung	Unkrautbekämpfung			Ernte	Stoppelbearbeitung
Aussaat	Sonstige PS-Maßnahmen				
u.U. Walzen					
Düngung					
BBCH 0-9	BBCH 0-35	BBCH 51	BBCH 89	BBCH 99	

Die Herbstfurche ist mit 25 - 32 cm mitteltief bis tief.

Die Aussaat erfolgt Mitte März bis Anfang April. Je früher desto besser, da der Saatzeitpunkt unter normalen Wachstumsbedingungen starken Einfluss auf den Ertrag hat. Die Aussaat sollte in ein trockenes, gut gelockertes Saatbett erfolgen.

b) Anbaubedingungen

Klima: Bevorzugt mildes, maritimes Klima.

Bodeneigenschaften: Mittelschwere bis leichtere, tiefgründige Böden. Ausreichender Kalk- und Humusgehalt und gute Wasserversorgung. Der pH-Wert sollte zwischen 6,5 und 7,0 liegen.

Vorfrucht: Geeignet sind Getreide, Winterraps, Mais, Zuckerrüben, Kartoffeln. Ungeeignet sind Körnererbsen, andere Leguminosen und Lein.

Keimtemperatur: Die minimale Keimtemperatur beträgt 4°C.

Nährstoffbedarf:

Stickstoffdüngung - ca. 10-15 kg N/ha (nur als Startdüngung)

Phosphat - 35 kg P₂O₅/ha

Kalium - 100-160 kg K₂O/ha

Sonderkulturen

Sonderkulturen (Obst und Gemüse) werden grundsätzlich sehr intensiv und überwiegend in Gunstlagen mit überdurchschnittlich hohem Pachtpreisniveau betrieben. Viele Sonderkulturen sind zudem auf den Einsatz von Beregnungsanlagen angewiesen.

Grünland/Weidenutzung (Beispiel Klee)

Klima: An die Klimaverhältnisse stellen die verschiedenen Kleearten geringe spezifische Ansprüche. Jedoch haben Kleearten bei hoher Trockenmasseproduktion einen hohen Wasserverbrauch und sind daher für kühl-feuchte Gebiete gut geeignet. Für den Rotkleeanbau gilt eine Niederschlagshöhe von 600-650 mm als untere Grenze.

Bodeneigenschaften: Rotklee sollte nicht auf leichten Sandböden, sowie sauren Böden angebaut werden. Schwedenklee findet noch dort gute Wachstumsbedingungen, wo der Rotkleeanbau unsicher ist.

Weißklee sollte nicht auf trockenen, sauren, staunassen, extrem schweren und staunassen Böden angebaut werden.

Alexandrinerklee benötigt Wärme und ausreichend Wasser.

Perserklee ist weniger empfindlich und anpassungsfähiger.

Der pH-Wert sollte bei Kleearten zwischen 6 und 6,7 liegen.

Vorfrucht: Kleearten können vor und nach allen Fruchtarten angebaut werden, mit Ausnahme von sich selbst. Beim Rotkleeanbau sind Anbaupausen von 5-8 Jahren angebracht.

Nährstoffbedarf: Die Düngungsmaßnahmen im reinen Kleeanbau beschränken sich auf eine optimale Einstellung des pH-Wertes durch entsprechende Kalkungen. Die Deckung des Stickstoffbedarfes erfolgt aus der Symbiose mit den Knöllchenbakterien. Für Phosphat und Kalidüngung sind neben den Entzugswerten auch die Bodenversorgung entscheidend. Hierfür sind Bodenproben erforderlich.

2.4 Die Verteilung der Arbeitsspitzen in der landwirtschaftlichen Produktion

S. Weissenburger, A. Chalmin

Für die in Abschnitt 2.3 behandelten Kulturen ist hier die Verteilung der anfallenden Arbeiten in tabellarischer Form dargestellt.

BB = Bodenbearbeitung, Unkraut = Unkrautbekämpfung, PS = Pflanzenschutz, D = Düngung, u.U. = unter Umständen

Kultur	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Ackerbohne		BB	Unkraut	Unkraut	PS	PS		Ernte				
		Aussaat	PS	PS				Stoppelbearbeitung				
		u.U. Walzen										
		D										
		BBCH 0-9	BBCH 11-15	BBCH 21-29	BBCH 53-57	BBCH 62-68	BBCH 72-82	BBCH 82-88				
Kartoffel			BB	D	PS	PS	PS	PS	Ernte	Stoppelbearbeitung	u.U. Dammvorformung	
			Kartoffeln legen	U						Pflug		
				u.U. mehrmalig Häufeln						u.U. BB o. Entsteinung		
			BBCH 0	BBCH 0-19	BBCH 19-59	BBCH 59-79	BBCH 79-89	BBCH 89-97	BBCH 97-99			

Kultur	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Körner- erbse			BB	U			Ernte	Stoppel- bearbeitung				
			Aussaat	Sonstiger PS								
			u.U. Walzen									
			D									
Körner- mais/ Silo- mais				Saatbeet- bereitung	Unkraut				Ernte BCCH 85 - Silomais	Ernte Körnermais		
				Aussaat						Mulchen der Stoppel		
				D						Pflug		
				BBCH 0-13	BBCH 15-32	BBCH 32-60	BBCH 60-69	BBCH 70-80	BBCH 80-99	BBCH 99		
Winter- gerste			D	D	u.U. PS		Ernte	Pflug	Aussaat	u.U. Blatt- düngung		
			Unkraut				Stoppel- bearbeitung	Saatbeet- bereitung	u.U. Walzen	Wachstums- regulator		
									D	CCC		
	BBC H 27	BBCH 27- 30	BBCH 27-30	BBCH 30-50	BBCH 50-75	BBCH 75-99	BBCH 99	BBCH 0	BBCH 0-11	BBCH 12-21	BBCH 21- 27	BBC H 27
Sommer- gerste		u.U. Kalkung	Aussaat	Unkraut	PS			Ernte				
		BB	D	PS								
			BBCH 0-13	BBCH 13-32	BBCH 32-60	BBCH 60-69	BBCH 69-88	BBCH 88-89				

Kultur	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Winterweizen, Dinkel			D	D	D	D		Ernte	Stoppelbearbeitung	Pflug		
			PS (Unkraut)	u.U. PS (Pilze)	u.U. PS (Pilze)					Saatbeetbereitung		
			Wachstumsregulator CCC							Aussaat/ u.U. Walzen		
	BBCH 22-24	BBCH 24-27	BBCH 27-30	BBCH 30-37	BBCH 37-50	BBCH 50-72	BBCH 73-87	BBCH 87-99		BBCH 0	BBCH 10-12	BBCH 21
Winterrap							Ernte	Pflug		PS		
				PS				Saatbeetbereitung		Unkraut		
				PS				Aussaat		Unkraut		
								u.U. Walzen				
			BBCH 39-55	BBCH 55-65	BBCH 65-77	BBCH 77-89	BBCH 89-99	BBCH 0	BBCH 0-19	BBCH 19-39		
Zuckerrübe			Saatbettbereitung	D	D	u.U. PS	u.U. PS		Ernte	Ernte	Ernte	Ernte
			Aussaat	Unkraut -	Unkraut							
			u.U. Walzen									
			BBCH 0	BBCH 0-9	BBCH 10-12	BBCH 12-19	BBCH 31-39	BBCH 31-39	BBCH 49			

2.5 Datengrundlage für die Auswertung der Interaktionen in Agroforstsystemen

2.5.1 Mögliche Datenquellen

Da die Produktionstechnik für moderne Agroforstsysteme in Deutschland noch weitestgehend unerforscht ist, muss überlegt werden, aus welchen Quellen die benötigten Informationen zu Wechselwirkungen zwischen Bäumen und landwirtschaftlichen Kulturen beschafft werden können. Die Erfahrungen mit modernen silvoarablen Systemen in Deutschland beschränken sich auf den streifenweisen Anbau von Kurzumtrieb zur Energieholzproduktion und einige wenige jüngere silvoarable und silvopastorale Agroforstsysteme mit Werthölzern.

Dagegen liegen zur Anlage und Bewirtschaftung traditioneller Agroforstsysteme (s. Abschnitt A1-1.2) wesentlich umfangreichere Kenntnisse und Erfahrungen vor.

Für andere Bereiche der Erde, etwa für die Tropen und Subtropen, liegt hingegen umfangreiches Wissen zu modernen Agroforstsystemen vor.

Innerhalb der gemäßigten Klimazone sind moderne Agroforstsysteme vor allem in den USA und Kanada, in Neuseeland und Australien, in Teilen Chinas und teilweise auch in Europa verbreitet. Von diesen Ländern sind die USA und Kanada in der Forschung an modernen Agroforstsystemen am längsten aktiv. Von Bedeutung sind in Nordamerika vor allem silvopastorale Systeme auf Waldflächen mit Koniferen oder Laubbäumen, wie *Juglans nigra*, *Picea abies*, *Quercus rubra* (USA) oder *Acer spp.* (Kanada). Die Bäume werden häufig in Abständen von 8,5 m x 2,5 m gepflanzt und zwischen den Bäumen werden Futtergräser ausgesät. Die Fläche wird beweidet, solange die Lichtbedingungen es zulassen. In den ersten drei bis vier Jahren wird häufig nur Heu produziert, um Weideschäden an den Bäumen zu vermeiden. Als Weidetiere werden vor allem Rinder, aber auch Schafe, Ziegen und Pferde genutzt.

Waldböden werden in den USA auch ackerbaulich genutzt; zum Beispiel ist der Anbau von Ginseng erfolgreich. Auch der Anbau von Pilzen wie Shiitake und Morcheln hat sich bewährt. An weiteren Möglichkeiten für silvoarable Systeme auf Waldflächen wird in den USA geforscht.

Silvoarable Agroforstsysteme sind in Nordamerika auch, aber weniger weit verbreitet als silvopastorale Systeme. Die Kombination von *Juglans nigra* mit Getreide oder Mais ist ein häufiger vorkommendes silvoarables System. Eine weitere gängige Anwendung von Agroforstsystemen in den USA ist der Einsatz von Windschutzhecken zur Ertragssteigerung auf großen, ungeschützten Schlägen.

Silvopastorale Agroforstsysteme auf Waldflächen sind in Neuseeland und Australien ebenfalls verbreitet und werden mit Schafen oder Rindern beweidet. Silvoarable Systeme haben, genauso wie in Nordamerika, eine geringere Bedeutung.

In Chinas Gebieten der gemäßigten Zone sind moderne silvoarable Agroforstsysteme stärker verbreitet als silvopastorale Systeme. Untersuchungsergebnisse von den dort angelegten Flächen sind interessant, da sie den im Rahmen des Projektes *agrorforst* untersuchten Anbausystemen hinsichtlich der gewählten Baumabstände und der verwendeten Ackerkulturen ähneln. In China werden Agroforstsysteme u.a. hinsichtlich der Veränderungen des Mikroklimas und der Lichtverhältnisse analysiert.

Innerhalb Europas sind Großbritannien und Frankreich in der Forschung zu modernen Agroforstsystemen am stärksten involviert. In Frankreich werden zum Beispiel silvoarable

Systeme mit *Prunus avium* und Wintergetreide oder Raps und *Juglans spp.* mit Mais oder Soja geprüft. Die Baumreihenabstände betragen 12 m-50 m. Der Schwerpunkt der französischen Forschung lag bisher auf kleineren Baumreihenabständen. Untersucht wurden beispielsweise die Entwicklung der landwirtschaftlichen Erträge, die Wechselwirkungen in Agroforstsystemen und das Wachstum der Bäume.



Abb. A 2.3: Silvoarable Kombination aus Pappeln und Weizen in Frankreich (T. Reeg)

In Großbritannien wird an silvopastoralen Systemen mit hoher Baumdichte (z.B. 6 m x 1,8 m) geforscht. Es handelt sich um forstliche Flächen oder Weiden, die mit Schafen und Rindern beweidet werden. Neben den Interaktionen interessiert sich die britische Forschung vor allem für die Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Umwelt. Silvoarable Systeme sind weniger häufig verbreitet als silvopastorale. Die Bäume werden mit Getreide- oder Gemüseanbau kombiniert.

Auch in Spanien und Italien sind moderne Agroforstsysteme Gegenstand der Forschung. In beiden Ländern haben vor allem silvopastorale Agroforstsysteme mit Bäumen wie *Pinus pinea* und *Quercus ilex* Bedeutung. Die Forschung beschäftigt sich zum Beispiel mit Fragen zur Lichtdurchlässigkeit von Baumkronen oder zu Qualitätsveränderungen von Futtergräsern durch Schatten.

2.5.2 Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse zu modernen Agroforstsystemen auf deutsche Verhältnisse

Bäume der traditionellen deutschen Agroforstsysteme ähneln den Bäumen der modernen Systeme nur geringfügig. Außerdem unterscheiden sich die Produktionsziele der modernen und traditionellen Systeme. Der zu traditionellen Systemen verfügbare Erfahrungsschatz liefert deshalb nur bedingt Hinweise für die Anlage und Bewirtschaftung moderner Agroforstsysteme:

Auch wenn in Deutschland im Laufe des Projektes *agroforst* einige Neuanlagen moderner Agroforstsysteme entstanden sind, können diese ebenfalls nur begrenzt ausgewertet werden. Zur Anlage und zur Etablierung von Agroforstsystemen können sie zwar Daten bereitstellen, jedoch sind sie zu jung, um beispielsweise umfangreiche Aussagen über die sich verändernden Lichtverhältnisse in älteren Agroforstsystemen liefern zu können. Außerdem konnten der Erfolg der gewählten Pflanztechnik, die Pflanzabstände, die Baumarten und andere Faktoren noch nicht über einen längeren Zeitraum hinweg beobachtet und bewertet werden.

Die Erfahrungen mit Agroforstsystemen aus den Tropen und Subtropen sind hinsichtlich älterer Agroforstsysteme am umfangreichsten. Die Klima- und Anbaubedingungen und die verwendeten Pflanzen unterscheiden sich jedoch zu stark von den Verhältnissen in Deutschland. Eine Übertragung von Ergebnissen aus diesen Länderbereichen ist deshalb ungeeignet, einige theoretische Ansätze, z.B. aus dem Bereich der ökonomischen Bewertung von Agroforstsystemen, ausgenommen.

In der gemäßigten Zone liegen vor allem umfangreiche Erfahrungen mit silvopastoralen Systemen in Wäldern vor. Silvopastorale Systeme auf Waldflächen haben in Deutschland zum jetzigen Zeitpunkt kaum Relevanz. Die Erfahrungen mit solchen Systemen können trotzdem wertvolle Informationen liefern, zum Beispiel zum Weidemanagement, zu geeigneten Baumschutzmethoden und zur Schattentoleranz von Futtergräsern. Da ähnliche Futterpflanzen und Tierarten wie in Deutschland von Bedeutung sind, werden die Angaben als übertragbar bewertet.

Zu silvoarablen Systemen der gemäßigten Zone sind vor allem in den USA, Frankreich, Großbritannien und China Erfahrungen gesammelt worden. Allerdings haben die Anlagen eine höhere Baumdichte, als in Deutschland grundsätzlich vorstellbar. Daher können die Ergebnisse aus diesen Ländern trotz der in Deutschland grundsätzlich denkbaren Kombinationen von Baumarten und Ackerkulturen ebenfalls nicht vollständig übertragen werden.

2.6. Wechselwirkungen in modernen Agroforstsystemen

Wechselwirkungen (Interaktionen) zwischen Bäumen und landwirtschaftlichen Kulturen sind ein Charaktermerkmal von Agroforstsystemen. Interaktionen treten auf, da sich die Pflanzen auf derselben Fläche die Ressourcen für das Wachstum, nämlich Wasser, Nährstoffe und Licht, teilen. Interaktionen können aber auch andere Ursachen haben. Mit Hilfe der Erfahrungen, die in anderen Ländern der gemäßigten Zone gesammelt wurden, soll in den folgenden Abschnitten dargestellt werden, welche möglichen positiven und negativen Interaktionen in modernen Agroforstsystemen auftreten können. Die Auswertung ist eine wichtige Grundlage, um bei der Anlage und Bewirtschaftung von Agroforstsystemen positive Interaktionen fördern und negative verringern zu können.

Wechselwirkungen zwischen Pflanzen auf einer Ackerfläche kommen nicht nur in Mischkulturen vor. Es ist zum Beispiel bekannt, dass bei einer rein ackerbaulichen Nutzung die Vorfrucht auf den Ertrag der folgenden Ackerkultur Auswirkungen haben kann. Diese Form einer Interaktion wird in der Regel beim Festlegen der Fruchtfolge berücksichtigt. Die Interaktionsfläche von Agroforstsystemen ist im Vergleich zu einer rein ackerbaulichen

Flächennutzung wesentlich komplexer, da sich die Kulturen gleichzeitig und nicht nacheinander auf einer Fläche befinden¹.

Silvoarable Systeme bestehen aus den Komponenten "Baum" und "Ackerkultur". Die Bäume oder Baumreihen beeinflussen die Ackerkulturen und umgekehrt. In silvopastoralen Systemen sind Wechselwirkungen zwischen Bäumen und Grünland möglich. In diesen Systemen müssen außerdem die Interaktionen zwischen den Weidetieren und den Bäumen berücksichtigt werden. Die möglichen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Komponenten in silvoarablen und silvopastoralen Agroforstsystemen werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt. Ein weiterer Abschnitt geht auf die möglichen Auswirkungen der Bäume auf landwirtschaftliche Böden ein.

2.6.1 Wirkungen von Bäumen auf landwirtschaftliche Kulturen

Sind Nährstoffe und Wasser in ausreichender Menge vorhanden, kann die Verfügbarkeit von Licht zum limitierenden Wachstumsfaktor werden. Mit zunehmender Entfernung von der Baumreihe nimmt der Einfluss der Bäume auf den Faktor Licht ab.

Eine direkte Wirkung der Bäume auf landwirtschaftliche Kulturen ist der **Schattenwurf der Baumkrone**. Die Schattenwirkung ist in den ersten Jahren, wenn die Bäume geastet werden, sehr gering. Mit dem Wachstum der Bäume nimmt die Beschattung zu.



Abb. A 2.4: Geastete Kirsche, 12-15 Jahre alt (A. Chalmin)

Wie stark die Abschwächung der Lichtintensität durch die Baumkronen ist, hängt von der Belaubungsdichte der Kronen und der Blattstellung ab. Zwischen Pflanzen mit schmalen aufrechten Blättern, zum Beispiel Getreide, verteilt sich die Strahlung im Bestand recht gleichmäßig. In Beständen mit großen und waagerechten Blättern kommt dagegen weniger Licht am Boden an. Ein Beispiel ist in Abb. A 2.5 dargestellt.

¹ Eine Ausnahme bilden temporale Agroforstsysteme (siehe A1-1.1)

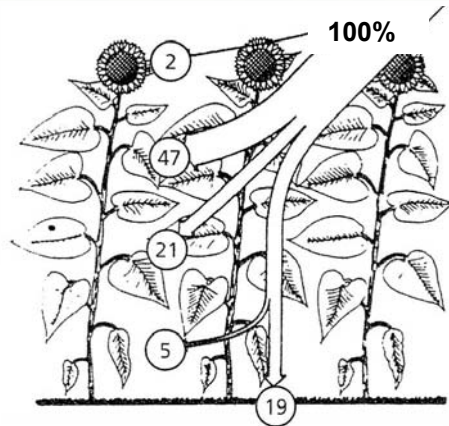


Abb. A 2.5: Lichteinfall in Pflanzenbeständen mit großen und waagerechten Blättern. Quelle: Larcher, W. 2001: Ökophysiologie der Pflanzen (verändert).

Zur Lichtverfügbarkeit unter Bäumen gibt es für hiesige Bedingungen nur Ergebnisse aus Wäldern. Zum Beispiel gelangen in lichterem Laubwäldern der gemäßigten Zone zwischen 20 und 50 % der Strahlungsmenge unter die Bäume. Im laublosen Zustand sind es 50-70 %. In Nadelwäldern ist die Lichtverfügbarkeit geringer (s. Abb. A 2.6).

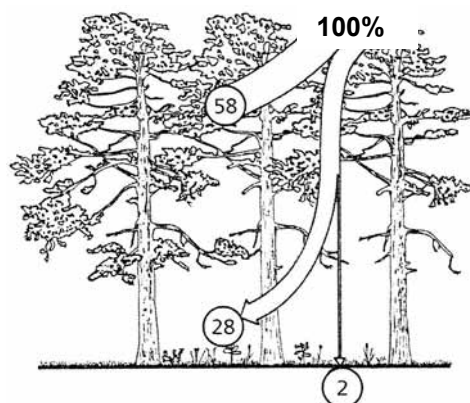


Abb. A 2.6: Lichtverfügbarkeit in einem Nadelwald der gemäßigten Zone. Quelle: Larcher, W. 2001: Ökophysiologie der Pflanzen (verändert).

Je höher die Sonne steht, desto geringer ist die Lichtdurchlässigkeit der Baumkronen. Das kann man u.a. daran beobachten, dass die Schatten unter Bäumen um die Mittagszeit sehr dunkel sind. Wenn sich zwei Kronenschatten überlagern, erscheint der Schatten noch dunkler und die Lichtmenge für die Pflanzen unterhalb der Krone ist zusätzlich verringert. Man kann auch beobachten, dass der Schatten unter geasteten Bäumen heller ist als unter ungeasteten Bäumen. Es gilt: Je größer der Abstand der Krone zum Boden ist, umso mehr nimmt der Einfluss der diffusen Strahlung auf die Lichtintensität am Boden zu. Unter geasteten Bäumen herrschen deshalb bessere Lichtverhältnisse als unter ungeasteten. Durch Beschattung ändert sich nicht nur die Lichtmenge, sondern auch die Lichtqualität².

² Baumkronen absorbieren vor allem „rote“ Wellenlängen.

In Abhängigkeit von der Pflanzenart und von der Intensität der Beschattung verändern sich bei landwirtschaftlichen Kulturen durch die Schattenwirkung Erträge und Qualitäten. Ergebnisse zu Futtergräsern und Weidegräsern aus den USA zeigen, dass sich die Beschattung auf den Ertrag und die Futterqualität sowohl negativ als auch positiv auswirken kann. Einige Futtergräser reagieren auch bei einer Beschattung von 50 % mit größerer Biomasseproduktion und besserer Futterqualität. Das hängt damit zusammen, dass diese Gräser diffuses Licht effektiver verwerten können als direkte Sonnenstrahlung. Andere Gräser reagieren auf die geringeren Schwankungen der Temperaturen und der Strahlungsintensität positiv. Beispielsweise zeigen Messungen in den USA, dass die Bodentemperatur an sonnigen Sommertagen im Schatten tagsüber um 1,5-2°C schwankt. Auf der unbeschatteten Kontrollfläche stieg die Bodentemperatur um 8-12 °C an. Beschattete landwirtschaftliche Kulturen sind also einerseits weniger Strahlung, andererseits aber auch weniger extremen Temperaturen und geringeren Schwankungen der Lichtintensität ausgesetzt, auf die sie reagieren müssen.

Die **Konkurrenz um Nährstoffe** kann ebenfalls zu abnehmenden Erträgen bei landwirtschaftlichen Kulturen führen. Allerdings werden Nährstoffe von Bäumen nicht nur verbraucht. Bäume können durch Blattfall und die regelmäßige Erneuerung ihrer Feinwurzeln Nährstoffe an den Boden zurückgeben. Außerdem erreichen sie mit ihren Wurzeln tiefere Bodenschichten und können dort Mineralstoffe entziehen. Bei vielen tiefwurzelnden Baumarten geht man davon aus, dass sie Wurzeltiefen zwischen 15 und 35 m erreichen können. In Minen und Höhlen³ wurden Baumwurzeln auch schon in 60 m Tiefe gefunden. Die in tieferen Bodenschichten aufgenommenen Nährstoffe werden für die landwirtschaftlichen Nutzpflanzen durch Blattfall und Wurzelumsatz (der Bäume) verfügbar.

Es wird vermutet, dass die meisten Bäume durch den Feinwurzelsatz mehr Nährstoffe an den Boden zurückgeben als durch den jährlichen Laubabwurf. Von Wäldern der gemäßigten Zone weiß man, dass zum Beispiel ein Kalkbuchenwald 80 - 90 % der in einem Jahr aufgenommenen Nährstoffe an den Boden zurückgibt⁴.

Feinwurzeln haben eine Lebensdauer von zwei Wochen bis zu einem Jahr. Dass der Feinwurzelsatz zwischen den Baumarten unterschiedlich ist, zeigen Untersuchungen aus den USA. Es ist z.B. bekannt, dass der Feinwurzelsatz von *Quercus rubra* signifikant größer ist als der Umsatz von *Juglans nigra*.

Der Nährstoffeintrag durch Blätter wurde in den USA ebenfalls untersucht. Bei Pappeln wurden bis zu einem Abstand von 2 m 50 kg Stickstoff/ha und Jahr festgestellt. Der Abstand der Bäume in der Baumreihe betrug dabei 2,5 m.

Sowohl der Effekt der "Zusatzdüngung" als auch die Nährstoffkonkurrenz nehmen mit zunehmendem Abstand von der Baumreihe ab.

In den Tropen und Subtropen ist die Eigenschaft der Stickstoffbindung aus der Luft bei den dort verwendeten Agroforstbäumen ein vielgenutzter Effekt. In der gemäßigten Klimazone ist diese Fähigkeit bei Robinien und Erlen bekannt, diese Bäume gehören aber nicht zu den in erster Linie gesuchten und verwendeten Werthölzern.

³ Bezieht sich auf die Tropen und Subtropen: (Noordwijk, M. van (2003): Below-ground interactions in tropical agroecosystems: concepts and models with multiple plant components. CABI, Wallingford.)

⁴ Die Untersuchung wurde für die Nährstoffe N, P, K, Ca und Mg durchgeführt (Larcher, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen. Ulmer Verlag.)

Auch **die Wachstumsressource Wasser** wird durch die Anwesenheit von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen beeinflusst. Wenn Bäume in großer Zahl gepflanzt werden, können sie dort, wo Wasser nicht in ausreichender Menge verfügbar ist, eine schon vorhandene Wasserknappheit verschärfen.

Die Niederschläge in direkter Baumnähe werden durch die Interzeption der Bäume verändert. Unterhalb einer Krone und in Kronennähe erreichen Niederschläge vor allem über den Stammabfluss und das Abtropfen am Kronenrand den Boden. Unter dem Kronendach kommt nur durch Lücken durchtropfendes Wasser an. Bevor von einer Krone größere Mengen an Wasser tropfen, muss diese erst gut benetzt sein. Dichte Baumkronen mit vielen kleinen Blättern halten dabei mehr Wasser zurück als lichte Kronen mit weniger und größeren Blättern. Der Abfluss am Stamm hängt vom Winkel der Äste und der Rinde ab. Je steiler die Äste und je glatter die Rinde desto ergiebiger ist der Stammabfluss.

In Laubwäldern gelangen im Sommer 70 bis 85 % des Niederschlages unter die Baumkronen. In Nadelwäldern sind die Interzeptionsverluste um 15 bis 25 % höher.

Jüngere Bäume konkurrieren mit landwirtschaftlichen Kulturen stärker um Wasser als ältere Bäume. Der Grund dafür ist, dass ältere Bäume mit ihrem besser entwickelten Wurzelsystem Zugriff auf die Wasserressourcen tieferer Bodenschichten haben.

In vielen Gebieten der gemäßigten Zone, auch in Deutschland, werden Baumstrukturen (vor allem Windschutzhecken) genutzt, um die Wasserverfügbarkeit auf landwirtschaftlichen Flächen zu erhöhen. Baumreihen und Hecken verringern die Windgeschwindigkeit und reduzieren dadurch die Evapotranspiration des Bodens. Im Wachstumsbereich der Gehölzstruktur ist dieser Effekt durch die direkte Konkurrenz zwischen den mehrjährigen Gehölzen und den landwirtschaftlichen Kulturen in der Regel nicht gegeben. Mit zunehmender Entfernung von der Gehölzreihe nimmt die Konkurrenz ab und die positiven Effekte des Windschutzes machen sich bemerkbar. Viele Kulturen reagieren auf die bessere Wasserversorgung im Vergleich zu Kontrollflächen ohne Windschutz mit Mehrerträgen. C3-Pflanzen reagieren stärker als C4-Pflanzen, da C4-Pflanzen auch bei stärkerem Wind mit geschlossenen Stomata Photosynthese betreiben können.

Eine weitere Auswirkung der Baumstreifen in Agrorforstsystemen ist eine verbesserte Aufnahme von Regenwasser. Das ist hauptsächlich durch die rauere Oberflächenstruktur und den ganzjährigen Bewuchs der Baumstreifen möglich (s. auch Abschnitt A2-2.6.5).

Baumelemente können also einerseits Trockenstress auf landwirtschaftlichen Flächen verringern, indem sie für geringere Wasserverluste und eine größere Infiltration sorgen. Andererseits können sie in Gebieten mit limitierten Wasservorkommen zusätzlichen Trockenstress hervorrufen. Damit haben Bäume in trockeneren Gebieten sehr gegensätzliche Effekte: Einerseits ist die Konkurrenz zwischen Bäumen und landwirtschaftlichen Kulturen um Wasser in solchen Regionen deutlicher/größer. Andererseits wirkt sich die Anwesenheit der Bäume positiv auf die Wasserbilanz aus.

Auf **die Windschutzwirkung von Bäumen** soll hier noch einmal genauer eingegangen werden. Ihr werden, neben der Beeinflussung des Wasserhaushalts, weitere positive oder negative Effekte zugeschrieben:

- Windschutz verringert die Blattbewegungen landwirtschaftlicher Kulturen und damit die Reibung der Blätter untereinander. Durch die Reibung kann die Kutikula der Blätter beschädigt werden, was Wasserverluste zur Folge hat. Außerdem können Krankheiten durch eine beschädigte Blattoberfläche schneller in die Pflanzen eindringen.
- Bei zu großer Dichte können Gehölzstrukturen Windstille bewirken. Bei Windstille trocknen die Pflanzenoberflächen langsamer ab und die Ausbreitung von Krankheiten wird begünstigt.
- Eine Verringerung der Windgeschwindigkeit bewirkt eine Temperaturveränderung in der Luft und an der Bodenoberfläche. Im Windschutzbereich sind Luft und Bodenoberfläche im Vergleich zu ungeschützten Zonen tagsüber etwas wärmer und nachts etwas kühler. Im Sommer sind die erhöhten Temperaturen unerwünscht; im zeitigen Frühjahr und im Herbst sind sie von Vorteil und können die Wachstumssaison verfrühen oder verlängern.
- Durch regelmäßige Gehölzstrukturen wird Schnee gleichmäßiger auf Ackerflächen verteilt und festgehalten. Dadurch stehen den Ackerkulturen im Frühjahr größere Wasservorräte zur Verfügung. In höheren Lagen kann das aber auch von Nachteil sein, da der Schnee länger liegen bleiben und Winterkulturen behindern kann. Der Schnee sollte auf landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen vor Beginn der Wachstumsphase abgetaut sein.
- Befinden sich in einer Hecke oder in einer Baumreihe einzelne größere Lücken, kann der Winddruck dort steigen und die Windgeschwindigkeit zunehmen. Diese sogenannten Winddüsen sind unerwünscht, da sich starker Wind negativ auf das Wachstum, Blühen und Fruchten von Kulturpflanzen auswirkt.
- Windschutz bewirkt, dass die landwirtschaftlichen Kulturen weniger starken Temperaturschwankungen unterliegen und damit weniger Energie für die Temperaturregelung verbrauchen müssen.
- Stürme können zu Astfall führen und die Äste die Bewirtschaftung von Ackerflächen behindern. Da es sich bei Bäumen in Agrorforstsystemen um juvenile Bäume handelt und die Bäume regelmäßig geastet werden, ist das Risiko für Probleme durch Astfall sehr gering.
- Windschutz bewirkt, dass Pflanzen im Keimlingsstadium nicht durch Freiwehen oder Zudecken beschädigt werden.

Eine weitere mögliche Wirkung von Bäumen auf die landwirtschaftlichen Kulturen sind **biochemische Interaktionen**. Einige Baumarten geben über ihre Wurzeln und Blätter Stoffe ab, die in ihrer direkten Umgebung das Wachstum anderer Pflanzen verlangsamen oder deren Keimung beeinträchtigen. Diesen Vorgang bezeichnet man als Allelopathie. Ein bekannter allelopathischer Wirkstoff ist das Juglon der Walnussfamilie. Juglon entsteht nach Hydrolyse und Oxidation durch Mikroorganismen aus einem Naphthalenderivat, das zum Beispiel von *Juglans regia* durch Blatt- und Wurzelexudate an den Boden abgegeben wird. Der Gehalt in der Pflanze schwankt im Jahresverlauf und wirkt nicht auf alle Pflanzen gleich. Eine hemmende Wirkung auf das Wachstum oder die Keimung zum Beispiel von Tomaten, Kartoffeln, Gerste, Mais und Rotklee ist bekannt. Andere Pflanzen wie Bohnen oder Roggen

zeigen dagegen keine Reaktion. Als weitere Beispiele für Gehölze mit allelopathischen Effekten sind etwa *Populus spp.* und *Sambucus nigra* bekannt.

Kombiniert man landwirtschaftliche Kulturen mit Gehölzen, verändert sich die **Artenvielfalt**. Durch Gehölzstrukturen wird eine Umgebung geschaffen, in der im Vergleich zu einer Monokultur mehrere Organismen Schutz und Nahrung finden. Zum Beispiel wurden bei einer Untersuchung in den USA in einem silvoarablen Agroforstsystem mit *Juglans nigra* und *Medicago sativa* doppelt so viele Insekten gefunden wie auf der Kontrollfläche⁵. Auch aus vielen anderen Untersuchungen ist bekannt, dass die Anzahl der Tiere mit der Anzahl der Pflanzenarten auf einer Fläche korreliert.

In der Regel wird von Mischkulturen behauptet, dass sich dort Krankheiten und Schädlinge weniger schnell ausbreiten und sie insgesamt weniger anfällig gegen Störungen sind. Eine Annahme dafür ist, dass Nützlinge in Mischkulturen in größerer Zahl als in Monokulturen angetroffen werden, da sie in Mischkulturen mehr Nahrung und mehr Schutz finden. Eine weitere Hypothese für den geringeren Krankheits- und Schädlingsdruck in Mischsystemen ist, dass einige Schädlinge in Mischkulturen größere Probleme haben, ihre Nahrungspflanzen zu finden. Ein Praxisbeispiel ist aus Portugal bekannt. Dort hat der Weinanbau in Kombination mit Bäumen und landwirtschaftlichen Kulturen eine lange Tradition. Durch neue Gesetze und Marktanforderungen wurden viele Anlagen auf Monokulturen umgestellt. Ein Vergleich mit dem traditionellen System ergab, dass in der Monokultur:

- die Anzahl der Nützlinge geringer,
- die Anzahl der Schädlinge größer und
- Botrytis weiter verbreitet ist.

Bei Bäumen kann es sich aber auch um **Überträger oder Wirte für landwirtschaftliche Problemkrankheiten oder -schädlinge** handeln. In der folgenden Tabelle werden einige bekannte Beispiele aufgeführt:

Baumart	Überträger / Wirt für
<i>Prunus avium</i>	Kirschfruchtfliege
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Pflaumenschildlaus
<i>Salix spp.</i>	Rußfleckenkrankheiten
<i>Malus silvestris, Pyrus communis</i>	Feuerbrand

Tabelle A 2.2: Gehölze als Überträger von Schaderregern. (Quelle: Rösler S. 2003: *Natur- und Sozialverträglichkeit des Integrierten Obstbaus* (verändert)).

Die durch Gehölze bewirkte Beschattung kann die Ausbreitung von Krankheiten ebenfalls fördern. Auch die Bedeckung von landwirtschaftlichen Kulturen mit Laub kann Krankheiten begünstigen.

⁵ *Medicago sativa* in Monokultur (Stamps, W.T., Woods, T.W., Linit M.J., Garret, H.E., 2002: *Agroforestry Systems* 56(2): 167-175)

Die in diesem Abschnitt erläuterten möglichen Einflüsse von Bäumen auf landwirtschaftliche Kulturen sind in der folgenden Abbildung zusammengefasst:

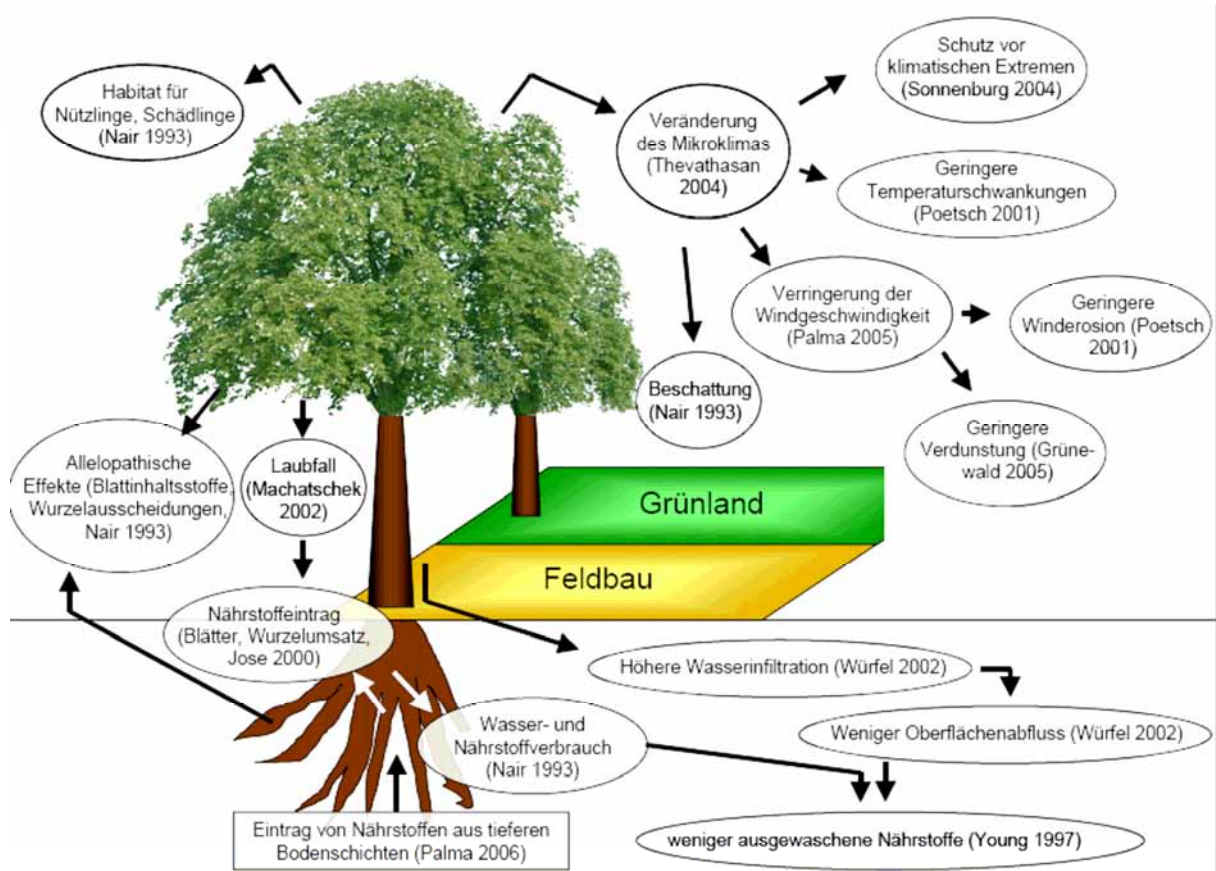


Abb. A 2.7: Auswirkung der Bäume eines modernen Agroforstsystems auf die landwirtschaftliche Nutzung. (A. Chalmin, M. Oelke; Quelle: Reeg et al (Hrsg.) (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen.)

2.6.2 Wirkungen von landwirtschaftlichen Kulturen auf Bäume

Der Einfluss der Landwirtschaft auf die Bäume macht sich vor allem im jungen Baumalter bemerkbar. In diesem Zeitraum haben die Baumwurzeln den Boden noch nicht so tief erschlossen, dass sie auf andere Nährstoff- und Wasservorräte zugreifen können. Bis das der Fall ist, sind viele landwirtschaftliche Kulturen konkurrenzstärker. Das trifft vor allem für Grünland zu, da dort in der oberen Bodenschicht ein ständig ausgebildetes dichtes Wurzelgeflecht vorhanden ist. Die Konkurrenz bewirkt, dass Bäume in Agroforstsystemen tiefer wurzeln als auf Waldflächen⁶.

Bis die Bäume Zugriff auf andere Nährstoffvorräte haben, profitieren sie von der landwirtschaftlichen Düngung. Untersuchungen in den USA an *Juglans nigra* zeigen, dass Bäume sich auf gedüngten im Vergleich zu ungedüngten Flächen schneller entwickeln.

⁶ Die Untersuchungen wurden in Frankreich an *Juglans spp.* und *Populus spp.* durchgeführt. (Kayser, B.; Wahl, J. (1998): Agroforstwirtschaft in Mitteleuropa. Garten Organisch Nr. 3, 23-26.)

Nachteilig auf die Baumentwicklung können Verdichtungen im Oberboden wirken. Bodenverdichtungen sind aber auch von landwirtschaftlicher Seite unerwünscht. Bei der Bodenbearbeitung mit Maschinen ist man deshalb darauf bedacht, Bodenverdichtungen zu vermeiden.

Schäden an Bäumen können ebenfalls durch die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen mit Maschinen entstehen. In Abhängigkeit von der Schwere der Schäden kann dies eine Wertminderung des Stammes zur Folge haben.

Durch das Pflügen von Ackerflächen wird die laterale Ausbreitung der Wurzeln behindert. Wird diese Maßnahme nicht regelmäßig durchgeführt, werden stärkere Wurzeln beschädigt, was Krankheiten zur Folge haben kann. Wird regelmäßig gepflügt, werden nur dünne Wurzeln durchschnitten und es besteht keine Infektionsgefahr. Das Pflügen bewirkt, dass die Baumwurzeln sich in tiefere Bodenschichten orientieren.

2.6.3 Interaktionen zwischen Bäumen und Weidetieren

Bäume ermöglichen Weidetieren Schutz vor Witterungsextremen wie starkem Wind, Niederschlag, Hitze und Kälte. Sie bieten den Tieren Deckung untereinander und mindern dadurch möglichen sozialen Stress. Durch diese Effekte verbrauchen Weidetiere weniger Energie und verzeichnen bessere Zuwachsraten. In Neuseeland, Australien und Großbritannien wird auch von einer stark reduzierten Sterberate nach Geburten bei Schafen berichtet.

In Nordfrankreich wurde in silvopastoralen Agroforstsystemen eine signifikante Korrelation zwischen der Gehölzdichte auf Weideflächen und der Abnahme von Krankheiten der Weidetiere gemessen. Dieses Ergebnis wurde damit begründet, dass die Tiere weniger extremen Witterungen ausgesetzt waren und ihr Nahrungsspektrum durch die Gehölze erweitert wurde.

Es existieren aber auch Gehölze, die sich durch giftige oder schwer verdauliche Inhaltsstoffe (nach Aufnahme) schädlich auf die Gesundheit der Tiere auswirken können.

Tiere wirken durch Düngung und das Kurzhalten der Weide positiv auf das Baumwachstum. Bodenverdichtungen in Baumnähe sind dagegen negativ zu bewerten. Sie werden durch zu hohen Weidedruck verursacht. Wenn der Weidedruck sich nur auf einige wenige Bäume verteilt, ist das Risiko von Bodenverdichtungen in Baumnähe ebenfalls größer.

Sind Bäume nicht adäquat geschützt, werden sie von Weidetieren als Nahrungsquelle genutzt, da diesen eine Abwechslung in ihrem Speiseplan jederzeit willkommen ist. Die meisten Schäden werden in der Regel im Frühjahr an jungen Blättern und Zweigen verursacht. Von Schafen und Ziegen ist bekannt, dass sie auch Nadeln als Nahrung aufnehmen. Unter den Weidetieren haben Ziegen eine besonders starke Vorliebe für den Verzehr von Gehölzteilen und können im Vergleich zu anderen Tierarten die größten Schäden anrichten. Die Schäden durch Fraß nehmen mit dem Weidedruck, durch den Mangel an Futteralternativen und wenn sich die Tiere langweilen (z.B. aufgrund einer kleinen Weidefläche) zu. Wird die Rinde der Bäume beschädigt, kann das zum Eintritt von Krankheiten und zur Reduktion der Wertholzqualität führen. Ein Schälen der Bäume kann zu

großen Schäden oder gar zum Tod führen. Jüngere Bäume sind von Rindenschäden in der Regel schwerer betroffen als ältere Bäume, da bei diesen die schützende Borke stärker ausgebildet ist.

Größere Tiere, vor allem Rinder, können junge Bäume auch durch Tritt schädigen.

2.6.4 Auswirkungen der Bäume auf landwirtschaftliche Böden

Bäume beeinflussen landwirtschaftliche Böden ober- und unterirdisch.

Durch die Reduktion der Windgeschwindigkeit und die erhöhte Interzeption von Wasser findet durch die Anwesenheit von Baumreihen weniger **Wasser- und Winderosion** statt. Durch die Verringerung des Abtrags werden zum Beispiel weniger Nährstoffe in Oberflächengewässer eingetragen. Mit der Anzahl der Bäume auf der Fläche steigt dieser Effekt: weiter voneinander entfernte Baumreihen lassen mehr Erosion zu als kleinere Baumreihenabstände.

Durch das tiefe Wurzeln der Bäume werden die **Wasser- und Nährstoffressourcen** landwirtschaftlicher Böden besser ausgenutzt. Ein Nebeneffekt ist, dass die Baumwurzeln eine Art „Auffangnetz“ für Nährstoffe bilden können, die von den landwirtschaftlichen Kulturen nicht aufgenommen und in tiefere Bodenschichten verlagert wurden. Damit wird die Auswaschung von Nährstoffen ins Grundwasser verringert.

Bäume beeinflussen landwirtschaftliche Böden außerdem durch die Zufuhr von Biomasse in Form von Blättern und abgestorbenen Feinwurzeln (s. Abschnitt A2-2.6.1). Das führt zur **Anreicherung von Humus** in Baumnähe. Untersuchungen in Agroforstsystemen mit Pappeln zeigen, dass der Humusgehalt in Baumnähe im Vergleich zur Feldmitte nach fünf Jahren signifikant höher ist. Damit erklärt man sich auch eine vermehrte Aktivität von Bodenorganismen in Baumnähe. Innerhalb der Baumreihen oder in der nahen Umgebung der Reihen wurde in mehreren Versuchen eine höhere Mikroorganismenaktivität festgestellt. In anderen Versuchen traten Regenwürmer in Baumreihennähe in signifikant höheren Mengen auf. Mit zunehmendem Abstand von der Baumreihe nahm die Anzahl der Regenwürmer ab. Da die durch Blattfall und Feinwurzelumsatz bereitgestellte Biomasse vor allem in Baumnähe vorhanden ist, treten solche Effekte besonders in der direkten Umgebung der Bäume auf. Auf die Frage, ob in älteren Anlagen ein größerer Anteil der landwirtschaftlichen Flächen profitieren kann, konnte im Rahmen der Literaturstudien keine Antwort gefunden werden. Es wird aber angenommen, dass ältere Bäume grundsätzlich in der Lage sind, mehr Biomasse zu produzieren. Aufgrund des größeren Kronendurchmessers und größerer Laubmengen müssten sie eine größere landwirtschaftliche Fläche mit Biomasse versorgen können. Ein Versuch in einer Anlage mit 8-jährigen Pappeln hat gezeigt, dass 80 % der Blätter in einer Entfernung von 4 m von der Baumreihe auf den Boden fallen. Die Entfernung müsste mit jeder Astung und mit dem Wachstum der Krone zunehmen.

Durch die Erhöhung des Humusanteils sind Böden weniger erosionsanfällig und haben eine verbesserte Wasserspeicherfähigkeit.

2.6.5 Auswirkung der möglichen Interaktionen auf die Erträge

Die Abschnitte A2-2.6.1 bis 2.6.3 zeigen, dass in modernen Agroforstsystemen äußerst vielfältige positive wie negative Wechselwirkungen möglich sind.

Um die Summe der Effekte besser zu begreifen, wurden an Standorten der gemäßigten Zone Ertragsmessungen durchgeführt. Für hiesige Verhältnisse sind nur Ergebnisse für Versuche an vergleichbaren Gehölzstrukturen bekannt. Im Folgenden sind einige Beispiele für die Ergebnisse von Ertragsmessungen aufgeführt. Die Daten sind nach Ländern sortiert und werden steckbriefartig präsentiert. Sie sollen einen Überblick über die möglichen Ertragsentwicklungen in modernen Agroforstsystemen geben. Es soll an dieser Stelle noch einmal auf Abschnitt A2-2.4 hingewiesen werden: Die Ergebnisse zu Windschutzpflanzungen in Deutschland und die Ergebnisse aus modernen Agroforstsystemen anderer Länder der gemäßigten Zone können nicht vollständig auf moderne Agroforstsysteme in Deutschland übertragen werden.

1. Deutschland

Baumarten: Windschutzhecke

Baumalter: 6 Jahre

Ackerkulturen: Lupine, Hafer, Gerste, Kartoffeln

Ergebnisse: Der Windschutz war auf der windabgewandten Seite in einer Entfernung vom 1,8- bis 10-fachen der Heckenhöhe am effektivsten; auf der windzugewandten Seite in der Entfernung vom 0,5- bis 3-fachen der Heckenhöhe. Der Windschutz wirkte sich bei allen Kulturen positiv auf die Erträge aus. Der Windschutzeffekt veränderte sich durch unterschiedliche Witterungsbedingungen jährlich.

(Quelle: Pretschel et al.(1991) in: Nuberg, I.K. (1998): *Effect of shelter on temperate crops: a review to define research for Australian conditions. Agroforestry Systems 41, 3-34.*)

2. Deutschland

Baumarten: Windschutzpflanzung

Ackerkulturen: Obstbäume

Ergebnisse: Hinter Windschutzpflanzungen werden im Vergleich zu Kulturen auf ungeschütztem Gelände um 10-20 % höhere Erträge gemessen.

Nachteilig sind Gehölzpflanzungen in Talmulden. Dort können sie abfließende Kaltluft stauen und Frostschäden bewirken.

(Quelle: Lucke, R., Silbereisen, R., Herzberger, E. (1992): *Obstbäume in der Landschaft. Ulmer Verlag, Stuttgart, 300.*)

3. Deutschland (Raum Düsseldorf)

Baumabstände: 2,5 m hoher künstlicher Windschutz, 200 m Länge

Ackerkulturen: Rüben

Ergebnisse: Im Vergleich zur ungeschützten Kontrollfläche hatten die Rübenblätter bis zur 18-fachen Entfernung von der Hecke im Lee ein Mehrgewicht von 10-14 %. Bis zu einer 30-

fachen Entfernung wurden 7-8 % Mehrgewicht gemessen. Der Zuckerertrag im Windschutz war im Vergleich zur Kontrolle um 8 % höher.

(Quelle: Hilf, H.H. (1958): *Flurholzanbau und Grüner Plan. Die Holzzucht 4*, 25-28).

4. Deutschland

Baumarten: *Populus spp.*, 20 m Höhe, 400 m lange Reihe

Ergebnisse: Im Luv wurde der Wind um das 5-fache der Höhe der Pappelreihe und im Lee um das 15-fache der Höhe um 20-30 % abgebremst.

(Quelle: Hilf, H.H. (1958): *Wesen und Wirkung des Flurholzanbau. Die Holzzucht 5*, 33-34).

5. Großbritannien (England)

Baumabstände: 6,5 m in der Baumreihe und 10 m zwischen den Baumreihen

Baumarten: *Populus spp.*

Baumalter: erste Messung vier Jahre, zweite Messung sieben Jahre nach der Pflanzung

Ackerkulturen: Winterweizen, Wintergerste, Gemüse

Ergebnisse: Nach drei Jahren wurden in den landwirtschaftlichen Kulturen im Vergleich zur Kontrollfläche circa 4 % geringere Erträge gemessen. Im siebten Jahr waren die Erträge um 14 % niedriger. Als Hauptursache wird die Beschattung durch die Bäume angegeben. Aufgrund dieser Messungen werden in England nun größere Abstände zwischen den Baumreihen empfohlen (z.B. 14-26 m).

(Quelle: Burgess, P.J.; Incoll, L.D.; Corry, D.T.; Beaton, A., Hart B.J. (2004): *Poplar (Populus spp) growth and crop yields in a silvoarable experiment at three lowland sites in England. Agroforestry Systems 63*, 157-169).

6. Großbritannien

Baumabstände: 4 x 4 m

Baumarten: *Prunus avium*

Baumalter: 6 Jahre

Ergebnisse: Laut den Untersuchungen gelangten noch 90 % der im Freien vorhandenen Strahlungsmenge bis zum Boden der Anlage.

(Quelle: Bergez, J.-E., Dalziel, A.J.I., Duller, C., Eason, W.R., Hoppe, G., Laender R.H. (1997): *light modification in a developing silvopastoral system in the UK: a quantitative analysis. Agroforestry Systems 37*, 227-240).

7. Großbritannien

Baumabstände: 100 und 400 Bäume pro Hektar

Baumarten: *Acer pseudoplatanus*

Baumalter: 7 Jahre

Ackerkulturen: Weidegräser

Ergebnisse: Für die Wuchskraft der Weide im Vergleich zur baumlosen Kontrolle waren in diesem Baumalter noch keine Unterschiede festzustellen. Versuche auf anderen Flächen

ergaben, dass eine 80-prozentige Lichtreduktion das Graswachstum um etwa 20 % reduziert.

(Quelle: Bergez, J.-E., Dalziel, A.J.I., Duller, C., Eason, W.R., Hoppe, G., Laender R.H. (1997): *light modification in a developing silvopastoral system in the UK: a quantitative analysis*. *Agroforestry Systems* 37, 227-240).

8. Großbritannien (England)

Ackerkulturen: Winterweizen

Ergebnisse: Bei einer Reduktion der Strahlungsmenge von 20 % im Vergleich zum Freiland fielen die Weizenerträge im Vergleich zur unbeschatteten Kontrolle um 15 % niedriger aus.

(Quelle: Burgess, P.J.; Incoll, L.D.; Corry, D.T.; Beaton, A., Hart B.J. (2004): *Poplar (Populus spp) growth and crop yields in a silvoarable experiment at three lowland sites in England*. *Agroforestry Systems* 63, 157-169).

9. Großbritannien (England, Uni Leeds)

Baumabstände: 4 m in der Reihe, 12 m zwischen den Reihen. Es handelt sich um doppelreihige Baumstreifen. Zwischen zwei Bäumen befindet sich jeweils ein Haselstrauch.

Baumarten: Walnuss, Kirsche, Esche, Bergahorn, Haselnuss

Ergebnisse: In den (hier nicht definierten) Ackerkulturen wurden in den ersten Jahren Ertragssteigerungen gemessen. Später nahm der Ertrag im Vergleich zum Freiland ab. Heute empfiehlt die Uni Leeds deshalb Reihenabstände von 18-24 m.

(Quelle: Kayser, B., Wahl, J. (1998): *Agroforstwirtschaft in Mitteleuropa*. *Garten Organisch* Nr. 3, 23-26).

10. Frankreich

Baumarten: *Juglans spp.*

Baumalter: 8 Jahre

Ackerkulturen: Hartweizen

Ergebnisse: Der Ertrag von Hartweizen zeigte im Vergleich zur Kontrolle (Hartweizen ohne Walnussbäume) keine Ertragsminderung. Als eine mögliche Ursache wird angegeben, dass die ausgewählten *Juglans spp.* erst spät im Jahr Blätter bilden. Zu diesem Zeitpunkt ist der Weizen schon weit entwickelt.

(Quelle: Kayser, B., Wahl, J. (1998): *Agroforstwirtschaft in Mitteleuropa*. *Garten Organisch* Nr. 3, 23-26).

11. USA

Besonderheit: Die Versuche wurden in Gewächshäusern durchgeführt und der Wind wurde künstlich erzeugt.

Ergebnisse: Es wurden verschiedene Windstärken simuliert. Die Pflanzen reagierten folgendermaßen:

- Gräser reagierten auf größere Windgeschwindigkeiten mit reduzierter Ausläuferbildung;

- Sonnenblumen hatten bei einer Windgeschwindigkeit von 15 m/s nur ein Drittel der Blattfläche im Vergleich zu Sonnenblumen, die nur 0,4 m/s ausgesetzt waren;
- Windböen (10 pro Tag, 4,7 m/s, 10 Sekunden lang) reduzierten das Wachstum von Bohnen und Mais im Vergleich zur Kontrolle.

(Quelle: Cleugh, H.A., Miller, J.M., Böhm, M. (1998): *Direct mechanical effects of wind on crops. Agroforestry Systems* 41, 85-112).

12. USA (Missouri)

Baumabstände: 3 x 12 m

Baumarten: Walnuss

Baumalter: 10 Jahre

Ackerkulturen: Weizen, Soja

Ergebnisse: Bis zum 10. Jahr nach der Pflanzung wurden im Weizen kaum oder keine Ertragsminderungen festgestellt. Der Sojaertrag war im Jahr 10 um 20 % vermindert.

Ein anderer Versuch aus der gleichen Region stammt von einer Fläche, die Wasser- und Hitzestress ausgesetzt ist. Auch hier waren Walnüsse mit Soja kombiniert. In diesem Versuch war der Ertrag in Baumnähe um 10 % höher im Vergleich zum Ertrag in der Mitte zwischen zwei Baumreihen.

(Quelle: Buck, L. E., Lassoie, J. P., Fernandes, E. C. M. (1999): *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems. In: Edwards, Clive A. (Hrsg.) Advances in Agroecology. CRC Press, Washington D.C., 416*).

13. Kanada (Ontario)

Baumabstände: 12,5 bis 15 m zwischen den Reihen, 3 m bzw. 6 m in der Reihe

Baumarten: *Acer saccharinum*, *Corylus avellana*, *Fraxinus americana*, *Juglans nigra*, *Picea abies*, *Populus sp.*, *Quercus rubra*, *Robinia pseudoacacia*, *Salix discolor*, *Thuja occidentalis*

Baumalter: 10 Jahre

Ackerkulturen: *Zea mays*, *Glycine max*, *Triticum aestivum*

Besonderheit: In diesem Versuch wurden die Bäume nicht geastet.

Ergebnisse: Die Untersuchungen wurden 10 Jahre nach dem Pflanzen der Bäume durchgeführt. Mais reagierte auf die Bäume mit 20-25 % niedrigeren Erträgen im Vergleich zur Kontrollfläche ohne Bäume. Bei Soja fiel der Ertrag ähnlich dem auf der Kontrollfläche aus. Beim Weizen wurden im Vergleich zur Kontrolle etwas höhere Erträge festgestellt.

Da Mais eine C4-Pflanze ist, wird der für eine C4-Pflanze typische Stoffwechsel und hohe Lichtbedarf als Ursache für den Ertragsrückgang vermutet. Weizen und Soja sind dagegen C3-Pflanzen. Als Vermutung, dass der Ertrag trotz der Lichtreduktion nicht niedriger war, werden durch die Bäume reduzierte Evapotranspirationsraten und eine niedrigere Bodentemperatur angegeben.

(Quelle: Thevathasan, N. V., Gordon, A.M. (2004): *Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada. Agroforestry Systems* 61, 257-268).

14. Neuseeland

Baumarten: *Pinus radiata*

Baumalter: 10 Jahre

Ackerkulturen: *Medicago sativa*, *Dactylis glomerata*

Ergebnisse: Im Versuch wurde die Wuchsleistung von Bäumen mit und ohne landwirtschaftliche Kulturen bewertet. Bäume, die auf der landwirtschaftlich nicht genutzten Fläche aufwuchsen, erreichten 9-15 % größere Baumhöhen.

(Quelle: Peri, P.L. (2002): *Early growth and quality of radiata pine in a silvopastoral system in New Zealand. Agroforestry Systems* 55, 207-219).

15. Neuseeland

Baumabstände: 1000 Bäume pro Hektar

Baumarten: *Pinus radiata*

Baumalter: 7 Jahre

Ackerkulturen: 5 verschiedene Weidegräser

Ergebnisse: Der Weideertrag war im Vergleich zur Kontrolle reduziert.

(Quelle: Chang, S.X.; Amatya, G.; Beare, M.H., Mead, D.J. (2002): *Soil properties under a Pinus radiata - ryegrass silvopastoral system in New Zealand. Part I. Soil N and moisture availability, soil C, and tree growth. Agroforestry Systems* 54, 137-147).

16. China

Baumabstände: 15 x 5 m

Baumarten: *Paulownia elongate*

Baumalter: 7 Jahre

Ackerkulturen: Mais, Bohnen, Ingwer

Ergebnisse: Der Ertrag von Bohnen und Mais war im Vergleich zur Kontrolle deutlich reduziert, besonders in Baumnähe. Die Erträge für Ingwer waren im Vergleich zur Kontrollpflanzung höher. Der unterschiedliche Lichtbedarf der Pflanzen erklärt das Ergebnis (Ingwer ist eine Schattenpflanze).

(Quelle: Newman, S.M., Bennett, K., Wu, Y. (1998): *performance of maize, beans and ginger as intercrops in Paulownia plantations in China. Agroforestry Systems* 39, 23-30).

17. China

Ackerkulturen: Gräser

Besonderheiten: Künstliche Beschattung von 30 Weidegräsern. Vergleich von drei Varianten: a) 50 % Schatten, b) 80 % Schatten und c) volles Sonnenlicht.

Ergebnisse: Viele Gräser reagieren auf Beschattung mit Ertragsminderungen und Qualitätsminderungen. Auf einige Gräser wirkt sich die Beschattung positiv aus. Ausführliche Angaben findet man bei Lin et al. (1998, China) oder Jose et al. (2004, USA).

(Quelle: Lin, C.H.; McGraw, R.L.; George, M.F., Garrett, H.E. (1998): *Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. Agroforestry Systems* 44, 109-119).

18. China

Baumabstände: kleinere und größere Reihenabstände

Baumarten: *Paulownia elongate*

Ackerkulturen: Weizen

Ergebnisse: In der Nähe der Baumreihen sank der Weizenertrag. Bei größeren Reihenabständen waren die Ertragsminderungen in Baumreihennähe geringer. Durch die geringeren Temperaturen in Baumreihennähe war die Qualität der Erträge im Vergleich zur Kontrolle (Weizen in Monokultur) besser (2-3,7 % mehr Gluten und 0,2-0,6 % mehr Protein). Im Laufe der Versuche wurden im Agroforstsystem um 15-30 % weniger Wasserverluste aus dem Boden und um 5 bis 15 % höhere Bodenwassergehalte gemessen. Diese Effekte wurden mit einer Windreduktion durch die Bäume um 45-50 % erklärt. Mit 40 Bäumen pro Hektar wird für dieses System ein LER (s. Abschnitt A3-3.3.3) von 1.2 bis 1.5 angenommen.

(Quelle: Wojtkowski, P.A. (2002): *Agroecological Perspectives in Agronomy, Forestry and Agroforestry*. Science Publishers, Enfield, 356).

2.7 Eigene Messungen

Das Fehlen von Informationen zu Interaktionen unter hiesigen Bedingungen wurde im Teilprojekt Agrar zum Anlass genommen, eigene Untersuchungen zu realisieren. In den Jahren 2006 und 2007 wurde die Summe der positiven und negativen Einflüsse von Baumreihen auf den Ertrag und die Qualität landwirtschaftlicher Kulturen überprüft. Die Untersuchung wurde an jeweils einem Standort in Baden-Württemberg und in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt. 2008 wurden in Baden-Württemberg Messungen zur Schattenwirkung geasteter Bäume durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Folgenden dargestellt.

2.7.1 Ertragsmessungen

A. Möndel, A. Chalmin

Beschreibung der Untersuchungsfläche in Baden-Württemberg

Die ersten Ertragsmessungen wurden am 11. Juli 2006 mit freundlicher Unterstützung von Rolf Enderle auf seinem Betrieb in Durmersheim (Baden-Württemberg) durchgeführt. Bei der Untersuchungsfläche handelt es sich nicht um eine Agroforstfläche mit Wertholzbäumen, wie es das Verbundprojekt vorsieht. Eine solche Fläche (mit Wertholzbäumen) von nennenswerter Größe existiert in Deutschland noch nicht. Es wurde daher auf eine ähnliche Struktur zurückgegriffen und eine 35-jährige Windschutzanlage aus Pappeln und Traubenkirschen ausgewählt, um den Effekt von Baumreihen auf das Kleinklima und damit die Ertragsbildung von Getreidebeständen zu quantifizieren.

Der für die Messungen ausgewählte Standort befindet sich in der oberrheinischen Tiefebene (14 km südlich von Karlsruhe). Die Fläche liegt 117 m über dem Meeresspiegel. Die

Jahresdurchschnittstemperatur beträgt $11,4^{\circ}\text{C}$ und der Jahresniederschlag 770 mm . Der Standort ist sehr sandig und grundwasserfern; der Grundwasserspiegel befindet sich mehr als 10 m unter der Bodenoberfläche. Das langjährige Ertragsniveau auf der Fläche für Winterroggen liegt zwischen 30 und 45 dt/ha . Die Fläche grenzt im Osten an einen Wald.

Die Windschutzanlage verläuft auf der Westseite des Schlates in Richtung N-SW. Sie war zum Zeitpunkt der Messung etwa 35 Jahre alt und besteht aus Pyramidenpappeln und Traubenkirschen. Die Pappeln sind $15\text{--}20\text{ m}$ hoch. Die Traubenkirschen haben eine Höhe von $2,5\text{ m}$ und befinden sich im Unterbau der Pappeln. Die Nordseite der Windschutzanlage weist einige Lücken auf, da mehrere Pappeln ausgefallen sind. Das Ausmaß der Lücken kann im Schattenwurf der Abbildung A 2.8 nachvollzogen werden. Der Unterbau der Windschutzanlage ist dagegen durchgehend geschlossen. Die Abbildung zeigt ebenfalls, dass die Baumreihe etwas gedreht zur Hauptwindrichtung ausgerichtet ist.

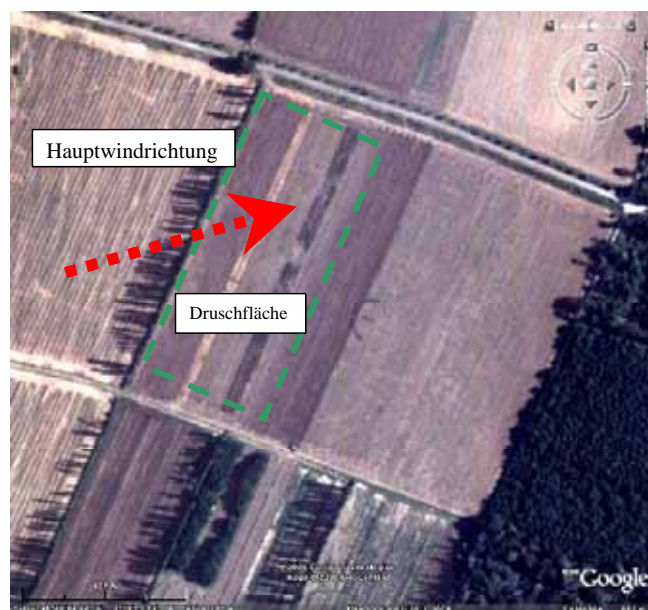


Abb. A 2.8: Luftansicht und Ausrichtung der Untersuchungsfläche in Durmersheim (A. Möndel)

Messmethodik

Um den Einfluss der Baumreihe quantifizieren zu können, wurden die Erntemengen gemessen. Die Erträge wurden je Mähdruschbahn erfasst. Die Länge der Bahn (Schlaglänge) betrug 250 m , die Breite (der Bahn) entsprach der Schnittbreite des Mähdeschers und lag bei $3,6\text{ m}$. Der Behälter zur Aufnahme des Getreides hatte eine Kapazität von 700 kg . Das Ernteergebnis einer Bahn wurde mit einer digitalen Zugwaage gewogen. Diese wiegt bis 1000 kg auf 100 g genau.



Abb. A 2.9: Abtanken bei der Einzelspurertragsmessung (A. Möndel)



Abb. A 2.10: Wiegevorgang (A. Möndel)

Die Erntemenge einer Schlaglänge wurde alle vier Druschbahnen ermittelt, also etwa alle 13 m. In den Druschspuren Nummer 2, 5 und 7 verliefen Fahrgassen. Deshalb wurden sie von der Auswertung ausgeschlossen.

Ergebnisse und Diskussion

Die folgende Abbildung stellt die Ergebnisse der Ertragsmessung graphisch dar. Im Bereich von 14-23 m Abstand zur Windschutzanlage lag der Kornertrag bei rund 40 dt/ha. Bis zu einem Abstand von 110 m ging der Kornertrag auf 33,3 dt/ha zurück. Diese Ertragsmenge wurde in den Auswertungen als relativer Ertrag von 100 % behandelt. Von diesem Punkt aus ergibt sich in Richtung der Windschutzanlage ein Mehrertrag von bis zu 20 %.

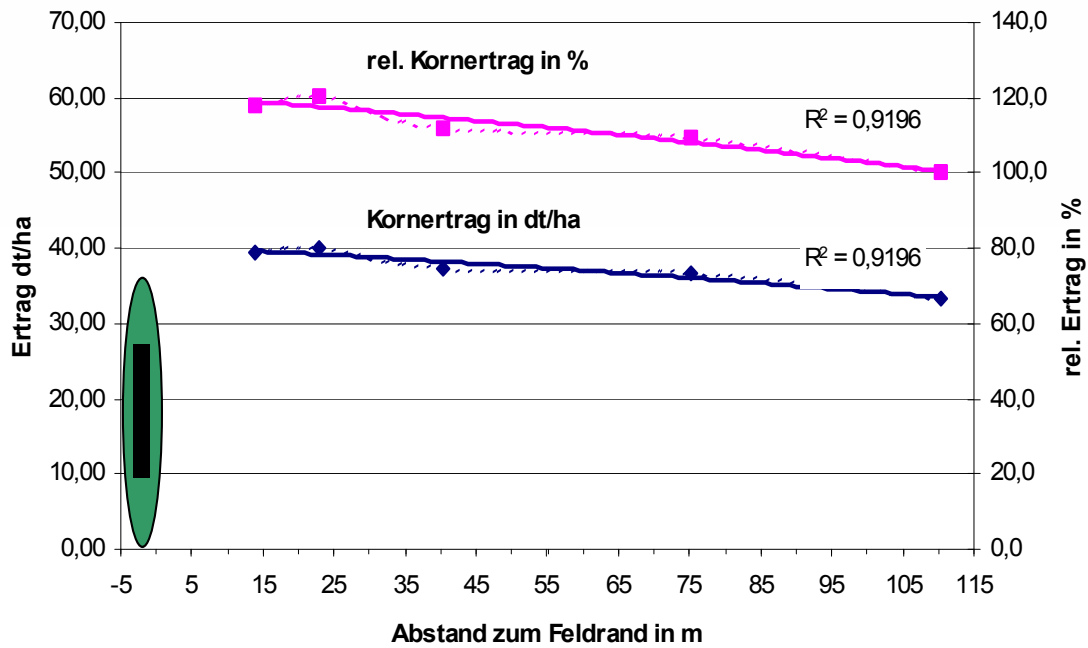


Abb. A 2.11: Ertragsverlauf im Winterroggen im Einflußbereich einer Windschutzhecke (A. Möndel)

Die ersten drei Druschbahnen konnten in die Auswertung nicht mit einbezogen werden, da sie schon am Vortag der Messungen gedroschen wurden. Die Erträge der ersten drei Bahnen sind in Abbildung A 2.11 deshalb nicht dargestellt. Abbildung A 2.12 vermittelt einen optischen Eindruck. Die ersten 2 m neben der Windschutzanlage wurden im Wachstum beeinträchtigt. Ab einem Abstand von 2-3 m von der Windschutzanlage konnte zumindest rein optisch kein Unterschied mehr festgestellt werden.



Abb. A 2.12: Roggenbestand neben der Windschutzanlage (30.06.06, A. Möndel)

Aufgrund der visuellen Bestandesbeurteilung wurden die Erträge der ersten drei Druschspuren in der folgenden Abbildung wie folgt interpoliert: Für die erste Druschbahn wurde 1/3 (11,1 dt/ha), für die Zweite 2/3 (22,2 dt/ha) und die Dritte 3/3 (33,3 dt/ha) vom Kornertrag der Feldmitte angenommen.

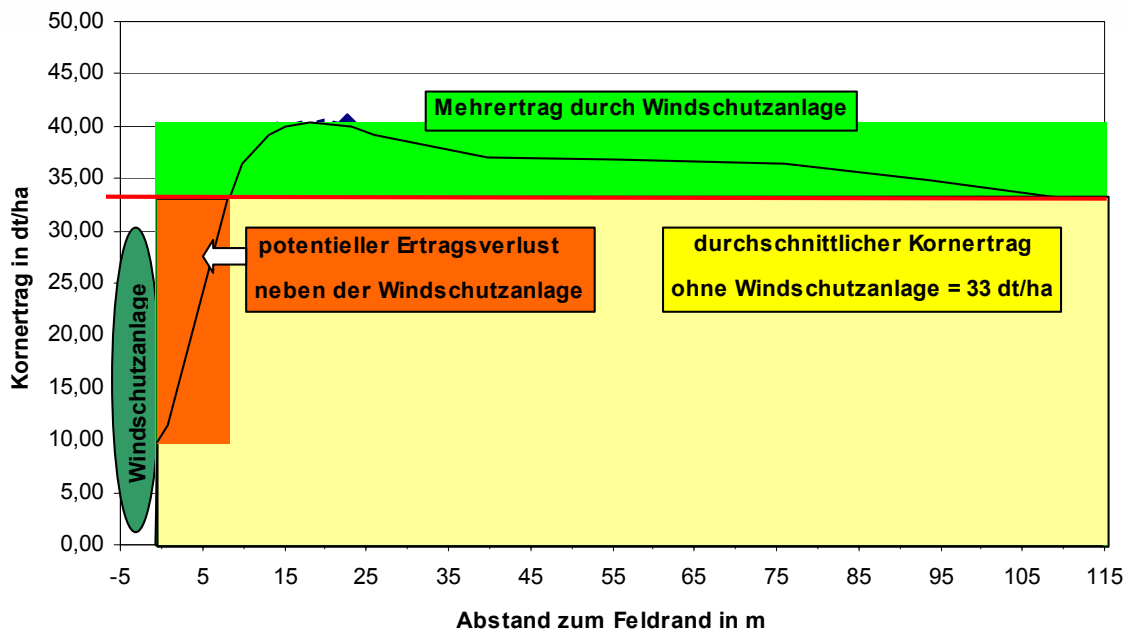


Abb A 2.13: Mehrerträge und Ertragsverluste in Durmersheim (A. Möndel)

Die grüne Fläche zeigt den durch die Baumreihe entstandenen Mehrertrag und die rote Fläche den angenommenen Ertragsverlust. Die rote Linie markiert den angenommenen durchschnittlichen Kornertrag ohne Baumreihe von 33,3 dt/ha. Der durchschnittliche Kornertrag mit Windschutzanlage liegt bis zu einem Abstand von 110 m bei 35,3 dt/ha. Die Windschutzanlage steigert den Roggenertrag auf den ersten 113 m der untersuchten Fläche um 6 %. Diese Wirkung wird erzielt, obwohl die Baumreihe nicht optimal zur Hauptwindrichtung ausgerichtet ist und Lücken aufweist. Die Ursachen für die positive Ertragsbeeinflussung durch Windschutzanlagen sind in Abschnitt 2.6.1 beschrieben.

Wie schon auf anderen Standorten konnte auch in diesem Fall ein ertragssteigernder Effekt von Windschutzanlagen festgestellt werden. Auf der Fläche in Durmersheim könnten 5-10 % der Fläche mit Windschutzanlagen oder Hecken bestockt werden, ohne an Ertrag zu verlieren.

Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Agroforstsysteme

Pappeln haben als Wertholz keine Bedeutung und werden für moderne Agroforstsysteme, welche die Produktion von Wertholz bezwecken, deshalb nicht empfohlen. Baumreihen in Agroforstsystemen können mit einer zweiten Gehölzart gefüllt sein, sind es in der Regel aber nicht. Eine Baumreihe in einem Agroforstsystem ist deshalb mit weniger Gehölzen besetzt. Das macht sie einerseits lückiger und winddurchlässiger. Andererseits reduziert die geringere Baumdichte die Ertragsverluste durch Konkurrenz. Eine einzelne Baumreihe eines Agroforstsystems würde deshalb vermutlich weniger Ertragseinbußen in Baumreihennähe und weniger Windschutz bewirken. In einem modernen Agroforstsystem können die

Feldränder für die Bepflanzung mit Wertholzbäumen genutzt werden und zu Windschutzzwecken mit wenig kompetitiven Sträuchern gefüllt werden. In diesem Fall kann man annehmen, dass die Wirksamkeit der Wertholzreihe mit der Wirksamkeit der Pappelreihe in Durmersheim vergleichbar wird. Befinden sich mehrere nicht unterpflanzte Wertholzreihen auf dem Feld, ist ebenfalls eine größere Windschutzwirkung anzunehmen.

Beschreibung der Untersuchungsfläche in Mecklenburg-Vorpommern

Mit Unterstützung der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Gülzow (Herr Dr. Lehmann) wurden vier Großbetriebe mit GIS-Ertragserfassung ausgewählt. Ausgewertet wurden jeweils Ackerschläge mit baumartigen Randstrukturen wie Baumalleen und Hecken. Im Rahmen des Schlussberichtes sollen die Ergebnisse des Schlages Nummer 3372 der Daberkower Landbau AG in Hohenbüssow präsentiert werden.



Abb. A 2.14: Versuchsfeld in Hohenbüssow (A. Möndel)

Am Rande des ausgewählten Feldes befindet sich eine Ahornallee. Der Abstand zwischen den Bäumen beträgt rund 15 m. Die Bäume sind auf 4-5 m über dem Ackerniveau geastet. Die Äste der Bäume reichen 7 m in den Bestand hinein.

Abbildung A 2.15 zeigt den Schattenwurf der Bäume am 8.08.06 um 16 Uhr. Die Schatten reichen 10-12 m in das Feld.



Abb. A 2.15: Ahornallee und Versuchsfläche (A. Möndel)



Abb. A 2.16: Luftansicht des Schlags 3372 der Daberkower Landbau AG in Hohenbüssow (A. Möndel)

Die Abbildung A 2.16 zeigt die Fläche in der Luftansicht. Der rot markierte Bereich wurde hinsichtlich der Ertragseffekte der Ahornallee auf die landwirtschaftliche Nutzung ausgewertet:

Messmethodik

Da in Mecklenburg-Vorpommern die GIS-Ertragskartierung bereits weiter verbreitet ist, konnte diese als Grundlage für die Ertragsermittlung angewendet werden.

Die Ertragsdaten werden beim Drusch von GPS-unterstützten Mähdreschern erfasst. Die Messtechnik ermöglicht im Sekundentakt positionsgenaue Messungen der Kornerträge, der Kornfeuchte, der Maschinenauslastung und weiterer Parameter. Das Datenmaterial ist deshalb umfangreich und es konnten verschiedenste Fragestellungen ausgewertet werden.

Die Analyse wurde mit Unterstützung der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Gülzow (Herr Dr. Lehmann) und der Software ADAM der CIS-GmbH Rostock durchgeführt. Die Software wurde für wissenschaftliche Zwecke kostenlos zur Verfügung gestellt. Die folgende Abbildung zeigt einen Claas Lexion 480 der KSG Kassow beim Rapsdrusch mit GIS-Ertragserfassung:



Abb. A 2.17: Rapsdrusch in Hohenbüssow (A. Möndel)

Die ersten drei Druschbahnen wurden einzeln ausgewertet, um den Einflussbereich der Bäume möglichst kleinräumig abzubilden. Das Auswertungsraster orientiert sich an der betriebsüblichen Fahrgassenbreite von 27 m (3 x 9 m). Die Fahrspur ist immer 108 m lang (4 x 27 m), um auch bei der Einzelspurauswertung eine ausreichend große Anzahl von Messwerten je Raster zu bekommen. Je Raster sollten mindestens 20 verschiedene Messwerte vorliegen. Da die Maschinenarbeitsbreite des Mähdeschers 9 m beträgt, sind die Raster 9 x 108 m bzw. 27 x 108 m groß. Technische Fehler, z.B. am Vorgewende während der Befüllungsphase der Maschine, sollten ausgeschlossen werden können. Deshalb wird nur die Teilfläche ausgewertet, die mit dem roten Kasten in der Mitte des Schlages gekennzeichnet ist. Die Teilfläche befindet sich im Abstand von mindestens 30 m vom Feldrand.

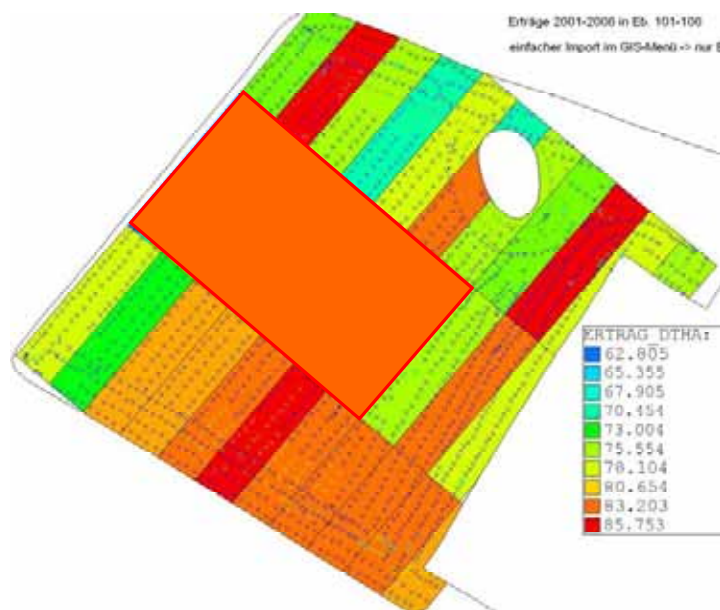


Abb. A 2.18.: GIS-Ertragskarte mit Auswertungsraster, W-Weizen 2005 (A. Möndel)

Ergebnisse der Weizenerträge

Die Weizenerträge der Jahre 2001, 2002, 2004 und 2005 sind in den Abbildungen A 2.19 und A 2.20 als Boxplot-Diagramme abgebildet. Der rot markierte Bereich (81-189 m) wurde als Referenz zur Bestimmung des Relativertrages herangezogen.

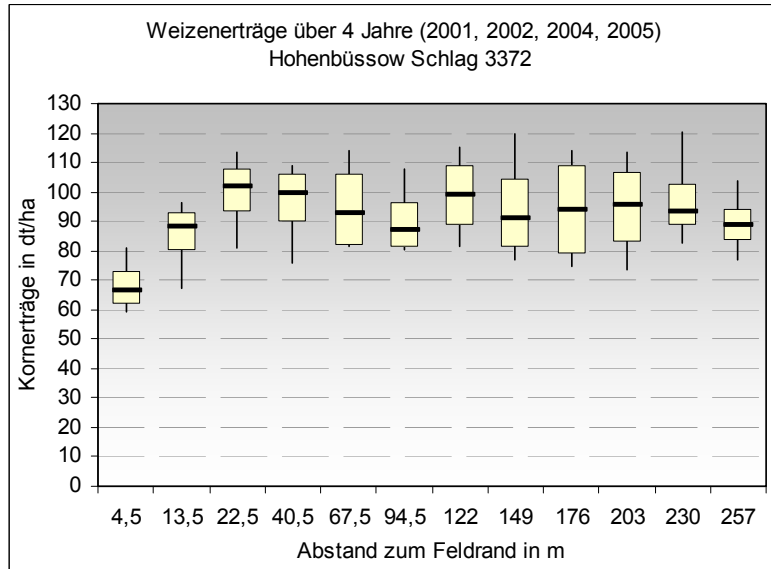


Abb. A 2.19: Auswertung der Weizenerträge in dt/ha bei 13 % Kornfeuchte (A. Möndel)

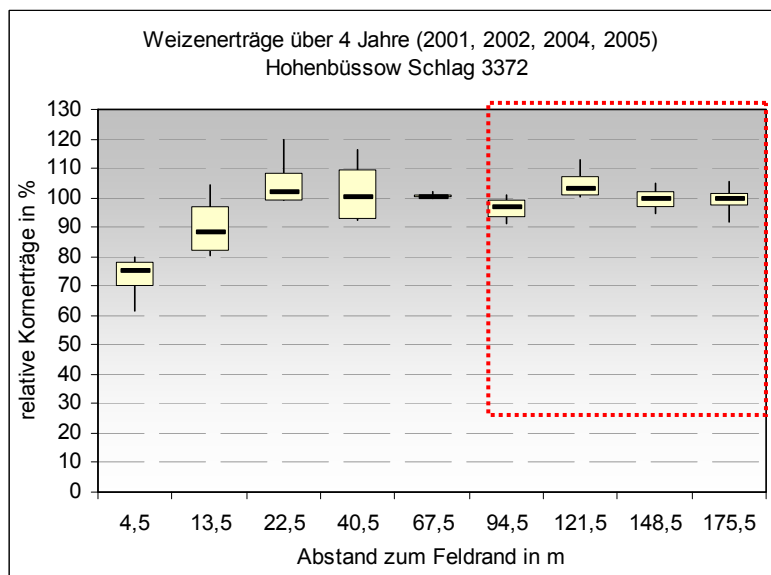


Abb. A 2.20: Auswertung der Weizenerträge in % bei 13 % Kornfeuchte (A. Möndel)
 Quelle: Reeg et al (Hrsg.) (2009): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen.)

Im Bereich von 0-9 m vom Feldrand liegt der Weizenertrag bei 67 dt/ha bzw. bei 75 % relativem Ertrag. In 9-18 m Abstand beträgt das Ergebnis 88 dt/ha bzw. 88 %. Diese beiden Druschbahnen liegen im Einflussbereich der Baumkronen.

Im Abstand von 18-27 m liegt das Ertragsmittel bei 102 dt/ha bzw. bei 102 %. In diesem Bereich schwanken die absoluten Weizenerträge über die Jahre sehr stark. Als eine Ursache

wird die Witterung vermutet. Den größten Einfluss hatte jedoch die Fruchtfolge. In den Jahren 2002 und 2005 lagen die Weizenerträge deutlich niedriger, da als Vorfrucht Weizen angebaut wurde. In den Jahren 2001 und 2004 war die Vorfrucht Raps und die Erträge fielen entsprechend höher aus.

Das Institut für Waldwachstum der Universität Freiburg hat sich in die Auswertungen der Messungen in Form einer Lichtsimulation eingebracht. Mathias Brix hat mit Hilfe einer Lichtsimulationssoftware den relativen Lichteinfall [PACL] im Bereich der Ahornallee berechnet (Abbildung A. 2.21).

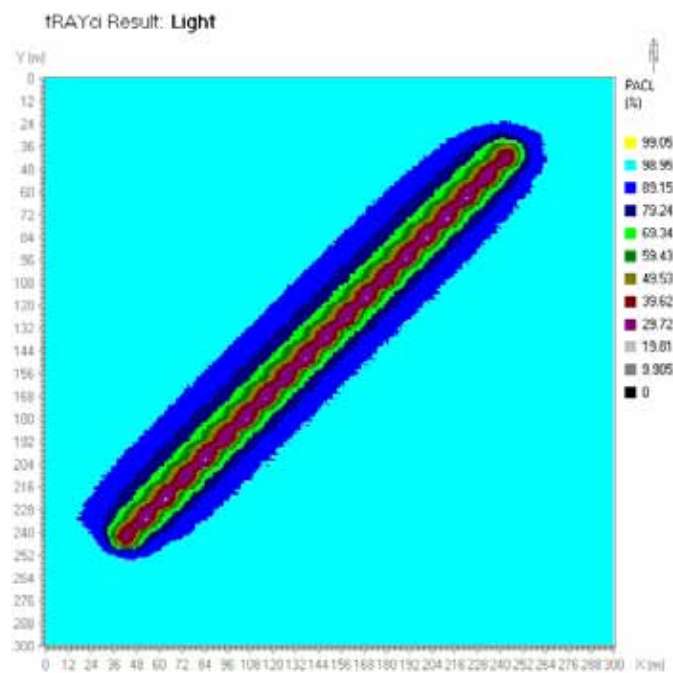


Abb. A 2.21: Relativer Lichteinfall im Umfeld der Ahornreihe in Hohenbüsow, Quelle: M. Brix (Institut für Waldwachstum, Universität Freiburg)

In Abbildung A 2.22 ist der Kornenertrag in Abhängigkeit vom Abstand zur Baumreihe und des relativen Lichteinfalles [PACL] als gelbe Linie dargestellt:

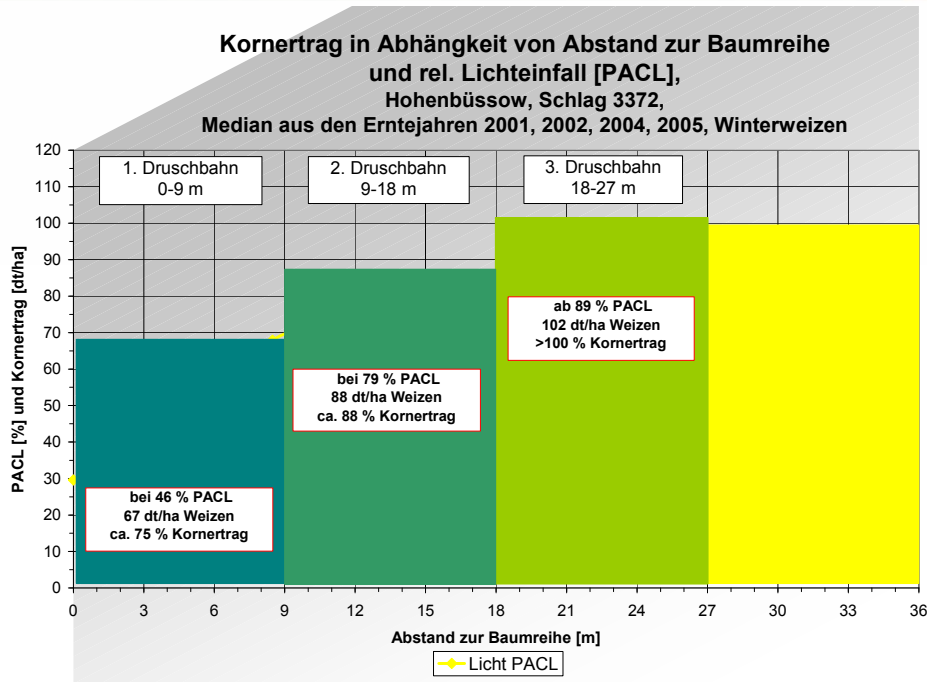


Abb. A 2.22: Kornertrag mit zunehmender Entfernung von der Baumreihe, Quelle: M. Brix (Institut für Waldwachstum, Universität Freiburg)

Direkt am Stamm liegt die relative Lichtmenge bei 30 %. In 5 m Entfernung stehen rund 50 % der Lichtmenge zur Verfügung. Ab einer Entfernung von 14 m übersteigt der Wert der relativen Lichtmenge 80 %.

Winterweizen benötigt auf dem ertragsstarken Standort Schlag 3372 der Daberkower Landbau AG in Hohenbüssov einen relativen Lichteinfall von 85-90 % um sein Ertragspotential voll ausschöpfen zu können.

Ergebnisse der Rapsertträge

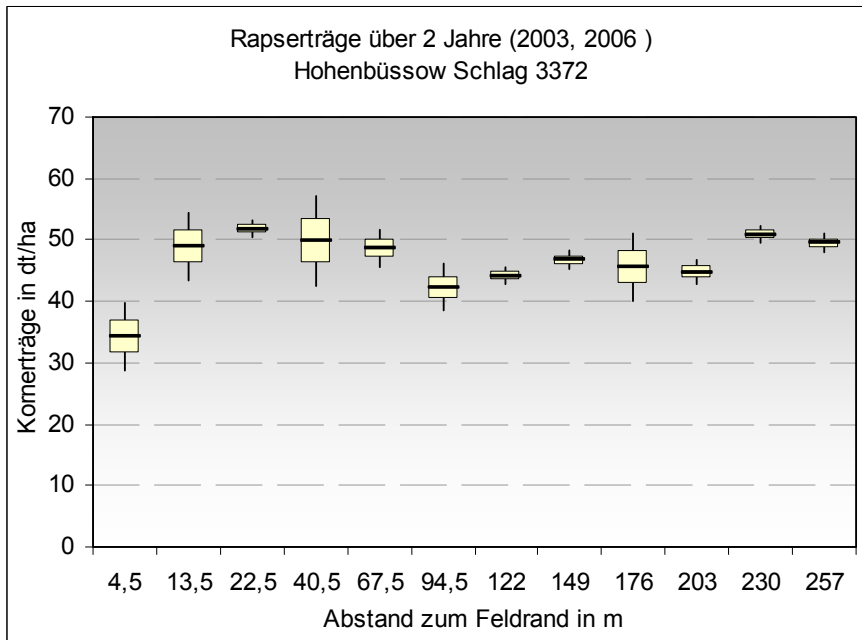


Abb. A 2.23: Auswertung der Winterrapsertträge in dt/ha bei 9 % Kornfeuchte (A. Möndel)

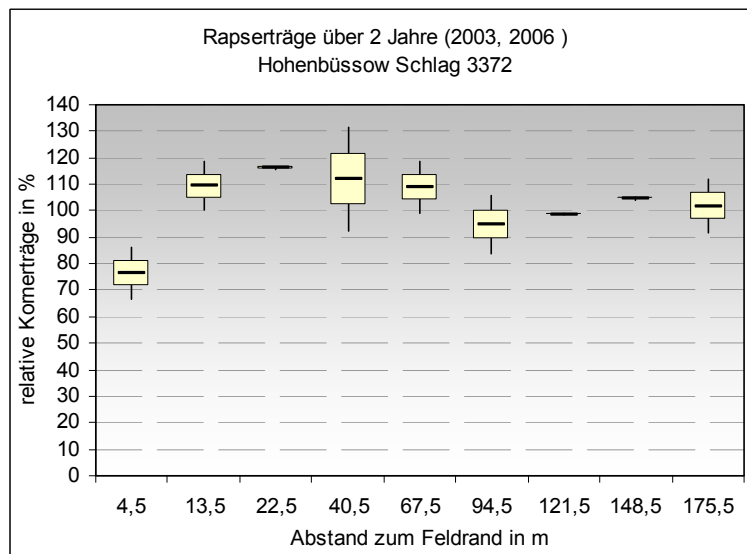


Abb. A 2.24: Auswertung der Winterrapsertträge in % bei 9 % Kornfeuchte (A. Möndel)

Die Abbildungen A 2.23 und 24 zeigen die Auswertung der Rapsertträge der Jahre 2003 und 2006 in absoluter und relativer Menge.

Im Bereich von 0-9 m Abstand zur Baumreihe liegt der Median des Rapserttrages bei 34 dt/ha und 76 % relativem Ertrag. Für diesen Abstand von der Ahornallee wurden in der Lichtsimulation des Instituts für Waldwachstum (Universität Freiburg) 46 % der relativen Lichtmenge festgestellt.

Von 9-18 m Abstand liegt der Rapserttrag bei 49 dt/ha und 109 % relativem Ertrag. Die verfügbare relative Lichtmenge beträgt 75 %.

Im Bereich von 18-27 m Abstand zur Baumreihe liegt der Rapserttrag bei 52 dt/ha und bei 115 % relativem Ertrag. Die verfügbare relative Lichtmenge beträgt 89 %.

Bis zu einer Entfernung von etwa 90 m ist der Winterrapserttrag um 9 % höher als der relative Ertrag von 100 % in der Schlagmitte (81-189 m Abstand zum Feldrand). Für die Auswertung ist zu beachten, dass es sich 2003 und 2006 jeweils um extreme Trockenjahre handelt.

Die Winterrapsertträge können in Trockenjahren im Einflussbereich der Baumreihe bereits mit 75 % der Lichtmenge den Kornertrag in der Schlagmitte um 9 % übersteigen. Im Bereich von 18-27 m Abstand zur Baumreihe kann bei einer relativen Lichtmenge von 89 % mit einer Ertragssteigerung von 15 % gerechnet werden. Die Entfernung von 18-28 m entspricht der ein- bis zweifachen Baumhöhe. Der ertragssteigernde Effekt kann bis zu einer Entfernung von rund 90 m beobachtet werden. Diese Entfernung entspricht ungefähr der 6-fachen Baumhöhe. Damit ist bewiesen, dass auch Baumreihen ohne Unterwuchs Ertragssteigerungen bewirken können, wenn Wasser der limitierende Faktor ist. Durch Veränderungen des Mikroklimas (s. Abschnitt A2-2.6.1) standen den Pflanzen in einer Entfernung bis zu 6-facher Baumhöhe größere Wasservorräte zur Verfügung.

Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Agroforstsysteme

Die Abstände der Ahornbäume in der Reihe von 15 m entsprechen den möglichen Abständen in Baumreihen moderner Agroforstsysteme. Die Bäume sind bis zu 5 m aufgeastet. In einem modernen Agroforstsystem hätte man versuchen können, den astfreien Stamm noch etwas zu verlängern. Da es sich um einen guten und tiefgründigen Ackerstandort handelt, kann man davon ausgehen, dass weitere Astungsmaßnahmen theoretisch möglich gewesen wären.

Eine weitere Astung würde bedeuten, dass sich die Lichtverhältnisse auf der Ackerfläche verbessern, da der Anteil des diffusen Lichts unter den Baumkronen mit steigendem Abstand zwischen Baumkrone und Boden zunimmt (s. Abschnitt A2-2.6.1). Eine bessere Lichtversorgung in Baumnähe könnte weitere Ertragssteigerungen bedeuten, wenn Licht der limitierende Faktor ist.

Die größten Ertragssteigerungen wurden in einem Abstand von 18-27 m vom Baumstreifen gemessen. Auf dieser Fläche würde es sich für die Etablierung eines modernen Agroforstsystems empfehlen, die Baumreihen in Abständen von mindestens 30 m anzupflanzen. Bei der Wahl des Baumreihenabstands muss beachtet werden, dass Windschutzeffekte im Luv und im Lee auftreten; deshalb kann der Abstand größer als 27 m gewählt werden. Bei einem Baumreihenabstand von über 30 m beträgt der Flächenanteil der Baumstreifen weniger als 6 %. Mit einem Mehrertrag von 15 % lohnt sich die Anlage von Baumstreifen in trockenen Jahren besonders.

2.7.2 Lichtmessungen

M. Oelke, A. Chalmin

Im Rahmen des Teilprojektes Agrar konnten Lichtmessungen an drei verschiedenen Standorten realisiert werden. Ziel der Messungen war es, die relative Lichtverfügbarkeit unter geasteten Bäumen in verschiedenen Abständen zu den Stämmen zu untersuchen. Die Ergebnisse sollen dabei helfen, die Auswirkungen von Agroforstbäumen auf landwirtschaftliche Kulturen besser abzuschätzen. Im Allgemeinen wird angenommen, dass der Einfluss der Baumschatten bis zum 15. Lebensjahr zu vernachlässigen ist und danach mehr und mehr zunimmt. Belastbare Zahlen aus modern angelegten mitteleuropäischen Agroforstsystemen hierzu liegen jedoch bisher nicht vor, auch weil ältere, nach heutigen Maßstäben gestaltete Systeme zur Wertholzproduktion in Deutschland nicht existieren. Für die Untersuchung wurden daher zwei Bestände in Bopfingen (Ostalbkreis) und Angelbachtal (bei Karlsruhe) ausgewählt, deren Bäume von der Behandlung her den Konzepten moderner Agroforstsysteme nahe kommen (insbesondere in Bezug auf die Astung). Die verfügbaren Bestände waren zum Zeitpunkt der Messungen zwischen 11 und 15 Jahre alt und liegen daher mit Hinblick auf die oben angeführte Hypothese in einem interessanten Alter.

Zusätzlich wurden Messungen an einer vergleichsweise alten Walnussbaum-Anlage in Kenzingen (Rheintal bei Freiburg) durchgeführt. Die Ergebnisse der Lichtmessungen aus diesen Beständen können jedoch aufgrund mehrerer Faktoren lediglich als Anhaltswerte für die Verhältnisse in Agroforstsystemen gesehen werden: Zum einen waren in den untersuchten Beständen die Pflanzabstände in den Reihen deutlich geringer (teils nur 4 m statt 15 m). Somit wird der Lichtgenuss von der Seite her vor allem in jüngeren Jahren deutlich stärker eingeschränkt, als dies bei einem größeren Baumabstand der Fall wäre. Weiter liegt auch die Astungshöhe in einem der Bestände mit 4 m etwas unter den in Agroforstsystemen wünschenswerten Maßen und bewirkt somit auch eine größere Kronenausdehnung und stärkere Beschattung.

Messmethodik

Die Durchführung der Lichtstärkenmessungen erfolgte über hemisphärische Fotos (senkrecht nach oben aufgenommene 180°-Bilder), die digital ausgewertet wurden. Für die Aufnahmen stand im Projekt eine digitale Kamera mit Fisheye-Objektiv vom Institut für Waldbau der Universität Freiburg zur Verfügung. Fisheye-Bilder werden seit Ende der 1950er Jahre für Analysen im forstlichen Kontext verwendet, seit 1980 existiert Software für präzise Auswertungen. Für Untersuchungen im Hinblick auf Lichtmengen und Lichtqualitäten eignet sich sehr gut das 1996 von Hans ter Steege entwickelte Programm *WINPHOT 5.0*, das im Internet unter http://www.bio.uu.nl/~herba/Guyana/winphot/wp_index.htm zur freien Verfügung abrufbar ist. Ursprünglich war dieses Programm für Fragestellungen in den Tropen konzipiert, es liefert jedoch auch in den gemäßigten Breiten zuverlässige Ergebnisse und wird hier seit vielen Jahren erfolgreich verwendet. Für eingenordete Bilder berechnet das Programm nach Eingabe der Koordinaten, der Höhe über NN und der Abweichung von magnetisch-Nord für jeden einzelnen Tag des Jahres den Lauf der Sonne über den Horizont. Auf Basis dieser Sonnenbahnen errechnet *WINPHOT* die Intensitäten des direkten und diffusen Lichts unterhalb der Krone (verglichen mit den Lichtmengen oberhalb der Krone) und stellt diese als Mittelwerte für das gesamte Jahr dar. Zusätzlich lassen sich weitere

Parameter berechnen, zum Beispiel das Verhältnis zwischen roter und infraroter Strahlung. Eine Funktion des Programms ist auch die Darstellung der Lichtmengen über den Lichteinfallswinkeln von 0° bis 90° . Die wichtigsten Ergebnisse der Auswertung sind die Quotienten der Lichtmengen über und unter der Krone:

- Direct Site Factor (DSF – Anteil des direkten Sonnenlichts unter der Krone),
- Indirect Site Factor (ISF – Anteil des diffusen Sonnenlichts unter der Krone),
- Total Site Factor (TSF – Anteil der gesamten Lichtmenge unter der Krone).

Die Aufnahmen wurden bei klarem Himmel kurz nach Sonnenuntergang gemacht. Dies gewährleistete eine möglichst einheitliche Helligkeit des Himmels, was für die Genauigkeit der Ergebnisse wichtig ist. Auf einer senkrecht zur Baumreihe stehenden Linie wurden Fotos in definierten Entfernungen zwischen 0,5 m und 20 m Baumabstand gemacht. Um gute Resultate zu erzielen, wurden je Messpunkt drei Aufnahmen mit verschiedenen Beleuchtungsstärken gemacht. Die Fisheye-Linse befand sich dabei 90 cm über dem Boden. Bei den Messungen in Angelbachtal waren die Lichtverhältnisse und die Umgebung der Fläche nicht optimal, weshalb auf Grundlage der Bilder durch Bildbearbeitungen zwei künstliche Szenarien geschaffen und bewertet wurden. Die Ergebnisse aus diesem Bestand können daher nur als grobe Hinweise auf die Lichtverhältnisse unter Kirschbäumen bei ähnlicher Behandlung gesehen werden.

Die Ergebnisse der Lichtmessungen im Einzelnen:

A) Bopfingen



Diese Kirsche befindet sich am Rande einer Wertholzfläche (Erstaufforstung im Weitverband) mit anderen Bäumen wie Walnuss, Birne und Speierling. Die Pflanzabstände der Bäume betragen 4×6 m. Die Kirsche ist 11 Jahre alt und wurde bis auf 4 m geastet. Ihr Stammdurchmesser beträgt 22 cm. Der Baum grenzt direkt an eine Ackerfläche. Die Ausrichtung der Baumreihe ist NW-SO, die Messungen erfolgten also in nord-östlicher Richtung vom Baum weg.

Für diesen Baum wurden Bilder im Abstand von 0,5 m, 1,5 m, 2,5 m, 4,5 m, 7,5 m, 11 m und 20 m vom Stamm ausgewertet.

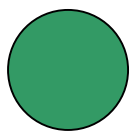
Abb. A 2.25: Für die Lichtmessungen ausgewählte Kirsche (M. Oelke)



Beim Lesen der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die Kirsche und die Nachbarbäume nicht so weit aufgeastet sind wie in einem Agroforstsystem in diesem Alter gewünscht. Zudem ist der Abstand zu den Nachbarbäumen gering.

Abb. A 2.26: Die Lichtverhältnisse unter der 11-jährigen Kirsche (Astungshöhe 4 m) im Abstand von 1,5 m zum Stamm. (M. Oelke)

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Auswertung dargestellt:



0,5	1,5	2,5	4,5	7,5	11	20	Abstand zum Stamm in m
29	33	39	57	72	86	95	Gesamt-Lichtmenge i.V. zum freien Feld in %

Tabelle A 2.3: Relative Lichtmenge unter einer auf 4 m geasteten, 12 Jahre alten Kirsche (A. Chalmin)

Die in Tabelle A 2.3 wiedergegebenen Messwerte sind in der folgenden Abbildung graphisch dargestellt. Darüber hinaus informiert die Abbildung, wie sich die Anteile der direkten und diffusen Sonnenstrahlung an den jeweiligen Messpunkten zusammensetzen:

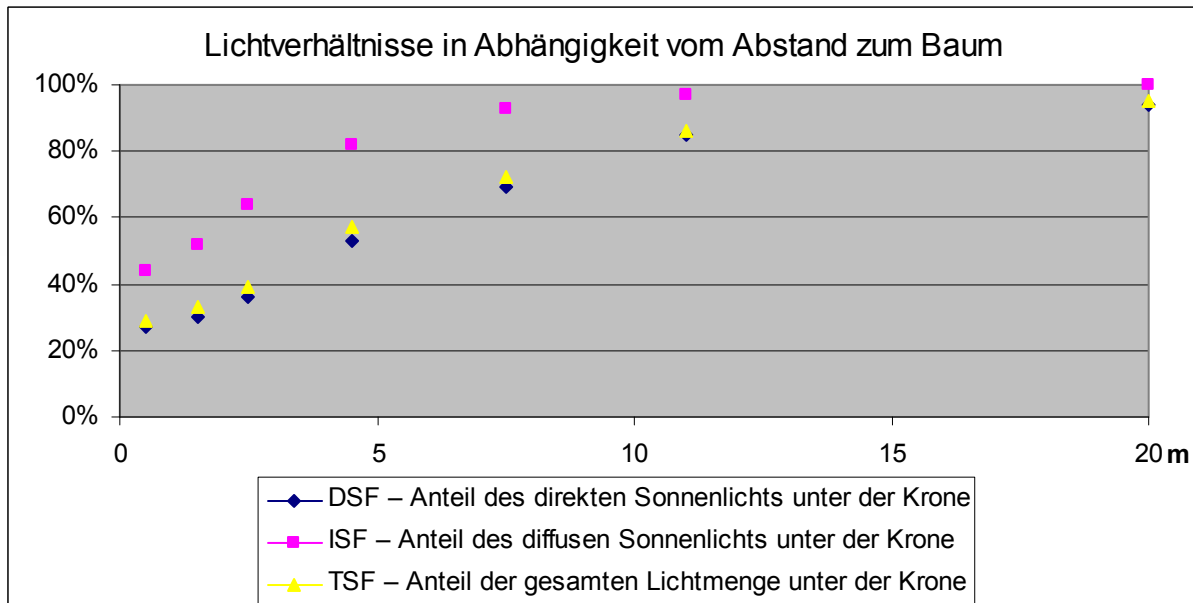


Abb. A 2.27: Lichtverhältnisse in Abhängigkeit vom Baumabstand in Bopfingen (M. Oelke, A. Chalmin)

Abbildungen A 2.27 a-c zeigen den Jahreslauf der Lichtstärken und Lichtqualitäten an drei unterschiedlichen Messpunkten:

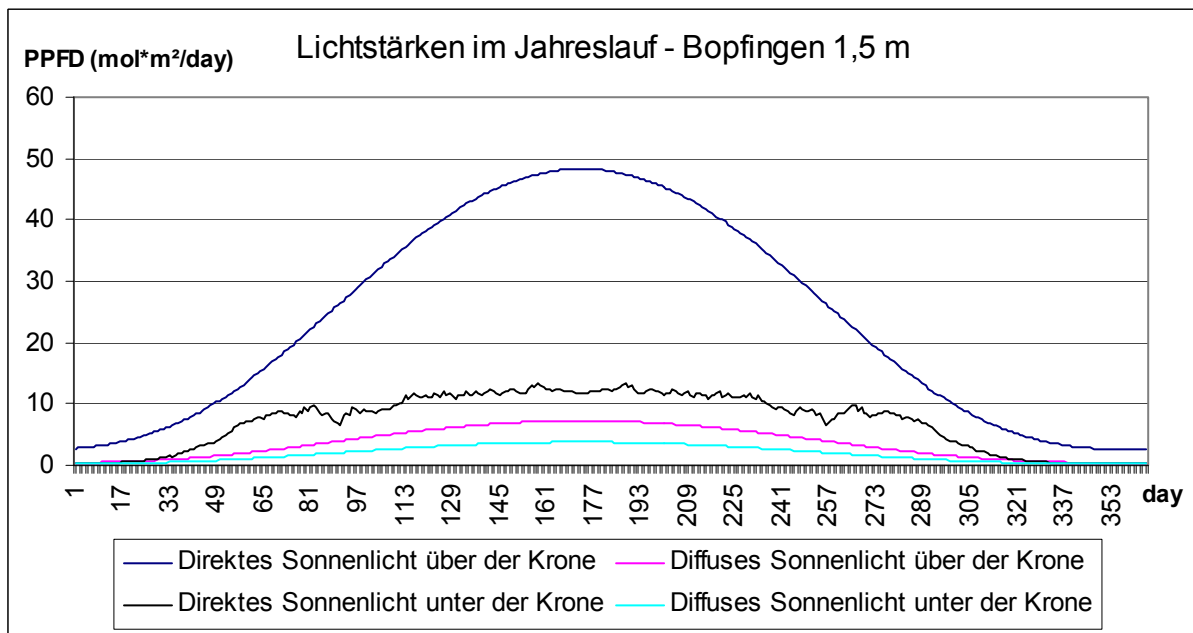


Abb. A 2.27a: Lichtstärken im Jahresverlauf im Abstand von 1,5 m. PPFD=Photosynthetically Active Photon Flux Density (M. Oelke, A. Chalmin)

Im Abstand von 1,5 m vom Baum sind die diffuse und die direkte Lichtstrahlung unterhalb der Krone deutlich geringer als oberhalb der Baumkrone. In der Wintersaison sind die Differenzen insgesamt weniger stark ausgeprägt.

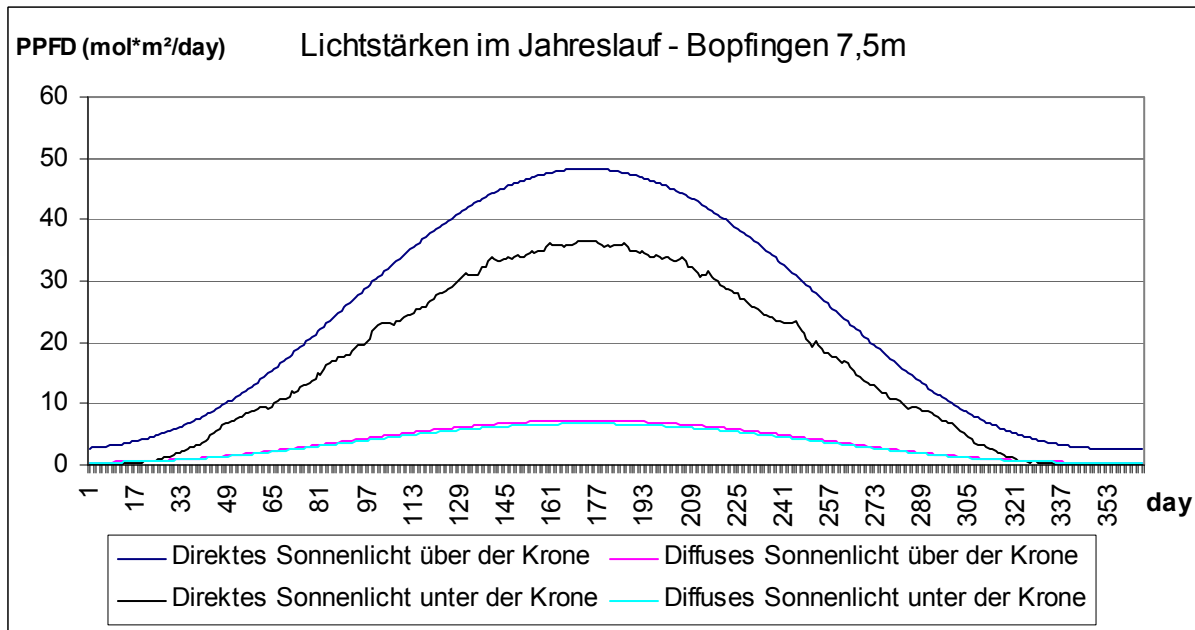


Abb. A 2.27b: Lichtstärken im Jahresverlauf im Abstand von 7,5 m. PPFD=Photosynthetically Active Photon Flux Density (M. Oelke, A. Chalmin)

Im Abstand von 7,5 m von der Baumkrone ist die Intensität der diffusen Lichtstrahlung ober- und unterhalb der Baumkrone fast identisch. Das direkte Sonnenlicht unterhalb der Baumkrone ist wesentlich weniger reduziert als bei 1,5 m Baumabstand. Im Sommerhalbjahr sind die Unterschiede deutlicher ausgeprägt.

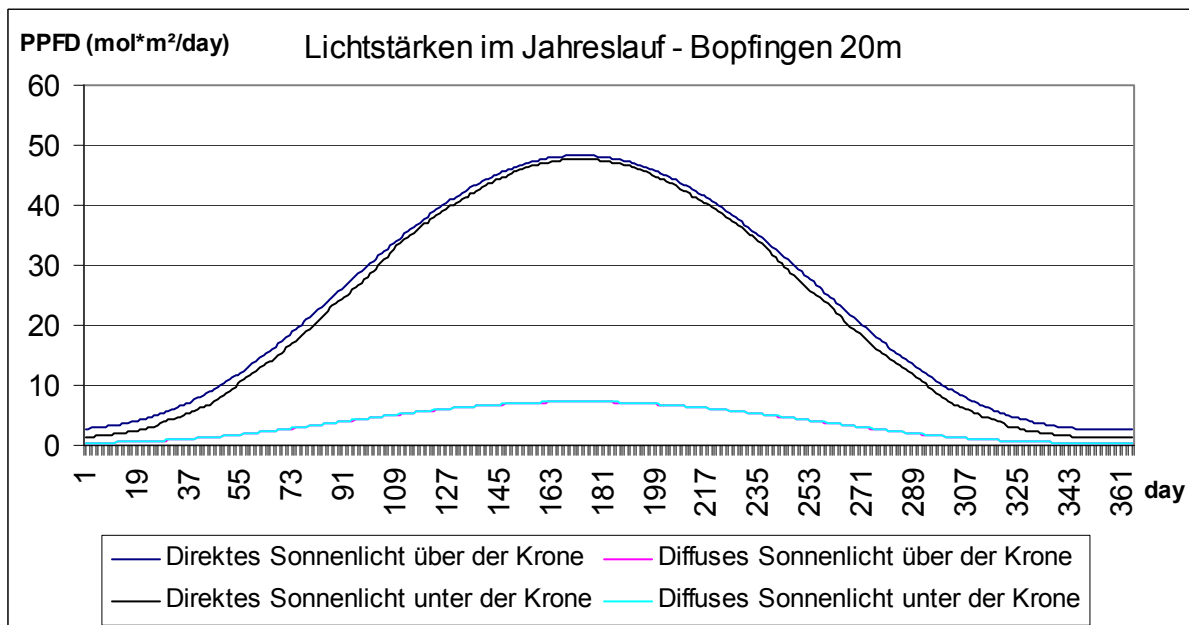


Abb. A 2.27c: Lichtstärken im Jahresverlauf im Abstand von 20 m. PPFD=Photosynthetically Active Photon Flux Density (M. Oelke, A. Chalmin)

Im Abstand von 20 m ist der Einfluss der Baumkrone fast nicht mehr spürbar. Die diffuse Lichtmenge erfährt durch die Baumreihe keine Einschränkung. Die Menge an direktem Sonnenlicht ist von den Bäumen noch im geringen Maße beeinflusst.

Wie schon in der Einführung zu dieser Fläche erwähnt, stehen die Bäume in der Wertholzanlage wesentlich dichter als in einem Agroforstsystem. Ein Baumreihenabstand von 6 m und ein Baumabstand von 4 m in der Reihe sind für ein Agroforstsystem auf landwirtschaftlichen Flächen nicht relevant. Die Anzahl von 50 Bäumen pro Hektar würde um das Achtfache überschritten werden. Durch die hohe Baumdichte ist der Schattenwurf der Nachbarbäume stärker als in einem Agroforstsystem im gleichen Baumalter. Auch die astfreie Stammlänge schränkt die Übertragbarkeit der eben dargestellten Ergebnisse auf einen Agroforstbaum zu einem gewissen Grad ein. Die beiden beschriebenen Einschränkungen bewirken, dass der Schattenwurf auf dieser Fläche größer ausfällt. Stehen die Bäume in weiteren Abständen und werden sie höher geastet, ist von einer größeren Verfügbarkeit von diffuser und direkter Sonnenstrahlung auszugehen.

B) Angelbachtal



Abb. A 2.28 a und b: Die Lichtmessung unter Kirschen in Angelbachtal (M. Oelke)



Abb. A 2.28c: der Bestand in Angelbachtal

Die zweite Messung fand an 12 bis 15-jährigen Kirschen statt, die auf 6 m Höhe geastet wurden und einen BHD¹ von 20 cm aufweisen. Damit sind die Bäume für Messungen sehr gut geeignet. Leider wurden die Aufnahmen durch zwei Böschungen, Weihnachtsbäume und verstreut im Umfeld stehende Kirschen beeinträchtigt. Auf einer Ackerfläche ist eher davon auszugehen, dass der Raum unterhalb der Kronen strukturfrei ist und dass die Bäume in größeren

und regelmäßigeren Abständen stehen.

Die Bilder wurden daher soweit wie möglich retuschiert, damit in der Auswertung nur noch die interessanten Elemente berücksichtigt wurden.

Einen Einfluss auf die Ergebnisse haben die nicht retuschierten Böschungen, Lichtreflexionen in der Krone (Sonnenschein am Aufnahmetag) und der Wind (bewegte Blätter und Zweige). Je Baumabstand wurden, wie auch auf den anderen Flächen, immer mehrere Bilder aufgenommen und ausgewertet. Zwischen den verschiedenen Aufnahmen gab es trotz ständig wechselnder Licht- und Windverhältnisse nur äußerst geringfügige Abweichungen, weshalb vermutet werden kann, dass der durch Licht und Wind entstandene Fehler insgesamt eher gering ist.

Es wurden zwei Szenarien für die Baumabstände 0,5 m, 1,5 m und 7,5 m berechnet:

1. eine einzelne Kirsche im Norden der Messpunkte,

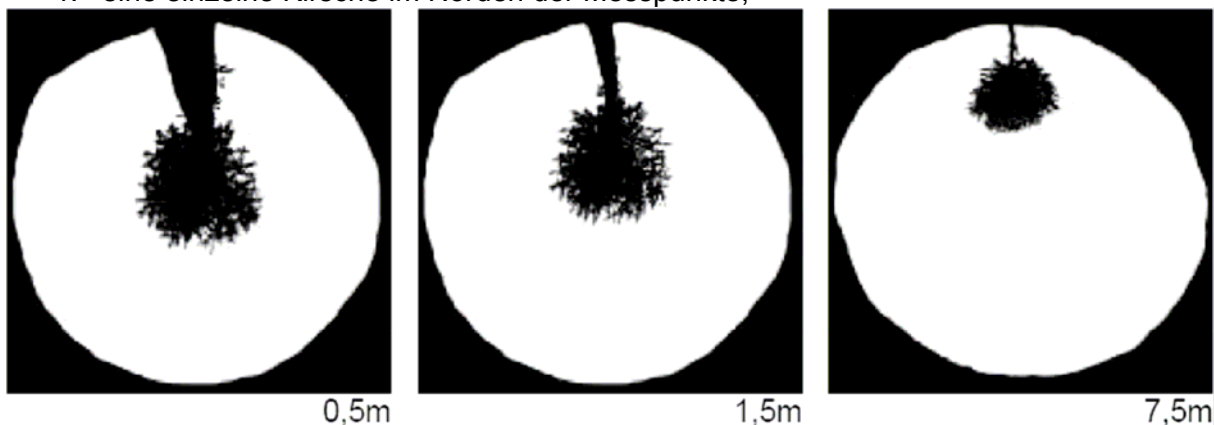


Abb. A 2.29: Ausgewertete Bilder für das Szenario Nummer 1 (M. Oelke)

¹ BHD = Brusthöhendurchmesser = Stammdurchmesser eines Baumes in 1,3 m Höhe.

2. eine Reihe von Kirschen in Nord-Süd-Ausrichtung, Baumabstand 15 m.

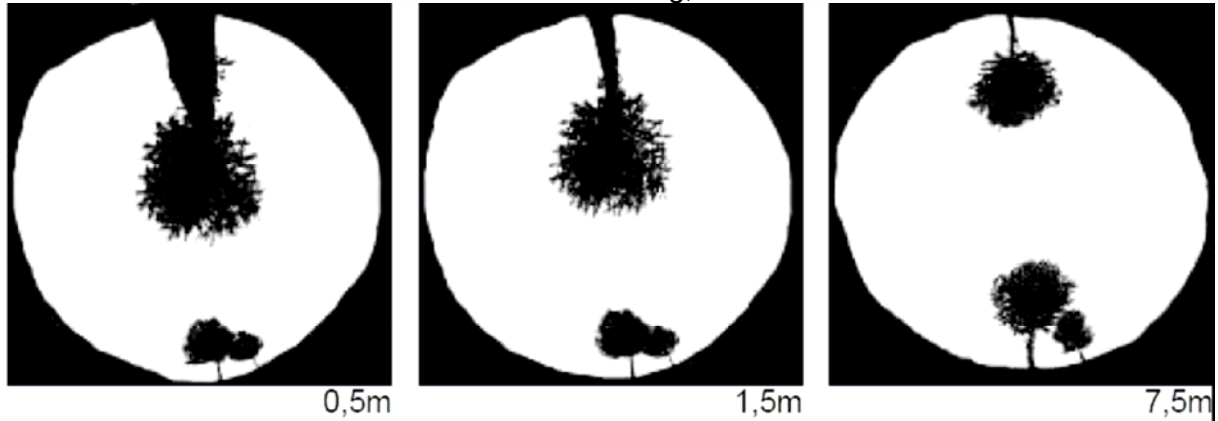


Abb. A 2.30: Ausgewertete Bilder für das Szenario 2 (M. Oelke)

Für das erste Szenario ergaben sich die folgenden Messwerte:

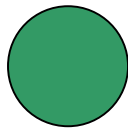
	0,5	1,5	7,5	Abstand zum Stamm in m
		98	98	100

Tabelle A 2.4: Relative Lichtmenge unter einer auf 6 m geasteten, 12 bis 15 Jahre alten Kirsche (A. Chalmin)

Die in Tabelle 6 wiedergegebenen Messwerte sind in der folgenden Abbildung graphisch dargestellt. Darüber hinaus informiert die Abbildung, wie sich die Anteile der direkten und diffusen Sonnenstrahlung an den jeweiligen Messpunkten zusammensetzen:

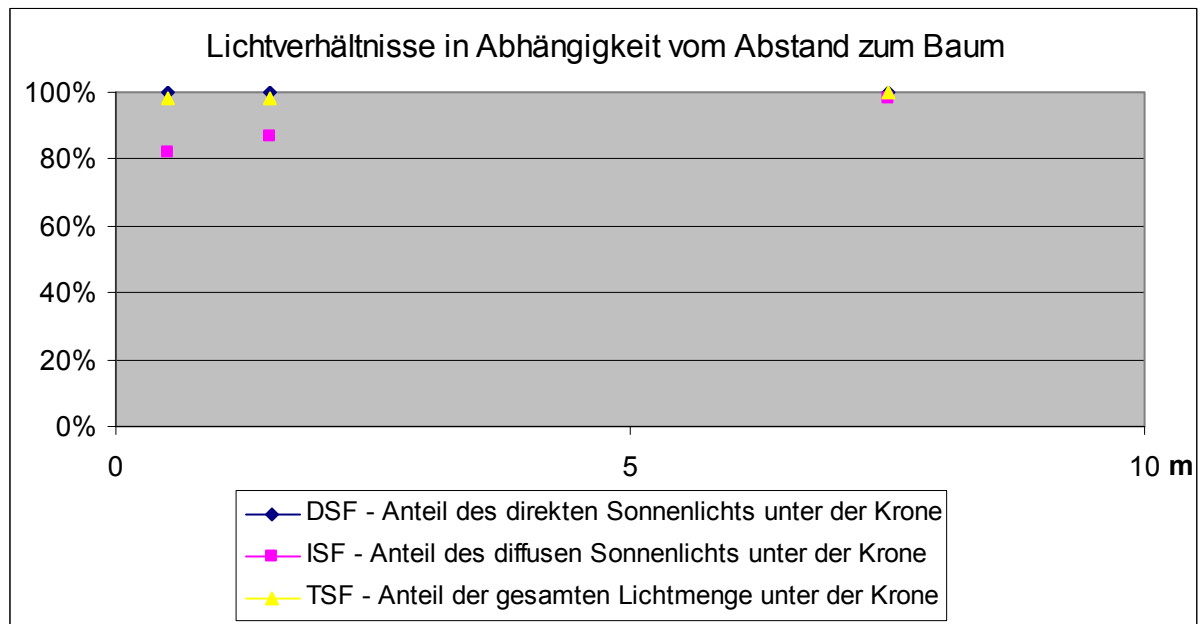


Abb. A 2.31: Lichtverhältnisse in Abhängigkeit vom Baumabstand unter einer 12-15-jährigen Kirsche (M. Oelke, A. Chalmin)

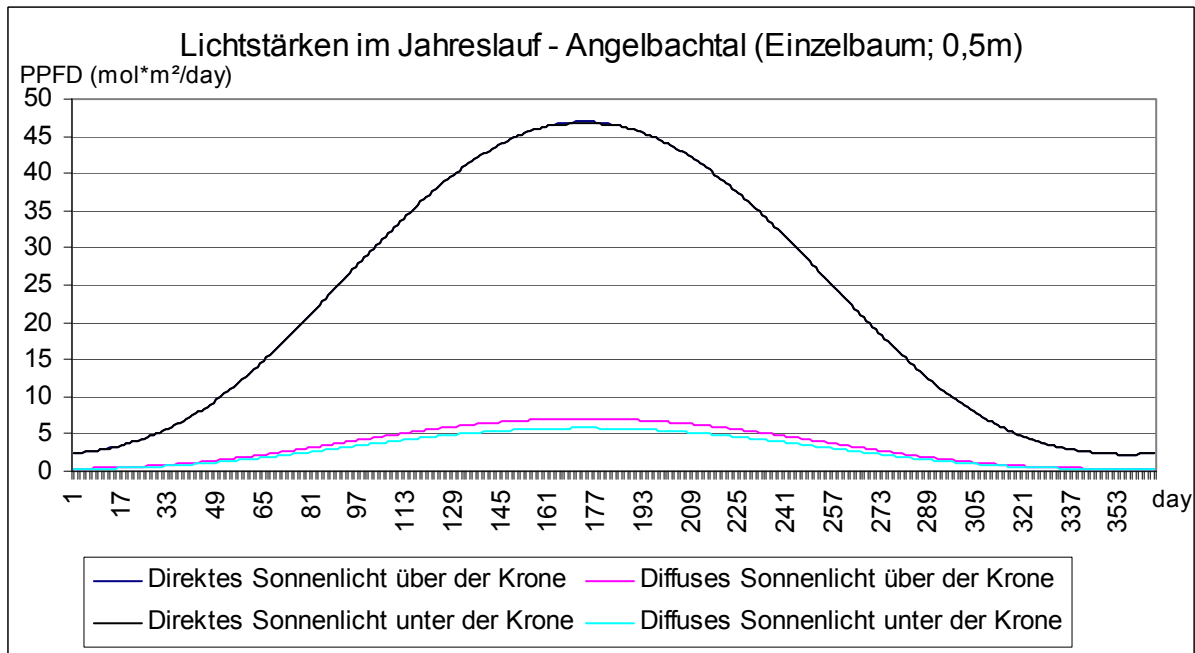
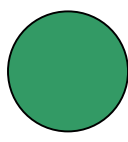


Abb. A 2.32: Lichtstärken im Jahresverlauf unter einer 12-15 jährigen Kirsche. PPFD=Photosynthetically Active Photon Flux Density (M. Oelke, A. Chalmin)

Bei den Ergebnissen ist interessant, dass der einzelne Kirschbaum aufgrund des geringen Kronendurchmessers und seiner Position im Norden das direkte Licht auch zum Höchststand der Sonne im Sommer in einer Entfernung von 0,5 m zum Stamm nicht beeinträchtigt. Verglichen mit der ersten Messung in Bopfingen machen sich der kleinere Kronendurchmesser und der längere astfreie Stamm deutlich bemerkbar. Der Anteil an diffusem und direktem Sonnenlicht unterhalb der Krone ist unter der geasteten Kirsche im Angelbachtal signifikant höher.

Bei der Auswertung der Lichtverhältnisse unter der geasteten Baumreihe (Szenario 2) ergeben sich ähnliche Ergebnisse wie für das Szenario des einzelnen Kirschbaums:

	0,5	1,5	7,5	Abstand zum Stamm in m
	96	95	88	Gesamt-Lichtmenge i.V. zum freien Feld in %

Tab. A 2.5: Relative Lichtmenge unter einer auf 6 m geasteten Wertholzreihe aus Kirschen (12 bis 15 Jahre, Baumabstand circa 15 m) (A. Chalmin)

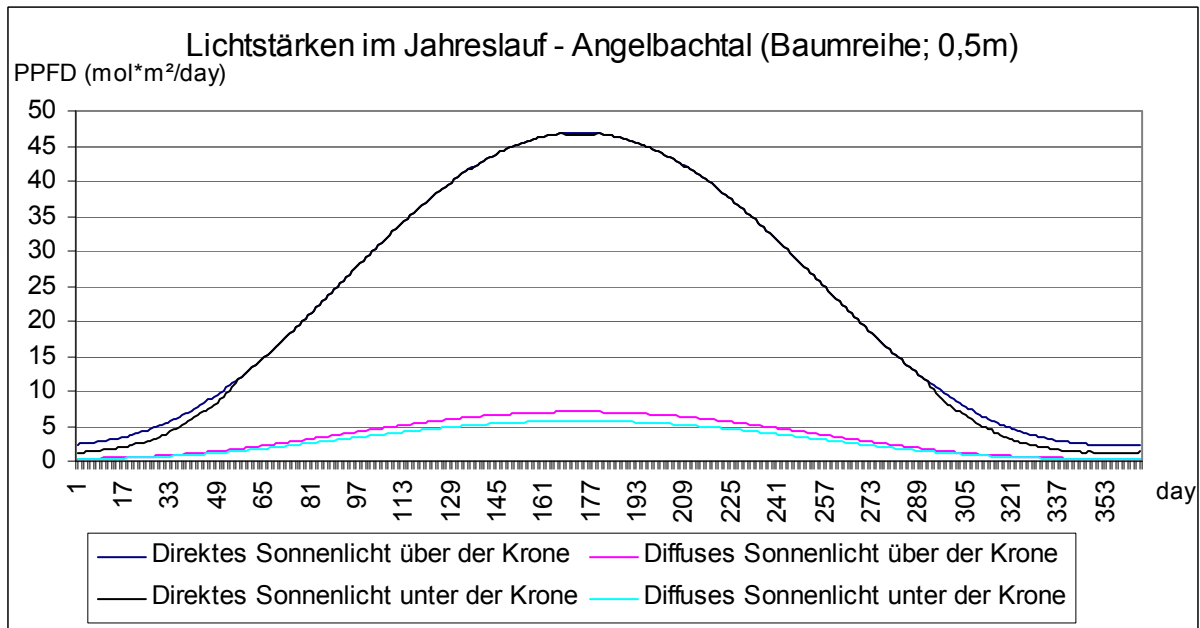


Abb. A 2.33: Lichtstärken im Jahresverlauf unter einer Baumreihe mit 12-15 jährigen Kirschen (M. Oelke, A. Chalmin)

Bei der Modellierung der Baumreihe wird entsprechend deutlich, dass der direkte Lichtgenuss in dieser Anordnung in Stammnähe am größten ist (98 %), durch die Beschattung des nächsten Baumes im Süden nimmt er mit zunehmender Entfernung von Stamm ab (88 % bei 7,5 m). Mit dem diffusen Licht verhält es sich umgekehrt: Es ist am stärksten in einer Entfernung von 7,5 m, in der Mitte zwischen den beiden Bäumen.

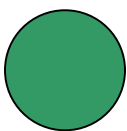
Aufgrund der Retuschen geben die Aufnahmen eine künstliche Situation wieder, die nicht der Wirklichkeit entsprechen muss. Die Ergebnisse können jedoch als ungefähre Anhaltswerte für Agroforstsysteme in ähnlichen Stadien und mit vergleichbarer Anordnung gesehen werden.

C) Kenzingen



Diese Walnuss ist 55 - 60 Jahre alt und wurde auf 2,85 m geastet. Einige ihrer unteren Äste neigen sich zum Boden bis in circa 1 m Höhe. Der Baum steht in einer Doppelreihe aus Walnüssen, die im Abstand von ca. 6 - 8 m gepflanzt wurden. Die Ausrichtung der Bäume ist SSW-NNO, die Messungen erfolgten in Richtung OSO. Der Baum grenzt an eine Grünlandfläche.

Abb. A 2.34: Die Lichtmessungen wurden an diesem Walnussbaum durchgeführt (M. Oelke)



0,5	1,5	2,5	4,5	Abstand zum Stamm in m
5	5	6	6	Gesamt-Lichtmenge i.V. zum freien Feld in %

Tab. A 2.6: Relative Lichtmenge unter einer auf 2,85 m geasteten, 55 bis 60 Jahre alten Walnuss (A. Chalmin)

Die in Tabelle A 2.6 wiedergegebenen Messwerte sind in der folgenden Abbildung graphisch dargestellt. Darüber hinaus informiert die Abbildung, wie sich die Anteile der direkten und diffusen Sonnenstrahlung an den jeweiligen Messpunkten zusammensetzen:

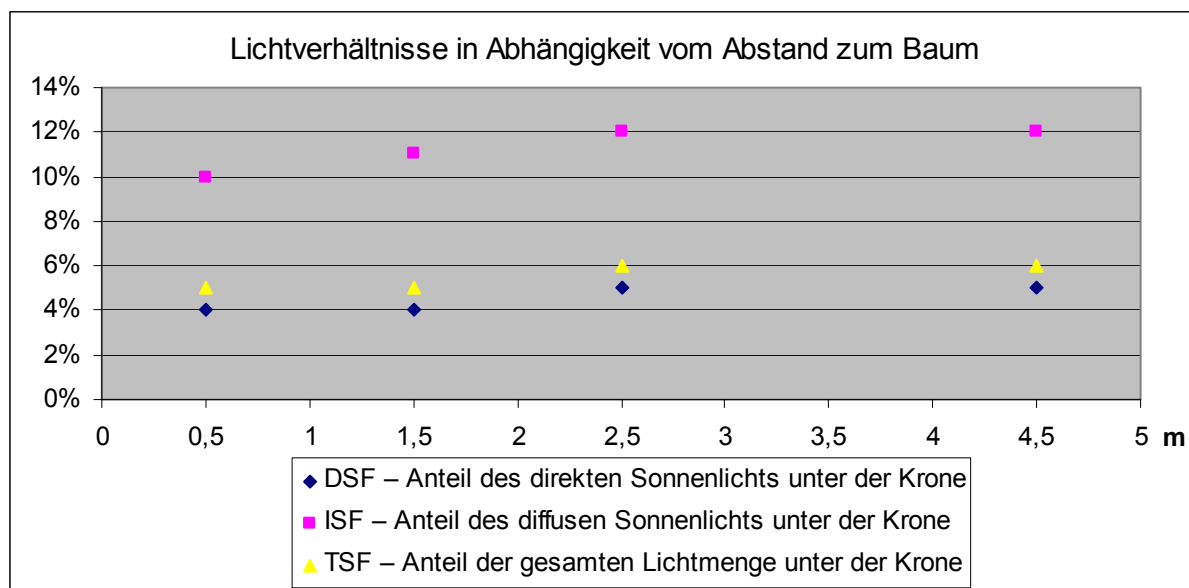


Abb. A 2.35: Lichtverhältnisse in Abhängigkeit vom Baumabstand (M. Oelke, A. Chalmin)

Die Bedeutung von diffuser und direkter Lichtstrahlung im Jahresverlauf wird in den folgenden Abbildungen anhand von zwei Messpunkten dargestellt:

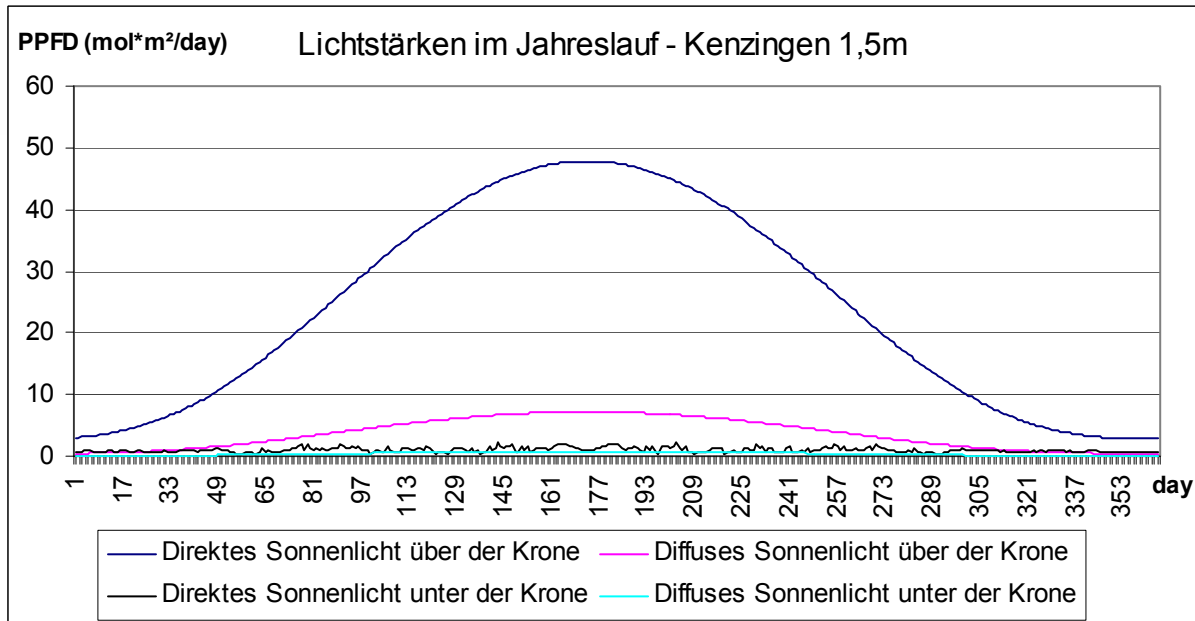


Abb. A 2.36a: Lichtstärken im Jahresverlauf im Abstand von 1,5 m (M. Oelke, A. Chalmin)

Sowohl die direkte als auch die diffuse Lichtstrahlung ist unterhalb dieser voll entwickelten Krone sehr gering. Die Situation ist auch mit zunehmendem Abstand vom Stamm fast unverändert.

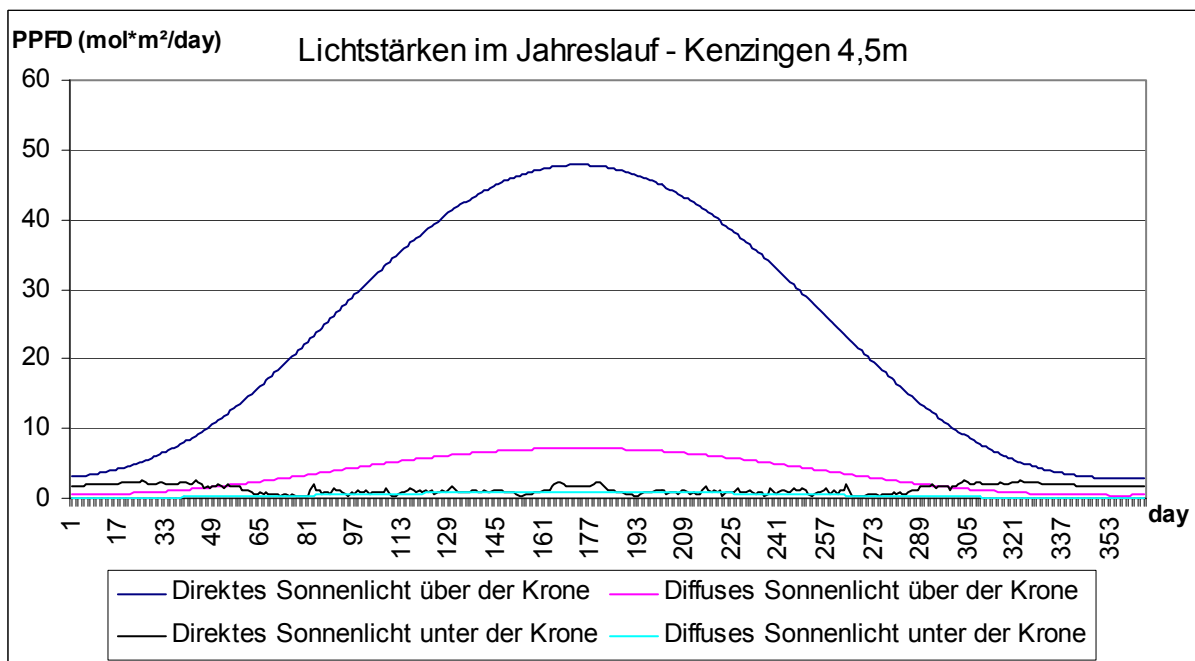
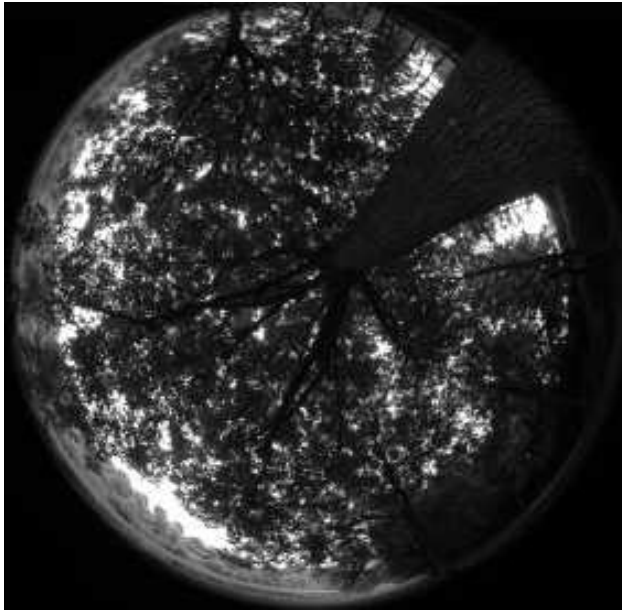


Abb. A 2.36b: Lichtstärken im Jahresverlauf im Abstand von 4,5 m (M. Oelke, A. Chalmin)

Diese Auswertung zeigt im Vergleich zu den ersten Messungen, wie stark sich die Lichtbedingungen unterhalb von Baumkronen im zunehmenden Baumalter ändern und wieso Wertholzbäume in einem Agroforstsystem auch aus landwirtschaftlicher Sicht unbedingt

geastet werden müssen. Ein auf weniger als 3 m geasteter Baum mit herabhängenden Ästen würde in seiner nahen Umgebung sehr starke Ertragseinbußen bewirken und wäre zudem den bearbeitenden Maschinen im Wege. Wie im ersten Beispiel befinden sich die Bäume innerhalb der Baumreihe auch hier in einem Abstand, der für ein Agroforstsystem nicht relevant ist: der doppelte Abstand wäre angebracht.



Aufgrund der größeren Baumabstände und des längeren astfreien Stammes ist eine starke Reduktion der direkten und indirekten Sonneneinstrahlung in Baumnähe wie in diesem Beispiel in einem Agroforstsystem zu keinem Zeitpunkt zu erwarten.

Abb. A 2.37: Die Lichtverhältnisse unter einer 55 - 60jährigen Walnuss (Astungshöhe 2,85 m) in einem Abstand von 0,5 m zum Stamm.

A.3 Bewertung der Kultursysteme

Im Rahmen des Arbeitspaketes A3 sollen moderne Agroforstsysteme auf ihre Realisierbarkeit in der landwirtschaftlichen Praxis (Abschnitt 3.1), ihre Auswirkungen auf die Wasserqualität (Abschnitt 3.2) und ihre Wirtschaftlichkeit (Abschnitt 3.3) hin überprüft werden. In den Arbeitspaketen A1 und A2 wurden die Grundlagen für den Abschnitt A3-3.1 erarbeitet.

3.1 Moderne Agroforstsysteme in der landwirtschaftlichen Praxis

3.1.1 Realisierbarkeit aus rechtlicher Sicht

Die Bedingungen, aus denen sich die Möglichkeiten und Einschränkungen für moderne Agroforstsysteme aus rechtlicher Sicht ergeben, werden im Arbeitspaket A1 ausführlich dargestellt. Auf europäischer Ebene sind Agroforstsysteme aus rechtlicher Sicht realisierbar (A1-1.6). In Deutschland ist die Anlage moderner Agroforstsysteme aus rechtlicher Sicht schwierig, da die Systeme nicht klar definiert sind (A1-1.7). Das schränkt die Umsetzbarkeit in der Praxis und die Gestaltungsmöglichkeiten ein. Aus rechtlicher Sicht empfiehlt es sich, nicht mehr als 50 Bäume pro Hektar zu pflanzen und die Bäume möglichst gleichmäßig auf der Fläche zu verteilen (A1-1.12). Die Anlage von mehrreihigen Systemen oder eine gruppenweise Pflanzung von Bäumen, wie sie in manchen Ländern üblich ist, ist als Managementoption derzeit nicht zu empfehlen:

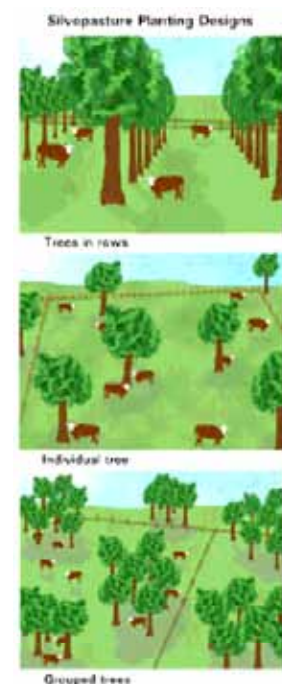


Abb. A 3.1: einreihige und doppelreihige Versuchsfläche des UMCA (University of Missouri Center for Agroforestry, USA). (Quelle: Peters, S.M., 2001: Agroforestry. An Integration of Land Use Practices. University of Missouri Center for Agroforestry, 12 S).

Abb. A 3.2: Empfohlene Anagemöglichkeiten für silvopastorale Agroforstsysteme in den USA. (Quelle: Peters, S.M., 2001: Agroforestry. An Integration of Land Use Practices. University of Missouri Center for Agroforestry, 12 S).

Alle weiteren Gesetze, die bei der Anlage von Agroforstsystemen beachtet werden müssen, werden in A1-1.10 erläutert.

Ob die Anlage moderner Agroforstsysteme auf landwirtschaftlichen Flächen rechtlich machbar ist, entscheiden die zuständigen Landwirtschaftsämter und die Naturschutzbehörden. Da Agroforstsysteme in Deutschland rechtlich nicht klar definiert sind, treten beim Dialog mit den Behörden in der Regel Schwierigkeiten auf. Äußert sich eine Behörde zur Planung eines Agroforstsystems, könnten diese Vorgaben die Gestaltungsmöglichkeiten bei der Anlage einschränken.

Traditionelle Agroforstsysteme sind im Vergleich zu moderneren Anlagen leichter realisierbar, da sie einen etablierten rechtlichen Status haben. Deshalb kann man eventuell über die Integration von Aspekten der modernen Wertholzproduktion in traditionelle Systeme wie Streuobstwiesen oder Walnussplantagen nachdenken. Lassen die Eigenschaften des Pflanzmaterials bei Walnüssen dies zu, könnte man die Erzeugung von Wertholz und Nüssen kombinieren. Die Bäume sollten dazu mindestens auf 2,50 m aufgeastet werden. Wird eine Streuobstanlage nicht für Tafelobst, aber für Mostobstverwertung genutzt, kann man bei Neupflanzungen oder beim Ersetzen von ausgefallenen Bäumen ebenfalls überlegen, durch Aufasten zwei Nutzungsaspekte zu kombinieren.

Der Ansatz der Verwertung von Holzprodukten aus Windschutzhecken ist schon verbreitet, zum Beispiel im Norden von Deutschland.

3.1.2 Realisierbarkeit aus agrarfachlicher Sicht

Die agrarfachlichen Bedingungen moderner Agroforstsysteme werden im Arbeitspaket A1 behandelt. Generell ist das Interesse an modernen Agroforstsystemen auf landwirtschaftlichen Flächen größer als auf forstlichen.

Allerdings trauen sich viele Landwirte die Anlage von Baumstreifen auf ihren Flächen nicht zu, da sie wenig Erfahrung im Umgang mit Bäumen haben und mit dem Management von Agroforstsystemen nicht vertraut sind.

Andere Landwirte stehen dem Konzept mit Skepsis gegenüber, da sie Bäume aus dem letzten Jahrhundert als Hindernis für die moderne Landwirtschaft kennen. Da es noch keine älteren und gut etablierten Beispielflächen zu Anschauungszwecken unter hiesigen Bedingungen gibt¹, kann es schwierig sein, diese Bedenken auszuräumen.

Der agrarfachliche Rahmen birgt für moderne Agroforstsysteme nicht nur Nachteile, sondern auch Chancen: Wenn es gelingt, Agroforstsysteme so zu nutzen, dass der Ertrag pro Flächeneinheit im Vergleich zu Monokulturen größer ist, dann werden Agroforstsysteme zu einer interessanten Nutzungsoption hinsichtlich der Flächenknappheit. Auch die immer höher

¹ Die älteste im Forschungsprojekt *agroforst* bekanntgewordene Fläche wurde vor 12 Jahren von der Universität Freiburg angelegt. Es handelt sich um eine kleine Fläche mit *Prunus avium*.

werdenden Ansprüche an die Landwirtschaft hinsichtlich ihrer ökologischen Leistungen können Agroforstsystemen eine Möglichkeit bieten, sich zu etablieren. Allerdings müssen die naturschutzfachlichen Leistungen moderner Agroforstsysteme unter hiesigen Bedingungen erst noch besser erforscht werden. In beiden Fällen sind Agroforstsysteme für die Landwirtschaft nur interessant, wenn sie rentabel sind.

3.1.3 Machbarkeit von Agroforstsystemen hinsichtlich des Arbeitsaufwandes

Agroforstsysteme sind für landwirtschaftliche Betriebe nur realisierbar, wenn der zusätzliche Arbeitsaufwand moderat ist und sich gut in die schon bestehenden Betriebsabläufe integrieren lässt.

Betrachtet man A2-2.4, wird deutlich, dass die größte Arbeitslast landwirtschaftlicher Betriebe auf die Monate März bis September verteilt ist. Das gilt vor allem für reine Ackerbaubetriebe; bei Betrieben mit Tierhaltung ist das ganze Jahr über „Saison“.

Die Betriebe müssen nach der Anlage eines Agroforstsystems für verschiedene Tätigkeiten Kapazitäten haben. Das Asten der Bäume ist keine jährliche Maßnahme (s. Teilprojekt Forst). Das späte Frühjahr ist aus forstlicher Sicht ideal; Astungen können aber auch im Winter durchgeführt werden. Das ermöglicht einen recht großen zeitlichen Spielraum.

Auf Ackerflächen muss Zeit für die Pflege der Baumstreifen eingeplant werden. Diese Maßnahme sollte man mindestens ein Mal jährlich durchführen. Baumstreifen sind nicht zu jedem Zeitpunkt gut zugänglich, vor allem nicht nach dem Längenwachstum der Ackerkulturen (z.B. Mais). Trotzdem gibt es genügend größere Zeitfenster, in denen die Pflege der Baumstreifen durchgeführt werden kann.

In den ersten Jahren nach der Pflanzung sollten außerdem regelmäßige Kontrollgänge eingeplant werden, um den Baumschutz zu überprüfen. Die Kontrolle kann in der Regel aber gut mit Arbeiten, die in der Nähe ausgeführt werden, verbunden werden. Die Bäume sind in den ersten Jahren generell arbeitsaufwändiger. Die Zahl der Astungen nimmt mit zunehmendem Alter ab. Sobald die Bäume gut etabliert sind, wird der Bewuchs der Baumstreifen stärker beschattet und macht ebenfalls weniger Arbeit.

Sobald auf landwirtschaftlichen Flächen mit Bäumen nicht spurgebundene Maschinen eingesetzt werden, besteht das Risiko von Mehrfahrten. Das soll an einem Beispiel erläutert werden: Beträgt der Abstand zwischen zwei Baumreihen 36 m und die Arbeitsbreite eines Mähdeschers 9 m, sollte eine fünfte unnötige Zusatzfahrt des Mähdeschers vermieden werden. Das gilt vor allem für größere Schläge; auf kleineren Flächen ist eine Zusatzfahrt aus ökonomischer Sicht eher tolerierbar. Da der Einsatz von GPS oder Kameras auf großen Schlägen immer gängiger wird, kann diese Technik zum Vermeiden von Zusatzfahrten eingesetzt werden.

3.1.4 Machbarkeit hinsichtlich der möglichen Interaktionen

Der Anbau von Werthölzern rentiert sich nach einem Zeitraum von 45 bis 60 Jahren. Bis dahin ist die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen die Haupteinnahmequelle. Deshalb ist eine Kombination der landwirtschaftlichen Nutzung mit Bäumen nur interessant, wenn die landwirtschaftlichen Erträge dadurch nicht wesentlich beeinträchtigt werden. Die Bäume müssen deshalb mit einem großen Spektrum an Ackerkulturen kombinierbar sein, damit der Betrieb flexibel auf Veränderungen der Nachfrage reagieren kann.

Eine Ausnahme bilden nicht rentable landwirtschaftliche Standorte (sogenannte Grenzertragsstandorte), auf denen nur noch die Mindestpflege durchgeführt wird: Ist eine Fläche aus landwirtschaftlicher Sicht nicht rentabel, spielt der Einfluss von Interaktionen eine weniger große Rolle.

Wie die möglichen Interaktionen in einem Agroforstsystem sich auf den Flächenertrag auswirken, hängt von ihrer Summe ab. Überwiegt der Einfluss der positiven (negativen) Interaktionen, ist der Ertrag im Vergleich zu einer Monokultur höher (niedriger). Nach Ong und Huxley (1996)² wird die Summe der Interaktionen vor allem von folgenden Faktoren bestimmt:

- den Effekten der Bäume auf die Bodenfruchtbarkeit,
- der Konkurrenz der Bäume mit den landwirtschaftlichen Kulturen um die Wachstumsressourcen Licht, Wasser und Nährstoffe,
- der Beeinflussung des Mikroklimas,
- den Einflüssen der Bäume auf Schädlinge und Krankheiten.

Bei der Anlage und Bewirtschaftung von Agroforstsystemen geht es vor allem darum, die Summe der positiven Interaktionen zu fördern und negative Interaktionen zu unterdrücken. Die größtmögliche Summe negativer Interaktionen tritt auf, wenn die Pflanzen in einer Mischkultur die gleiche ökologische Nische besetzen. Damit konkurrieren sie um dieselben Wachstumsressourcen. Die Konkurrenz zwischen den Pflanzen nimmt ab, wenn die Nischen zeitlich oder räumlich verschoben sind. Beispiele sind unterschiedliche Wurzeltiefen oder Vegetationszeiten.

Die Summe der positiven und der negativen Interaktionen kann also durch eine gezielte Auswahl der Pflanzen in Mischkulturen beeinflusst werden. Das ist vor allem auf Standorten wichtig, auf denen Wachstumsressourcen wie Wasser und Nährstoffe nicht in unbegrenzter Menge zur Verfügung stehen.

² Ong C.K., Huxley, P. (1996) „Tree-crop interactions: a physiological approach“, CABI/ICRAF, Wallingford, 408 S.



Abb. A 3.3: Unterschiedliche Vegetationsperioden für Raps und Linde (A. Möndel)

3.1.5 Auswahl möglicher Baumkomponenten

Ein Agroforstsystem kann nur erfolgreich bewirtschaftet werden, wenn die forstliche Komponente mit der landwirtschaftlichen Produktion nicht im großen Ausmaß um die Wachstumsressourcen konkurriert. Um eine rentable landwirtschaftliche Bewirtschaftung zu ermöglichen, ergeben sich von landwirtschaftlicher Seite verschiedene Anforderungen an die Baumkomponente:

Konkurrenz um Nährstoffe

Für Agroforstsysteme sind nur tiefwurzelnende Baumarten interessant, da flachwurzelnende Baumarten mit der landwirtschaftlichen Nutzung zu stark um Nährstoffe konkurrieren würden. Tiefwurzelnende Baumarten sind außerdem von Vorteil, da sie das Auswaschen von Nährstoffen verhindern und Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten mobilisieren können.

Unter dem Aspekt der Nährstoffversorgung ist die über die Baumblätter und Feinwurzeln freigesetzte Menge von Nährstoffen interessant. Da es hier Unterschiede zwischen den Baumarten gibt, könnten diese berücksichtigt werden. Beispielsweise ist das Laub von Eschen besonders reich an Stickstoff.

Konkurrenz um Wasser

Wenn Wasser nicht der limitierende Wachstumsfaktor und in ausreichender Menge vorhanden ist, ist der Wasserverbrauch der Bäume sekundär. Trotzdem sollte dieser Faktor bei der Auswahl der Baumarten berücksichtigt werden, zum Beispiel im Falle einer längeren Periode ohne Niederschlag.

Aus Untersuchungen in Wäldern ist bekannt, dass die Interzeptionsverluste für Laubwälder im belaubten Zustand 15-30 % betragen. In Nadelwäldern sind die Verluste um 15-25 % höher. Laubbäume erscheinen deshalb generell geeigneter als Nadelbäume.

In trockeneren Gebieten sind die geeignete Auswahl und die Anzahl der Bäume pro Hektar von besonderer Bedeutung, da die Konkurrenz mit den landwirtschaftlichen Kulturen hier ausgeprägter auftritt. In A2-2.6.1 wird erläutert, wieso das Pflanzen von Bäumen auf trockenen landwirtschaftlichen Standorten trotzdem nicht ausgeschlossen werden muss: Bäume können sich durch mikroklimatische Effekte und eine erhöhte Interzeption positiv auf die Wasserbilanz auswirken.

Konkurrenz um Licht

Weniger Licht bedeutet weniger photosynthetische Leistung. Da C4-Pflanzen im gemäßigten Klima auch bei höchster Lichtintensität keine Lichtsättigung erreichen, ist Beschattung für C4-Pflanzen in jedem Fall negativ. Aus landwirtschaftlicher Sicht sind C3- Pflanzen für die Kombination mit Bäumen deshalb besser geeignet.

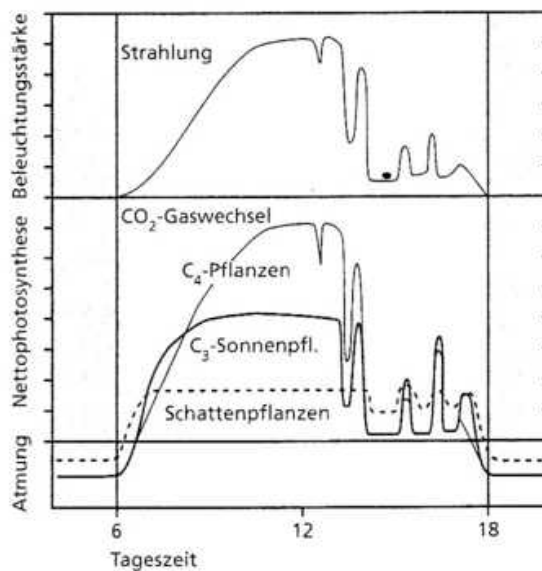


Abb. A 3.4: Photosyntheseleistung in Abhängigkeit von der Lichtintensität (Quelle: Larcher, W. 2001: Ökophysiologie der Pflanzen. Ulmer UTB, Stuttgart, 408 S.)

Da Licht eine wichtige Wachstumsressource darstellt, sollten nur Bäume mit lichtdurchlässigen Kronen gepflanzt werden. Das sind in der Regel eher Laub- als Nadelbäume. Bäume mit wenig lichtdurchlässigen Kronen sind für Agroforstsysteme ungeeignet, wenn die landwirtschaftliche Nutzung rentabel sein soll. Auch zwischen Laubbäumen sollten Unterschiede berücksichtigt werden, zum Beispiel gelten Walnuss, Kirsche und Robinie als Bäume mit sehr lichtdurchlässiger Sommerbelaubung.



Abb. A 3.5: Ertragsreduktion von Mais unter einer Walnuss (A.Möndel)

Im Abschnitt A2-2.6.1 wird erläutert, dass ein möglichst großer Abstand zwischen Baumkrone und Boden für die Lichtverhältnisse ebenfalls von Bedeutung ist: Bäume sollten deshalb nur dort gepflanzt werden, wo sie gut wachsen und entsprechend geastet werden können. Von Natur aus weniger großwüchsige Bäume können ebenfalls weniger stark geastet werden. Sie sollten deshalb nur dort gepflanzt werden, wo Ertragsverluste durch geringere Lichtverfügbarkeit tolerierbar sind, zum Beispiel Flächen, auf denen nur die Mindestpflege durchgeführt wird.

Krankheiten und Schädlinge

Bei der Auswahl von Bäumen sollte ausgeschlossen werden, dass es sich um Überträger oder Wirte für landwirtschaftliche Problemkrankheiten oder -schädlinge handelt (A2-2.6.2).

Allelopathische Effekte

Wenn für Bäume allelopathische Effekte bekannt sind, sollten sie als Konsequenz nicht oder nur in geringer Anzahl auf Flächen eingesetzt werden, von denen man hohe landwirtschaftliche Erträge erwartet.

Windschutz

Windschutz ist generell positiv zu bewerten. C3-Pflanzen profitieren mehr als C4-Pflanzen; vor allem für Sonderkulturen wurden positive Effekte nachgewiesen.

Windschutzeffekte sind nicht erwünscht, wenn sie Windstille bewirken und damit die Ausbreitung von Krankheiten fördern. Auch in Gebieten mit lang anhaltenden hohen Schneelagen ist Windschutz nur bedingt geeignet. Taut der Schnee nicht ab, kann das leicht zum Krankheitsbefall von Winterkulturen wie Wintergerste führen.

Vegetationszeiten

Landwirtschaftliche Kulturen beginnen ihre Vegetationsperiode mit der Keimung. Die Ansprüche der verschiedenen Kulturen an die Temperaturen für die Keimung sind in A2- 2.3

beschrieben. Sie liegen bei allen dort aufgeführten Pflanzen unter 10°C. Die heimischen Laubbäume brauchen für den Austrieb in der Regel Temperaturen von über 12-15°C.

Vor allem für die Entwicklung von Winterkulturen ist ein später Austriebszeitpunkt der Bäume im Frühjahr von Vorteil (s. Abb. A 3.3). Perennierende Pflanzen auf Grünland profitieren ebenfalls. Auch ein zeitiger Laubfall im Herbst ist für die Entwicklung von Winterungen günstig.

Zwischen landwirtschaftlichen Sommerkulturen und Bäumen ist die Konkurrenz stärker ausgeprägt, da sich die Pflanzen nahezu synchron entwickeln.

Zusammenfassung

Mit dem Ziel, negative Interaktionen zu unterdrücken und positive zu fördern, ergeben sich für die Baumkomponente in hiesigen Agroforstsystemen folgende Kriterien:

- tiefwurzelnd,
- Laubbaum (geringere Interzeptionsverluste als Koniferen),
- starkwüchsig (besser zum Aufasten = bessere Lichtverhältnisse),
- lichtdurchlässige Baumkrone,
- später Blattaustrieb und früher Blattabwurf (für Winterungen),
- keine Förderung von Krankheiten und Schädlingen,
- möglichst keine allelopathischen Effekte.
- Der Wasserverbrauch der Baumarten muss an den Standort angepasst sein.
- Der Standort muss ein gutes Baumwachstum ermöglichen.

Sind landwirtschaftliche Flächen von Natur aus wenig ertragreich, nimmt die Bedeutung der Kriterien ab.

3.1.6 Auswahl realisierbarer Pflanzenkombinationen hinsichtlich der landwirtschaftlichen Technik

Mechanisierte Bearbeitung & Agroforstsysteme

Bäume dürfen die landwirtschaftliche Bearbeitung nicht behindern. Sobald eine landwirtschaftliche Fläche maschinell und effektiv bearbeitet werden soll, können Bäume moderner Agroforstsysteme deshalb eigentlich nur in Reihen angeordnet sein. Der Abstand der Baumreihen hängt von den Produktionszielen und der Bearbeitungsbreite der Maschinen ab. Ausnahmen bilden wenig intensiv bewirtschaftete Grünlandflächen oder Flächen, die nur extensiv beweidet werden. Wie in A3-3.1.3 beschrieben, kann es bei der Bearbeitung trotzdem zu zusätzlichem Zeitaufwand kommen. Deshalb gilt: Je niedriger der Bearbeitungsindex der Kultur ist, desto geeigneter ist die Kultur für eine agroforstliche Mischkultur. A2-2.3 zeigt, dass Raps im Vergleich zu Weizen zum Beispiel weniger Überfahrten braucht.

Seitens der Landwirtschaft gibt es außerdem häufig Bedenken, dass herunterfallende Äste die landwirtschaftlichen Arbeiten behindern oder sogar zum Ausfall von Maschinen führen

können. Diese Erfahrungen haben viele Betriebe mit Landschaftselementen gemacht. Diese Bedenken kann man jedoch ausräumen. Bäume in einem Agroforstsystem sind in der Regel wesentlich jünger und vitaler als Landschaftselemente und werden zudem regelmäßig geastet. Selbst nach Stürmen ist Astfall ein seltenes Ereignis.

Wie anfällig Maschinen, vor allem Mähdrescher, gegenüber Ästen sind, hängt von ihrer Leistungsstärke ab. Eine im Rahmen des Teilprojekts Agrar bei Landwirten und Herstellern durchgeführte Umfrage hat ergeben, dass Astdurchmesser ab 3,5 cm problematisch sein können. Nach Astungsmaßnahmen sollte der Abfall deshalb entfernt werden.

Beachtet man bei der Auswahl der Baumarten die im letzten Abschnitt genannten Kriterien, sind Bearbeitungsmaßnahmen wie das Pflügen für die Bäume unproblematisch. Auf Ackerflächen bewirkt ein 2 m breiter Baumstreifen, dass die Bäume keine großen Schäden erfahren. Einige Beispiele aus der Praxis haben gezeigt, dass eine kleinere Baumstreifenbreite ebenfalls keine Probleme verursacht.

Die Bodenbearbeitung wirkt sich sogar positiv auf das Verhältnis zwischen Ackerkultur und Bäumen aus. Dadurch, dass die Baumwurzeln in den oberen Bodenschichten gestört werden, orientieren sie sich schneller in tiefere Bodenschichten. Deshalb ist auch der Anbau von Hackfrüchten wie Kartoffeln oder Zuckerrüben auf agroforstlichen Flächen unproblematisch. Wichtig ist, dass das Pflügen in den ersten Jahren regelmäßig durchgeführt wird, damit keine Schäden an älteren Baumwurzeln und dadurch bedingte Krankheiten entstehen.



Abb. A 3.6: Neu angelegtes Agroforstsystem in Baden-Württemberg. Die jungen Bäume haben sich trotz der geringen Baumstreifenbreite gut etabliert (T. Reeg)

Unverträglichkeiten zwischen landwirtschaftlicher Technik und Agroforst

Auf drainierten Flächen sollten Agroforstsysteme nicht angelegt werden, da die Baumwurzeln die Drainagen wahrscheinlich schädigen werden. Auf Flächen mit fest installierten Beregnungsanlagen kann die Bestockung mit Bäumen den Einsatz der Beregnungstechnik ebenfalls behindern.

Ungeeignet sind außerdem Flächen, auf denen die Ernte absätzig erfolgt. Das bedeutet, dass sich mehrere Gespanne gleichzeitig und zum Teil in Parallelfahrt auf der Fläche bewegen.



Abb. A 3.7: Beispiel für Erntearbeiten mit Gespanntechnik (H. Nussbaum)

Landwirtschaftliche Kulturen

Agroforstsysteme sind mit allen in A2-2.2 genannten Kulturen realisierbar, sofern die in diesem Abschnitt genannten technischen Einschränkungen wie Drainage nicht relevant sind.

Aus A3-3.1.5 ergibt sich, dass C3-Pflanzen und Winterungen in Agroforstsystemen besser geeignet sind als C4-Pflanzen und Sommerkulturen. Ist in einem Betrieb der Anteil an C4-Pflanzen hoch, können die negativen Interaktionswirkungen durch größere Baumreihenabstände minimiert werden.

Fruchtnutzung der Bäume

Möchte man eine Doppelnutzung, zum Beispiel bei Walnüssen, ist das auf Grünland technisch eher realisierbar als auf Ackerflächen.

3.1.7 Die Anlage von Agroforstsystemen

Bei der Auswahl der Baumkomponente müssen die in A3-3.1.5 genannten Kriterien beachtet werden. Die zu beachtenden Gesetze sind in A1-1.10 erläutert. Der Abschnitt A1-1.12 sollte hinsichtlich der Anzahl und Anordnung der Bäume beachtet werden.

Standortwahl

Sehr ertragreiche Flächen werden aus landwirtschaftlicher Sicht eher ungern für die Anlage von Baumstreifen genutzt. Aus Sicht der Landwirte sind die Ertragsverluste auf weniger ertragreichen Standorten im Vergleich geringer.

Aber auch auf ertragreichen Flächen haben Baumreihen Potential. Wenn sie in größeren Abständen gepflanzt werden, ist die Fläche, auf der eine direkte Konkurrenz um Wachstumsressourcen stattfindet, verringert. Gleichzeitig kann man das Ertragspotential durch die Windschutzwirkung der Baumstreifen eventuell verbessern (A2-2.6.1). Leitet man aus dem in A2-2.7.1 beschriebenen Versuch ein Agroforstsystem ab, würde man

Baumreihen im Abstand von über 30 m anlegen. Der Flächenanteil der Baumstreifen betrage 6 % und der durch die Baumstreifen erzielte Mehrertrag 15 %. In diesem Fall erweist sich die Kombination von Baumreihe und Feld ertragreicher als eine Monokultur. Der Versuch wurde auf einer ertragreichen Fläche durchgeführt. Auch das Pachtpreinsniveau kann die Entscheidung für die Anlage einer Fläche beeinflussen.

Durch den Strukturwandel und das damit verbundene Zurückziehen der Landwirtschaft aus Grenzertragslagen werden solche Standorte für Agroforstsysteme interessant. Grenzertragslagen sind meist schlecht zu bearbeitende oder ertragsarme Standorte, wie zum Beispiel steilere Hänge. Wenn auf solchen Flächen nur noch die Mindestpflege durchgeführt wird, würde das Anlegen von Baumreihen das Ertragspotential langfristig verbessern. Grenzertragsflächen sind ungeeignet für die Anlage von Werthölzern, wenn sie keine Entwicklungsmöglichkeiten für gute Wertholzqualität bieten. Von folgenden Standorten sollte man deshalb absehen:

- flachgründige Standorte,
- fehlender Grundwasseranschluss.
- Trockenheit und geringes Wasserspeichervermögen des Bodens in Kombination sind ebenfalls ungeeignet zur Wertholzproduktion (s. Teilprojekt Forst).

Stehen mehrere Flächen zur Auswahl, sollte man die Ausrichtung der geplanten Baumreihen in die Entscheidung mit einbeziehen. Baumreihen, die von Norden nach Süden verlaufen, sind geeigneter als Baumreihen, die von Ost nach West ausgerichtet sind. In nord-südlich verlaufende Baumreihen fällt der Baumschatten zur Mittagszeit, also zur Zeit der höchsten Strahlungsintensität, in die Baumreihe selber. Am Vormittag und am Nachmittag sind die Schatten zu beiden Seiten der Baumreihe gleichmäßig verteilt. Bei einer Ost-West-Ausrichtung ist die Fläche im Norden der Baumreihe am stärksten beschattet. Die Südseite der Baumreihe ist dagegen nicht betroffen. Durch die Konzentration des Schattens auf der Nordseite können stärkere Qualitäts- und Ertragsminderungen im Vergleich zum unbeschatteten Feld entstehen. Lässt sich eine Ost-West-Ausrichtung nicht vermeiden, dann sollte der Baumstreifen auf silvoarablen Flächen zum Norden hin verbreitert werden. Damit ist eine Ost- West-Ausrichtung für ertragreiche Flächen eher unattraktiv.

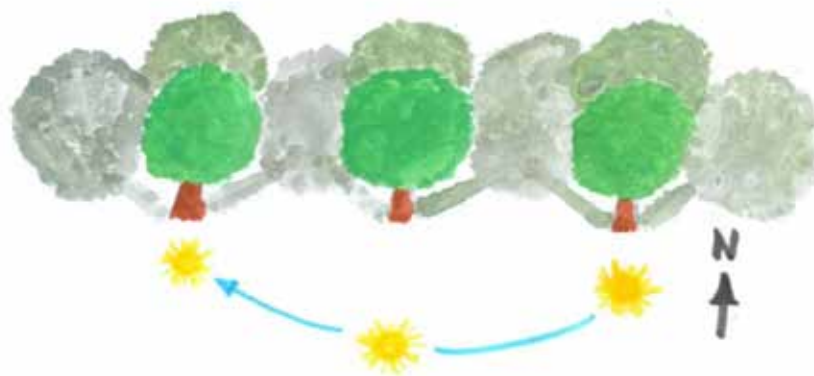


Abb. A 3.8: Beschattung bei O-W-Ausrichtung (A. Chalmin)

Quelle: *Produktionsaspekte in Agroforstsystemen mit Werthölzern - landwirtschaftliche Produktion (2009)*, in: Reeg et al:(Hrsg.): *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen*.

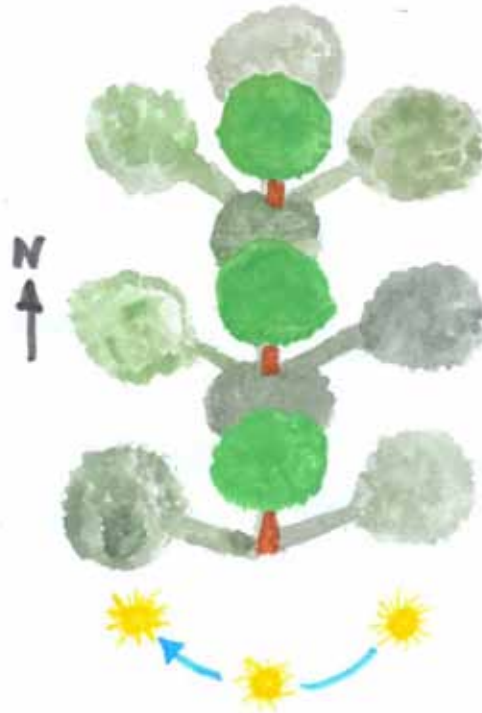


Abb. A 3.9: Beschattung bei N-S- Ausrichtung (A. Chalmin)

Quelle: *Produktionsaspekte in Agroforstsystemen mit Werthölzern - landwirtschaftliche Produktion (2009)*, in: Reeg et al:(Hrsg.): *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen*.

Anordnung der Bäume

Die Bäume werden in der Regel in Reihen gepflanzt. Es gibt aber auch andere Ansätze (A3-3.1.1). Die folgenden Abbildungen zeigen verschiedene Varianten aus der hiesigen Praxis:



Abb. A 3.10: Obstbäume auf einer extensiven Weidefläche in Baden-Württemberg. Die Bäume sollen zur Frucht- und Holzproduktion genutzt werden (M. Oelke).



Abb. A 3.11: Die Feldränder dieses Schlages in Mecklenburg-Vorpommern wurden mit Bäumen bepflanzt. Die Bäume hätten nach Wertholzkriterien ausgewählt werden und aufgeastet werden können (A. Möndel).



Abb. A 3.12: In diesem silvoarablen Agroforstsystem in Schleswig-Holstein wurden die Baumreihen an den natürlichen Konturen der Fläche ausgerichtet (M. Oelke).



Abb. A 3.13: In diesem silvopastoralen System in Baden-Württemberg wurden die Baumreihen parallel zum Hang gepflanzt (A. Möndel).

Wie die Bilder zeigen, kann man die Baumreihen an die Konturen der ausgewählten Fläche anpassen. In silvoarablen Systemen ist die Bearbeitungsrichtung ausschlaggebend.

Bei der Anlage der Baumreihen ist es außerdem sinnvoll darauf zu achten, dass die Anzahl und Ausrichtung der Bäume an die individuellen Eigenschaften der ausgewählten Fläche angepasst ist. Ein feuchter Standort sollte noch ausreichend belüftet sein. Auf windigen Flächen sollte das Entstehen von Winddüsen vermieden werden. In Hanglagen dürfen keine Frostsenken entstehen. Dazu besteht aber nur dann ein Risiko, wenn die Baumreihen sehr dicht mit Sträuchern unterpflanzt sind.

Abstände zwischen den Baumreihen

Auf mechanisierten Flächen richten sich die Baumreihenabstände an den Bearbeitungsbreiten der landwirtschaftlichen Maschinen aus. Haben zum Beispiel Düngerstreuer und Spritze eine Arbeitsbreite von 24 m, können auf weniger ertragreichen Standorten die Baumstreifen in 24 m Abständen angelegt werden. Auf größeren und ertragreichen Schlägen kann der Baumstreifenabstand vervielfacht werden auf 48 m, 72 m,..... In Chalmin, A. (2009)³, Abschnitt 2.3 wurde die Auswahl der geeigneten Baumreihenabstände anhand von zwei Praxisbeispielen diskutiert. Dabei wurden jeweils die betriebseigenen Maschinen berücksichtigt. Das Ziel ist, dass möglichst keine Mehrfahrten entstehen. Wenn kein Reihenabstand ohne Mehrfahrten gefunden wird, dann ist es vor allem auf großen Schlägen sinnvoll, den Abstand der Baumstreifen zu vergrößern, um den Mehraufwand zu verringern.

Auf ertragreichen Flächen kann es sinnvoll sein, den Baumreihenabstand grundsätzlich größer zu wählen um mögliche negative Interaktionen zu verringern.

Modernisierung des traditionellen Agrorforstsystems Streuobst

In A1-1.2 und A1-1.3 wurden die Schwierigkeiten der traditionellen Agrorforstsysteme im Rahmen des Agrarstrukturwandels erläutert. Für Streuobstwiesen, die aus wirtschaftlichen Gründen aufgegeben werden, können moderne Agrorforstsysteme eine Möglichkeit der Modernisierung sein, die das Weiterbestehen der Anlagen ermöglichen könnte. Man könnte Mostobstsorten pflanzen und die Bäume aufasten, um neben dem Fruchtertrag einen Holzertrag zu erzielen. Ist die Fruchtnutzung nicht mehr attraktiv, können ausgefallene Bäume durch Wildobstbäume ersetzt werden. Diese werden zum Zweck der Wertholzgewinnung geastet. Der Arbeitsaufwand ist im Vergleich zu einem Ertragschnitt geringer. Ist eine Obstwiese aus naturschutzfachlichen Gründen wertvoll, kann man versuchen, den Obstbaumbestand teilweise zu erhalten.

3.1.8 Die Bewirtschaftung von Agrorforstsystemen

Auch bei der Bewirtschaftung sollte man darauf achten, negative Interaktionen zu mindern und positive Interaktionen zu fördern.

³ Chalmin, A. (2009): Produktionsaspekte in Agrorforstsystemen mit Werthölzern - landwirtschaftliche Produktion. In: Reeg et al (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley VCH.

Bodenbearbeitung und unterirdische Interaktionen

Die landwirtschaftliche Bodenbearbeitung wirkt sich auf die Interaktionen positiv aus. Durch das Pflügen von Ackerflächen wird die laterale Ausbreitung der Wurzeln behindert. Dadurch orientieren sich die Baumwurzeln schneller in tiefere Bodenschichten und erschließen sich Nährstoff- und Wasserressourcen, die für landwirtschaftliche Kulturen nicht erreichbar sind. Wird diese Maßnahme allerdings nicht regelmäßig durchgeführt, können stärkere Wurzeln beschädigt und Krankheiten hervorgerufen werden (A2-2.6.2).

Auf Grünland werden die Baumwurzeln auch ohne Bodenbearbeitung in tiefere Bodenschichten verdrängt. Das ist möglich, weil auf Grünland dauerhaft ein gut entwickeltes und dichtes Wurzelgeflecht in der oberen Bodenschicht vorhanden ist. Der Konkurrenzdruck des Wurzelgeflechts auf die Baumwurzeln ist groß genug für diesen Effekt.

Auf Ackerflächen ist die Bodenbearbeitung auch von Vorteil, weil so das Herbstlaub in den Boden eingearbeitet wird. So wird verhindert, dass sich unter älteren Bäumen dickere Laubschichten bilden die zu Pilzkrankungen führen können. Auch ohne Einarbeitung wird das Laub der meisten heimischen Baumarten bis zum Frühjahr zersetzt. Bei einigen heimischen Baumarten dauert der Abbau bis zu einem Jahr, zum Beispiel bei Erlen.

Asten

Das Asten ist nicht nur eine wichtige Maßnahme für die Wertholzproduktion. Durch diese Maßnahme verringert sich die Beschattung durch die Baumkronen.

Die in A2-2.7.2 beschriebene Lichtmessung zeigt anhand von zwei Kirschbäumen, dass die Schattenwirkung bei dem weiter aufgeasteten Baum signifikant geringer ist.

Im letzten Drittel der Standzeit der Bäume muss man trotzdem mit einem zunehmenden Einfluss der Beschattung rechnen. Genaue Daten für hiesige Bedingungen können noch nicht erhoben werden, da die vorhandenen modernen Agroforstsysteme noch zu jung sind. Anhand von Literaturangaben aus anderen Ländern der gemäßigten Zone, der im Rahmen des Teilprojektes Agrar durchgeführten Messungen und der vom Teilprojekt Forst durchgeführten Simulationen, ist mit einer zunehmenden Wirkung der Beschattung auf den Ertrag ab circa dem 25. Standjahr der Bäume zu rechnen. Im letzten Drittel der Standzeit der Bäume kann es deshalb sinnvoll sein, die Baumstreifen auf den Ackerflächen zu verbreitern.

3.1.9 Nutzung der Baumstreifen

Auf Ackerflächen sollte die Pflege der Baumstreifen mindestens einmal jährlich erfolgen. So werden einerseits die Ausbreitung von Beikräutern, andererseits Schäden durch Kleinsäuger vermieden⁴.

Wird ein Agroforstsystem auf einem windigen Standort angelegt, kann ein Teil der Baumreihen mit Sträuchern unterpflanzt werden, um die Windschutzwirkung zu verstärken.

Für Betriebe mit Sonderkulturen gibt es immer wieder die Idee, die Baumstreifen wirtschaftlich zu nutzen. Vorgeschlagen werden zum Beispiel schattenliebende Beeresträucher oder die Vermehrung von Ziersträuchern. Ist die Nebennutzung des

⁴ Kleinsäuger würden in hochbewachsenen Baumstreifen bessere Deckung finden.

Baumstreifens für einen Betrieb realisierbar und rentabel, kann es sinnvoll sein, die Baumstreifenbreite zu vergrößern.

Wenn sich die Baumreihen nicht in der Nähe von Waldrändern oder höheren Gebüsch befinden, sollten darin circa 3 m hohe Anstanzstangen integriert werden. Bäume auf Freiflächen sind eine beliebte Aussicht Gelegenheit für Vögel. Das kann zum Verbiegen oder Abbrechen der Baumspitzen führen.



Abb. A 3.14: Anstanzstange (M. Oelke)

3.1.10 Agrorforstsysteme auf Waldflächen

Vor allem silvopastorale Konzepte sind in vielen Ländern der gemäßigten Zone weit verbreitet und werden dort erfolgreich praktiziert. Sie bieten die Möglichkeit zu einem zusätzlichen Einkommen aus Waldflächen. Koniferen sind in solchen Systemen einfacher zu bewirtschaften, da sie für die Weidetiere im Vergleich zu Laubbäumen als Nahrungsquelle weniger attraktiv sind. Wie bei silvopastoralen Agrorforstsystemen auf Weideflächen, muss auf den Beweidungsdruck geachtet werden. Extensive Konzepte vermindern Schäden an jüngeren Bäumen erheblich. In den meisten Fällen bleiben neu bepflanzte Flächen in den ersten Jahren nach der Pflanzung unbeweidet.

In Deutschland besteht bisher weder an silvopastoralen oder silvoarablen Systemen auf forstlichen Flächen großes Interesse. Dass hiesige Förster wie in den USA anfangen, Konzepte zu entwickeln, um Weitverbandspflanzungen und Weidenutzung auf größeren Waldflächen zu optimieren, ist zurzeit nicht vorstellbar.



Abb. A 3.15: beweidete Christbaumfläche in Deutschland (A. Möndel)

3.1.11 Die Realisierbarkeit silvopastoraler Systeme

Beweidung

Für die Weidetiere ist die Anlage silvopastoraler Flächen positiv zu bewerten (A2-2.6.3). Die Kombination von Bäumen mit Weidetieren ist aber nur möglich, wenn die Bäume entsprechend geschützt sind. Ohne einen adäquaten Baumschutz werden sie von den Weidetieren als willkommene Abwechslung im Speiseplan behandelt. Betroffen sind vor allem junge Blätter und Zweige. Nadelbäume sind weniger beliebt als Laubbäume. Innerhalb der Weidetiere gibt es Unterschiede: Ziegen schädigen Gehölze besonders stark. Größere Tiere wie Rinder können zusätzlich zu den Schäden durch Fraß auch Schäden durch Tritt hervorrufen. Mit zunehmendem Weidedruck nehmen die Schäden zu, wenn die Bäume nicht geschützt sind. Die Abbildungen zeigen Flächen, auf denen sich Wertholzbäume dank Baumschutz ohne Fraß- und Trittschäden etablieren konnten:



Abb. A 3.16: mit Rindern beweidete Fläche in Baden-Württemberg (M. Oelke)

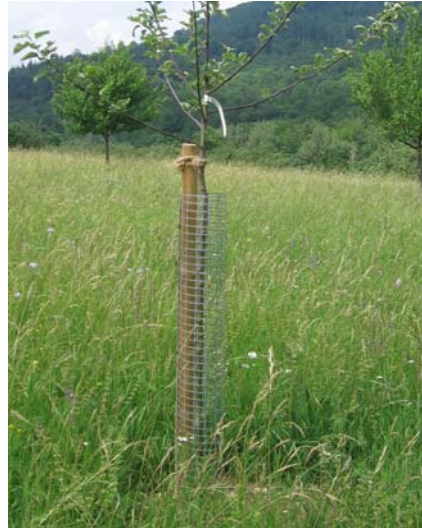


Abb. A 3.17: mit Schafen beweidete Fläche in Baden-Württemberg (A. Chalmin)



Abb. A 3.18 und A 3.19: mit Großvieh beweidete Flächen in Baden-Württemberg (A. Möndel)

Weide

Grünland bzw. Weiden sind grundsätzlich gut für eine kombinierte agroforstliche Wertholzproduktion geeignet, insbesondere wenn es sich um extensive Weidesysteme handelt. Grünlandwirtschaft findet häufig in Grenzlagen statt. Dort liefert der erste Schnitt vielerorts über 50 % des jährlichen Grünlandertrages. Aus ernährungsphysiologischer Sicht empfehlen die Grünlandexperten, den ersten Silageschnitt möglichst in der ersten Maihälfte, also vor dem Blattaustrieb der Bäume, durchzuführen. Der erste Grünlandaufwuchs kann sich also nahezu ohne Konkurrenz entwickeln. In sehr trockenen Jahren, wie dem Jahr 2006, bringt der 2. Schnitt in Extremfällen kaum Ertrag, was bedeutet, dass eine Teilbeschattung während der Sommermonate auch keine negativen Auswirkungen auf den Grünlandertrag haben kann.

Trittschäden in Baumnähe entstehen nur, wenn der Weidedruck nicht angemessen ist oder wenn sich der Weidedruck auf nur wenige Bäume verteilt.

3.2. Die Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Wasserqualität

Das Pflanzen von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen kann positive Effekte auf Oberflächengewässer und Grundwasser bewirken. In den nächsten Abschnitten soll auf die folgenden Aspekte eingegangen werden:

- Nährstoffauswaschung
- Wassererosion
- Winderosion

3.2.1 Nährstoffauswaschung durch Versickerung

Auf Ackerflächen können Nährstoffe in tiefere Bodenschichten verlagert werden, zum Beispiel durch stärkere Regenfälle. Dort sind sie für die landwirtschaftlichen Kulturen schwer oder nicht erreichbar und können dadurch ins Grundwasser gelangen.

In Agroforstsystemen werden tiefwurzelnende Baumarten verwendet. Die Baumwurzeln haben aufgrund ihrer größeren Wurzeltiefe die Möglichkeit, Nährstoffe aufzunehmen, die für landwirtschaftliche Kulturen nicht mehr zugänglich sind. In jungen Jahren können die Bäume vermutlich keinen oder kaum Einfluss auf verlagerte Nährstoffe nehmen. Mit zunehmendem Alter und zunehmender Wurzeltiefe und -größe können die Bäume die für die Landwirtschaft „verlorenen“ Nährstoffe besser erreichen. In welchem Umfang Bäume diese Funktion erfüllen, ist für hiesige Bedingungen nicht geklärt. Es ist anzunehmen, dass:

- der Effekt mit zunehmender Baumzahl / ha größer ist;
- es Unterschiede zwischen den einzelnen Baumarten gibt;
- der Effekt nur im Umkreis der Bäume auftreten kann.

Eine geringere Nährstoffauswaschung bedeutet eine Reduktion der Belastung des Grundwassers, zum Beispiel mit Nitraten.

3.2.2 Umfang der Erosion auf den hiesigen landwirtschaftlichen Nutzflächen

In Deutschland werden auf vielen landwirtschaftlichen Flächen jährlich mehrere Tonnen Bodenmaterial durch Erosion abtransportiert. Die verschiedenen Untersuchungen sprechen von Werten zwischen 0,15 und 0,3 mm Oberboden pro Jahr. 1 mm Oberboden entspricht je nach Bodenart 10 bis 15 t Boden pro Hektar.

Grünlandflächen sind im Vergleich zu Ackerflächen wesentlich weniger anfällig für Erosion. Die Ursache dafür ist, dass sie ganzjährig bewachsen sind. Vor allem die Kombination von Streuobstbäumen und Wiese hat sich als sehr erosionsresistent erwiesen, da der Boden durch das Wurzelwerk optimal befestigt wird.

Besonders anfällig für Erosion sind folgende landwirtschaftliche Standorte¹:

¹ Auch die Bodenart hat großen Einfluss auf die Erosionsanfälligkeit von Ackerstandorten.

- unbedeckte landwirtschaftliche Flächen,
- Flächen mit Hackfrüchten (Mais, Zuckerrüben, Kartoffeln),
- Ackerbauflächen in Hanglage,
- schlechte Bodenbedeckung der Winterkulturen (v.a. Winterweizen),
- Flächen mit Bodenverdichtungen.



Abb. A 3.20: unbedeckte landwirtschaftliche Fläche (A. Möndel)

In vielen Bundesländern wurde hinsichtlich Erosion Handlungsbedarf festgestellt. Zum Beispiel ist in Brandenburg der Anteil an leichten Böden überdurchschnittlich hoch und es besteht eine potentielle Gefährdung für Winderosion. Auch in Mecklenburg-Vorpommern ist ein großer Anteil der landwirtschaftlichen Flächen von Winderosion betroffen (siehe Abschnitt L 12.2)

Ein deutschlandweit durchgeführter Versuch² hatte die Messung der jährlichen Bodenabträge auf Ackerflächen bei einem Gefälle von 8-13 % zum Ziel. Es wurde ein Bodenabtrag zwischen 1,6 und 6,7 t/ha und Jahr gemessen. Wenn der Boden im Winter bebaut war, betrug der jährliche Abtrag durchschnittlich nur noch 1,1 t/ha. Wie viel Boden durch Wasser abgeschwemmt wird, hängt auch von der Wasserspeicherkapazität der Böden ab. Sind Böden oberflächlich stärker ausgetrocknet, können sie kurze Starkregenfälle fast gar nicht aufnehmen. War eine Bodenoberfläche einmal länger trocken, dann muss sie erst wieder aufweichen, bevor sie Wasser aufnehmen kann. Bodenverdichtungen behindern das Versickern von Niederschlag in tiefere Bodenschichten ebenfalls.

² Deumlich D., Funk R., Frielinghaus M., Schmidt W.-A. und Nitzsche O. (2006) Basics of effective erosion control in German agriculture. Plant and Soil 169, S. 370-381.

3.2.3 Agroforstsysteme und Wassererosion

Weltweit gibt es vor allem für Hanglagen viele Beispiele für die Verminderung des Bodenabtrags durch Strukturelemente. Dabei sind folgende Aspekte wichtig:

- Die Bewegungsenergie des Wassers wird verringert.
- Die Sedimente lagern sich an den Strukturelementen ab und verbleiben somit auf der Ackerfläche.
- Der Boden in der Nähe von Strukturelementen ist häufig humoser und hat deswegen u.a. eine bessere Wasserspeicherkapazität. Außerdem trocknet die Erde in der Umgebung von Strukturelementen langsamer aus (weniger Wind, mehr Schatten). Dadurch ist der Boden vor allem auf sonst trockenen Flächen generell wasseraufnahmefähiger.

Durch Wassererosion werden Nährstoffe ausgetragen, vor allem Nitrat, Ammonium und Phosphate. Sie gelangen in Oberflächengewässer und verursachen dort zum Beispiel Eutrophierung. In den USA wurde untersucht³, wie Gehölzstreifen den Austrag von Nährstoffen beeinflussen. Ein 10 m breiter Streifen aus Gehölzen reduzierte den Abtransport von Nitrat, Ammonium und Phosphaten um 78-97 % im Vergleich zur Kontrollfläche ohne Schutzstreifen.

Inwieweit die positiven Auswirkungen von Dauervegetation und Gehölzstreifen auf Baumstreifen in Agroforstsystemen übertragbar sind, ist für hiesige Bedingungen nicht geklärt. Silvoarable Agroforstsysteme kombinieren aber Aspekte der Dauervegetation und der Gehölzstreifen. Die Baumreihen sind mit Gras bewachsen und stellen ein Strukturelement dar, das Wasser umlenken und abbremsen kann. Windbremsende und mikroklimaverändernde Effekte sind auch für Agroforstsysteme nachgewiesen. Weiterhin sollte die Wasseraufnahmekapazität in der Nähe von Baumstreifen zumindest auf trockenen Flächen in Baumnähe größer sein als in der Mitte zwischen zwei Baumreihen. Ausschlaggebend für die Reduktionswirkung von Baumreihen auf Ackerflächen dürften folgende Faktoren sein:

- Die Ausrichtung der Baumstreifen: sobald eine Ackerfläche ein Gefälle hat, sollten die Baumreihen parallel zum Hang stehen.
- Die Anzahl der Baumstreifen: Je häufiger das Wasser auf Baumstreifen trifft, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass es die Sedimente ablagert und vom Boden aufgenommen wird.
- Die Breite der Baumstreifen: Je breiter der Baumstreifen ist, desto größer ist die mit Dauerkulturen bewachsene Fläche, die das Wasser abbremsen kann
- Die Gestaltung der Baumstreifen: Werden in den Baumstreifen weitere Gehölze ergänzt, bremsen sie das Wasser effektiver.

Für den Ackerbau wird derzeit die Begrünung der Fahrgassen als Mittel gegen Erosion empfohlen. Als Begründung werden folgende Punkte angegeben:

- Das Wasser hat mehr Zeit für die Infiltration.

³ Schoonover J.E., Williard K.W.J., Zaczek J.J., Mangun J.C., Carver A.D. (2005) Nutrient Attenuation in Agricultural Surface Runoff by Riparian Buffer Zones in Southern Illinois, USA. *Agroforestry Systems* 64, S. 169-180.

- Die Begrünung verhindert Erosionsrinnen.
- Die Begrünung fördert das Ablagern von mobilisiertem Feinmaterial.

Es ist anzunehmen, dass Baumreihen auf Wassererosion eine ähnliche Wirkung ausüben.

Im Rahmen des Projektes *agroforst* wurde am Institut für Landespflege der Universität Freiburg eine Diplomarbeit zur Wirkung von Agroforstsystemen auf Wassererosion durchgeführt⁴. Es wurde anhand der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) überprüft, inwieweit Bodenabtragungsfaktoren durch agroforstliche Nutzung beeinflusst werden. Die Gleichung lautet: $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$, wobei:

A = langjähriger, mittlerer jährlicher Bodenabtrag in [t/ha]

R = Regen- und Oberflächenabflussfaktor in [kJ/m² * mm/h] bzw. [N/h]

K = Bodenerodierbarkeitsfaktor in [t/ha] / [kJ/m²* mm/h] bzw. [t/ha]/ [N/h]

L = Hanglängenfaktor [keine Einheit]

S = Hangneigungsfaktor [keine Einheit]

C = Bewirtschaftungsfaktor [keine Einheit]

P = Erosionsschutzfaktor [keine Einheit]

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass die Implementierung eines Agroforstsystems einige Faktoren der Bodenabtragungsgleichung beeinflussen kann:

Bodenabtragungsfaktor	Beeinflussung durch AFS möglich?
Regenfaktor	k.A.
Bodenerodierbarkeitsfaktor	+
Hanglängenfaktor	+
Hangneigungsfaktor	(+)
Bedeckungsfaktor / Bewirtschaftungsfaktor	+ (Mulch, mehrschichtig)
Erosionsschutzfaktor	+

Tab A 3.1.: *Beeinflussung der Bodenabtragungsfaktoren durch agroforstliche Nutzung (C.Heindorf)*

3.2.4 Agroforstsysteme und Winderosion

Winderosion wird am effektivsten durch Windschutzhecken verhindert. Die Wirkung ist in A2-2.6.1 und A2-2.6.5 beschrieben. Im A2-2.6.7 wird der windbremsende Effekt auf Erträge anhand einiger Beispiele deutlich.

⁴ Claudia Heindorf 2007: Problemorientiertes Design silvoarabler Agroforstsysteme in der Agrarlandschaft Kraichgau. Diplomarbeit am Institut für Landespflege, Universität Freiburg, 130 S.

Windschutzhecken verringern die Windgeschwindigkeit über ein Mehrfaches ihrer Höhe im Luv und im Lee. Dieser Effekt wird in vielen Ländern gezielt genutzt, um die Erträge von Ackerkulturen positiv zu beeinflussen und die Erosion zu vermindern.

Grünland ist durch die ganzjährige Bedeckung und die Oberflächenrauigkeit von Winderosion deutlich weniger betroffen als Ackerflächen.

In den Versuchen, die in A2-2.7.1 dargestellt sind, wird Windschutz in agroforst-ähnlichen Systemen nachgewiesen. Der Schutz wurde anhand von Ertragssteigerungen gemessen. Als Nebeneffekt zu dieser Wirkung kann man davon ausgehen, dass Baumreihen damit auch den Abtrag von Sedimenten durch Winderosion vermindern. Wie für die Wassererosion auch, sind für hiesige Bedingungen noch keine Messungen durchgeführt worden. Der Effekt kann also nicht quantifiziert werden. Er hängt vermutlich von folgenden Punkten ab:

- der Erosionsanfälligkeit der Böden
- der Anzahl der Bäume
- der Ausrichtung der Baumreihen zur Hauptwindrichtung

Durch das Ergänzen von Baumreihen mit Sträuchern wird der Windschutz- und damit auch der Erosionsschutzeffekt verstärkt.

3.3 Wirtschaftlichkeit

A. Möndel, A. Chalmin

3.3.1 Einführung

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen mit Werthölzern wurde in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL) Schwäbisch Gmünd und dem Teilprojekt Wertholzproduktion ein Kalkulationsmodell auf Excel-Basis programmiert. Mit diesem Werkzeug können unterschiedliche Szenarien der Landnutzung im zeitlichen Verlauf kalkuliert und wissenschaftlich ausgewertet werden. Als Datengrundlage können sowohl die im Rahmen des Testbetriebnetzwerkes Baden-Württemberg erhobenen statistischen Kennzahlen (z.B. Kalkulationsdaten Marktfrüchte) als auch einzelbetriebliche Kennzahlen herangezogen werden. Das Modell trägt den Namen AGFOcalc. Ökonomische Bewertungen wurden in den Jahren 2006 und 2008 durchgeführt. Die Ergebnisse aus 2006 werden im Folgenden dargestellt. Die Ergebnisse der ökonomischen Bewertung aus dem Jahr 2008 wurden in Reeg et al. (2009)¹ veröffentlicht. Im Leitfaden ist eine Übersicht der wichtigsten Ergebnisse für die Praxis zu finden (siehe WP A7).

Für die Entwicklung von AGFOcalc wurde folgende Literatur berücksichtigt:

BLICK, T.; BURGER, F. (2002): Wirbellose in Energiewäldern am Beispiel der Spinnentiere der Kurzumtriebsfläche Wöllershof (Oberpfalz, Bayern). Naturschutz und Landschaftsplanung Nr. 9
BRUNNER, A. & NIGH, G. (2000). Light absorption and bole volume growth of individual Douglas-fir trees. - Tree Physiology 20: 323-332. (Engelsk sammendrag)
BRUNNER, A. (1998). A light model for spatially explicit forest stand models. - Forest Ecology and Management 107: 19-46.
BRUNNER, A. (2002): Hemispherical image analysis with hemIMAGE and Adobe Photoshop. - Manual, Danish Forest and Landscape Research Institute. 18 pp. (Fulltext) (Software)
BURGER, F. (2005): Energiewälder und Ökologie - Positive Auswirkungen auf Flora, Fauna und Boden. LWFaktuell Nr. 48.
BURGER, F.; REMLER, N.; SCHIRMER, R.; SINNER, H.U. (1996): Schnellwachsende Baumarten, ihr Anbau und ihre Verwertung. Berichte aus der Bayer. Landesanstalt f. Wald und Forstw.; Nr.8; 47S.
CANHAM, C.D. (1995): GLI/C: Software for calculation of light transmission through forest
DUPRAZ, C. (2003): Hemispherical photographs in the SAFE project: a common protocol. SAFE-Project Silvoarable Agroforestry For Europe; European Union Contract n° QLK5-CT-2001-00560. Third issue – April 2003
FRAZER, G.W., TROFYMOW, J.A., LERTZMAN, K.P. (1997): A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques. Natural Resources Canada, Canadian Forestry Service, Forest Ecosystem Processes Network, Pacific Forestry Centre, Information Report BC-X-373. 73 p.
GRÜNEWALD, H.; WÖLLECKE, J.; SCHNEIDER, B.U.; HÜTTL, R.(2005): Alley-Cropping als alternative Folgenutzung von Kippenstandorten. Natur und Landschaft; 80.Jhrg.; Heft 9/10; S.440-443

¹ Möndel A., Brix M., Chalmin A. (2009) „Ökonomische Bewertung von Agroforstsystemen“. In: Reeg et al. (2009): „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“, Wiley Verlag CH.

LWF BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (1999): Forschungsprojekt Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb. Unveröffentlichter Exkursionsführer; 13S.
McFARLANE, D.W., GREEN E.J., BRUNNER, A. & AMATEIS, R.L. (2003). Modeling loblolly pine canopy dynamics for a light capture model. - Forest Ecology and Management 173: 145-168. (Engelsk sammendrag)
RÖTZER, T.; CHMIELEWSKI, F.-M. (2001): Phenological maps of Europe. Clim.Res. 18(3), 249-257.
AFL - NIEDERSACHSEN E.V. (2006): Richtpreise und Tarife 2006 / 2007; AfL - Info Broschüren. 175S.
BOELCKE, B., KAHLE, P. (2000): Leistung schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Nutzflächen im Nordosten Deutschlands und erste Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften. Die Holzzucht ISSN: 0437-7158. S.5-10.
BURGER, F. (2004): Technologie und Ökonomie des Anbaus und der Ernte von Feldholz. In: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Seminar 29.1.2004. Bornimer Agrartechnische Berichte; Heft 35; S. 61-74
BURGER, F.; SCHOLZ, V. (2004): Stand der Technik bei der Ernte von Energiewäldern. Holz-Zentralblatt Nr. 46; S.610-611
BURGER, F.; SOMMER, W. (2005): Erntetechnik für Energiewälder. Forst&Technik 4/2005; S.6-8
HOFMANN, M. (2005): Ergebnisse und Erfahrungen mit schnellwachsenden Baumarten. In: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Seminar 29.1.2004. Bornimer Agrartechnische Berichte; Heft 35; S. 33-40
HOFMANN, M. (2005): Pappeln als nachwachsender Rohstoff auf Ackerstandorten - Kulturverfahren, Ökologie und Wachstum unter dem Aspekt der Sortenwahl. Schriften des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten Hann.-Münden ; Bd. 8.
KAHLE, P.; BOELCKE, B. (2004): Auswirkungen des Anbaus schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf ausgewählte Bodeneigenschaften. In: Bornimer Agrartechnische Berichte. 35 2004, S. 99 – 108
KÜPPERS, J.G.(1999): Ökonomische Betrachtung von Kurzumtriebsflächen. In: Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“ Schriftenreihe Nachw. Rohstoffe der FNR. S.433-454
LEL (2003): Kalkulationsdaten Marktfrüchte Ernte 2003 Deckungsbeiträge / Vollkosten; LEL Schwäbisch Gmünd 2003; 88 S.
LWF (1996): unveröffentlichte Skripten
LWF (1999): unveröffentlichte Skripten
SEELING, U. (ed. 2006): Forst-, Holz- und Jagd-Taschenbuch 2006; Schaper-Verlag, 2005, 576 S.
TEXTOR, B. (2003): Abschlussbericht für Teil 2 Praxisversuch "Energieproduktion und Verwertung", FVA Baden-Württemberg
WIPPERMANN, H.J.(1999): Verfahrenstechnik zur Biomasse.-Ernte auf Kurzumtriebsflächen. In: Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“ Schriftenreihe Nachw. Rohstoffe der FNR. S.314-340

3.3.2 Ökonomische Bewertung 2006

Ökonomische Bewertung einer Kombination von Bäumen zur Wertholzproduktion und schnellwachsende Baumarten zur Energieholzproduktion

Eine Kombination von Wertholzträgern und schnellwachsenden Baumarten ist nur dann eine Landnutzungsalternative, wenn sie sich gemäß der Eigentümerzielsetzung als ökonomisch vorteilhaft erweist. Dazu wird in diesem Abschnitt eine Analyse durchgeführt. Diese beschränkt sich hinsichtlich der schnellwachsenden Baumarten auf den Anbau von Balsampappelhybriden. Mit der ökonomischen Analyse sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Kostenträger müssen bei einem kombinierten Anbau von Werthölzern und Kurzumtriebsbaumarten berücksichtigt werden?
- Welche weiteren Einflussgrößen auf das monetäre Ergebnis sind zu berücksichtigen?
- Bei welcher Investition verzinst sich das eingesetzte Kapital am besten?
- Welches sind die wichtigsten Stellschrauben, die zu einer geringeren oder höheren Verzinsung des Kapitals führen?
- Wann ist ein kombinierter Anbau aus Werthölzern und Kurzumtrieb dem Anbau einer reinen Kurzumtriebsfläche vorzuziehen?

Es sollte untersucht werden, ob der zusätzliche Anbau von Wertholzträgern zwischen schnellwachsenden Baumarten sich gegenüber einer ausschließlich mit schnellwachsenden Bäumen bestockten Fläche als vorteilhaft erweist. Eine Vollkostenrechnung wurde für diese rein vergleichende Fragestellung als nicht zielführend eingestuft, da hier fixe bzw. indirekte Kosten aufgeschlüsselt werden müssen, was mit erheblichen Unsicherheiten verbunden ist und zu Fehlentscheidungen führen kann (vgl. SPEIDEL, 1984). Für den Vergleich der Anbaumethoden wurde die Bestimmung der Teilkosten als ausreichend erachtet.

Für jede Kosten- und Erlösstelle wurde ein monetärer Rahmen angegeben, in dem sich die Kosten und Erlöse laut Literatur bewegen. Die Erstellung der Kosten-/Preisvarianten auf einer kombinierten Fläche mit biomasseproduzierenden Baumarten wurde bestimmt. Einzelne Arbeitsschritte könnten sich zwar positiv ergänzen (z.B. Pflügen/Eggen), die meisten Arbeitsschritte sind allerdings voneinander unabhängig.

Die Kostenträger beim Kurzumtrieb wurden gemäß Angaben unter anderem aus BURGER (2004), BURGER&SCHOLZ (2004), BURGER&SOMMER (2005) HOFMANN (2002, 2004, 2005), KÜPPERS (1999), LWF (2004), RÖHRICHT (2004), SCHIRMER (2006), SINNER (1996) und TEXTOR (2003) bestimmt. Die Festlegung des monetären Rahmens erfolgte zudem in Anlehnung an die Angaben von SCHWEINLE / BFH, der eine ökonomische Analyse im Rahmen des zeitgleich laufenden BMBF-Projektes „Agrowood“ (2005-2009; www.agrowood.de) durchführt.

Es wurden Maximal-/Mittel-/Minimalwerte (Variante „optimal“/„mittel“/„suboptimal“) festgelegt und eine so genannte „Normalvariante“ definiert, bei der alle Kosten im mittleren Bereich („mittel“) lagen.

Auswirkung der Wertholzproduktion auf den Kurzumtrieb

Aufgrund der Simulationen des Instituts für Waldwachstum wird ab einer Baumhöhe der Werthölzer von 20 m und einer Reihenbreite von ca. 20 m eine stärkere Beschattung des Raumes zwischen den Reihen angenommen. Je nach Standort erreichen die Wertholzbäume diese Höhe nach 30–40 Jahren.

Für das Flächendesign wurden deshalb Varianten gewählt, bei denen auf einem Hektar zwei („wertholzarm“) bzw. drei („wertholzreich“) Wertholzreihen angepflanzt wurden. Als Abstand vom Wertholzbaum zu den schnellwachsenden Bäumen wurden 5 m angenommen. Bei einem engeren Wertholz-Reihenabstand wurde davon ausgegangen, dass ca. 30 % der Pappelreihen ab etwa der halben Umtriebszeit der Wertholzträger stärker beschattet werden (Lichtreduktion um über 30 %). Für die ökonomische Analyse wurde deshalb ab einem Zeitpunkt von 30 Jahren ein Ertragsverlust an Biomasse von 10-20% („wertholzarm“ – „wertholzreich“) geschätzt.

Diese Annahme ist rein hypothetisch. Durch die vorgenommene Diskontierung im Rahmen der Berechnungen hat sich gezeigt, dass ein Ertragsverlust ab dem Alter 30 sich minimal bei der Verzinsung niederschlägt und davon ausgegangen werden kann, dass eine nicht zutreffende Annahme bei den Berechnungen nur in sehr geringem Maße ins Gewicht fällt.

Einflussgröße	wertholzreich	wertholzarm
Anzahl Wertholzreihen (n/ha)	3	2
Anzahl Wertholzträger (n/ha)	21	14
Ertragsminderung durch Beschattung (%)	20	10

Tab. A 3.2: Varianten weiterer Einflussgrößen bei einer kombinierten Fläche Kurzumtrieb-Wertholz (R. Unseld)

Als weitere Variante wurde die Möglichkeit in Betracht gezogen, dass z.B. durch Pacht oder Subventionen jährlich ein bestimmter Betrag in die Berechnungen einbezogen werden muss. In der Regel wurden die nachfolgenden Berechnungen ohne diese Kosten bzw. Zuzahlungen durchgeführt. Dennoch wurde eine Variante mit einem fixen zusätzlichen Kostenansatz von jährlich -100 €/ha berechnet.

Bestimmung der Verzinsung des eingesetzten Kapitals

Bei welcher Investition verzinst sich das eingesetzte Kapital am besten?

Als dynamisches Berechnungsverfahren einer Investition wurde die Interne Zinssatz-Methode gewählt. Sämtliche während der gesamten Wirkungszeit der Investition ausgelösten Auszahlungen und Einzahlungen werden berücksichtigt und alle Zahlungen auf den heutigen Zeitpunkt abgezinst (Diskontierung). Es wurde folgendermaßen vorgegangen:

- Bestimmung des jährlichen Cash-Flows (einzahlungswirksame Erträge - auszahlungswirksame Aufwendungen).
- Berechnung des Barwertes (Wert, den eine zukünftig anfallende Zahlung in der Gegenwart besitzt) und Aufsummierung der Barwerte.
- Bestimmung des internen Zinssatzes durch schrittweise Näherung bis der Barwert dem Wert Null entspricht.

Bestimmung der sensitivsten Kostenträger / Einflussfaktoren

Welches sind die wichtigsten Stellschrauben, die zu einer geringeren oder höheren Verzinsung des Kapitals führen?

Mit dem oben angegebenen Kostenrahmen wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dazu wurden einzelne Kostenträger mit den Extremwerten variiert, während die restlichen Kostenträger konstant im mittleren Bereich gehalten wurden. Es wurde dann jeweils die Abweichung des Zinsfußes von der „Normalvariante“ bestimmt.

Kurzumtrieb

Für den Kurzumtrieb wurden als durchschnittliche Variante bei den Pflanzkosten die mittlere Preisvariante mit einer Pflanzdichte von 7.500 Stück pro Hektar zu Grunde gelegt. Die durchschnittliche Variante bei der Umtriebszeit waren 7 Jahre und bei der Erntemenge eine Masse von 8 t atro/J/ha.

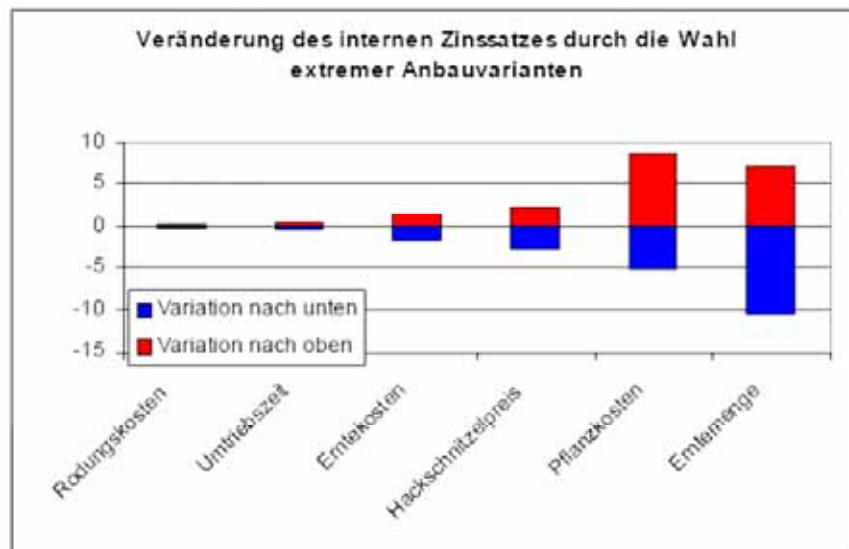


Abb. A 3.21: Kurzumtrieb in Kombination mit Wertholz: Sensitivität der einzelnen Kosten- und Erlösfaktoren des Kurzumtriebs auf den internen Zinssatz. (R. Unseld)

Veränderung des internen Zinssatzes durch die Wahl extremer Anbauvarianten

- Den größten Einfluss auf den internen Zinssatz hatten die Pflanzkosten und die zu erwartende Erntemenge. Dabei variierte der Zinsfuß zwischen -5 bis $+8$ bzw. -11 bis $+7\%$ -Punkten. Dies bedeutet, dass möglichst geringe Pflanzkosten, z.B. durch den Kauf preiswerter Stecklinge und geringe Pflanzdichten, sowie möglichst hohe Erntemengen, z.B. durch die Wahl eines geeigneten Standorts und die Vermeidung von Ausfällen die größten Auswirkungen auf die interne Verzinsung haben.
- Der Hackschnitzelpreis (hier zwischen 40-60 €/t atro) hatte ebenso wie die Erntekosten nur eine geringere Bedeutung.
- Der verlangsamte Kapitalrückfluss bei einer längeren Umtriebszeit (z.B. 10 Jahre statt 5 Jahre) spielt wie auch die stark unterschiedlichen Rodungskosten in Relation zu den anderen Faktoren keine Rolle.

Beurteilung einer kombinierten Fläche aus Wertholzträgern und Kurzumtriebsbaumarten

Es kann gesagt werden, dass ein kombinierter Anbau von Wertholz- und Kurzumtriebsbäumen dann sinnvoll ist, wenn vom Landbewirtschafter eine Produktdiversifizierung und damit eventuell eine Risikoabsenkung gewünscht wird. Je

ertragsärmer sich die Kurzumtriebskomponente gestaltet, desto attraktiver wird der Wertholzanzbau. Dies kann z.B. bei moorigen Böden oder Standorten, die periodisch zur Austrocknung neigen, der Fall sein. Auch auf Kurzumtriebsflächen, die z.B. mangels Verfügbarkeit von Pflanzmaterial lediglich mit wenigen Klonsorten begründet wurden, kann so das Risiko abgesenkt werden. Zudem bietet diese zweihiebige Form der Baumbewirtschaftung gemäß einem Vorschlag von RÖHE Vorteile auf Erstaufforstungsflächen, also geplanten Waldflächen. Bei einer gewünschten Zielsetzung Hochwald kann ein schneller Kapitalrückfluss mit gleichzeitiger Inanspruchnahme der Aufforstungsprämie erfolgen. Neben den wirtschaftlichen Gesichtspunkten soll zudem noch die landschaftsästhetische und naturschutzfachliche Bedeutung der Wertholzträger in Kurzumtriebsflächen erwähnt werden.

Eine Möglichkeit der Integration von Wertholzbäumen auf großflächigen Kurzumtriebsplantagen wäre z.B. die Begründung der Wertholzträger als Randstreifen entlang von Wegen oder anderen Strukturen. Bei einem Unterbau oder einem natürlichen Ankommen von Straucharten können diese Streifen ein temporäres Rückzugsgebiet von Tierarten nach der kahlschlagsartigen Nutzung der Kurzumtriebsfläche bieten, bis diese sich wieder regeneriert hat.

3.3.3 Realisierbarkeit von Agroforstsystemen aus wirtschaftlicher Sicht

Die verschiedenen Einflüsse von Wertholz auf den Ertrag landwirtschaftlicher Nutzflächen umfassen folgende Aspekte:

- Produktdiversifizierung
- Langfristiger Kapitalaufbau
- Verlust an landwirtschaftlicher Produktionsfläche und somit Ertragsreduktion
- Mögliche Ertragsreduktion durch Konkurrenz
- Mögliche Ertragssteigerung durch Verbesserung des Wasserhaushalts und Mikroklimaänderungen
- Größere Baumreihenabstände bedeuten geringere kurzfristige Ertragseinbußen aus der Landwirtschaft

Agroforstsysteme sind für landwirtschaftliche Betriebe interessant, wenn sie eine Steigerung der Flächenproduktivität erlauben. Nur wenn die vorhandenen Ressourcen besser genutzt werden können, lassen sich in einem Mischsystem höhere Erträge im Vergleich zu Monokulturen erzielen (s. Abschnitt 2.6.7). Dass es in Agroforstsystemen der gemäßigten Klimazone entsprechende Effekte geben kann, zeigen Untersuchungen an Agroforstsystemen in Frankreich, Großbritannien und den USA.

Eine Möglichkeit, die Flächenproduktion von Mischkulturen mit der Produktion von Monokulturen zu vergleichen, ist die Verwendung des „land equivalent ratio (LER)“.

Vandermeer (1989)² erklärt den LER folgendermaßen:

² Vandermeer, J. (1989): The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, 237 S.

Ein LER von 1,25 bedeutet: Auf einem Hektar wurden in Mischkultur z.B. 10 Einheiten Mais und 50 Einheiten Bohnen produziert. Um die gleiche Menge in Monokultur zu produzieren, braucht man 0,5 ha für den Mais und 0,75 ha für die Bohnen. 0,5 ha + 0,75 ha ergeben einen LER von 1,25.

Ist der LER größer als 1, dann ist der Anbau in Mischkultur im Vergleich zur Monokultur effizienter. Ist der LER kleiner als 1, dann ist die Monokulturvariante effizienter.

Ein Für weitere Informationen:

- Möndel, A., Brix, M., Chalmin, A.: „Ökonomische Bewertung von Agroforstsystemen“. In: Reeg et al. (2009): „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“;
- WP A7: Praxisleitfaden, Kapitel „Preise und Märkte“

A.4 Identifizierung von erfolgversprechenden Systemen

In diesen Arbeitspaketen sollte beurteilt werden, welche Agroforstsysteme und auf welchen Flächen Agroforstsysteme zur Zeit interessant sind oder unter veränderten Rahmenbedingungen in Deutschland interessant wären. Die Realisierbarkeit von Agroforstsystemen sollte anhand der Untersuchungsregionen Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern bewertet werden. Auf die Untersuchungsregionen wird im Arbeitspaket L1 eingegangen. Die Beurteilung wird auf Basis der Arbeitspakete A1-A3 durchgeführt. Zur besseren Identifizierung sollte außerdem ein Austausch mit den Gruppen stattfinden, die von der Flächennutzung betroffen sind. Auch ein Austausch mit anderen Forschungseinrichtungen war Teil des Arbeitspaketes.

4.1 Austausch

Der Austausch mit den Gruppen, die von der Änderung der Flächennutzung betroffen sind, ist im Arbeitspaket A6 dokumentiert. Es wurde auf verschiedenen Wegen Kontakt zu unterschiedlichen Gruppen aufgenommen. Der Kontakt ermöglichte einen regen Austausch zur Realisierbarkeit von Agroforstsystemen in Deutschland.




Zu folgenden Forschungseinrichtungen bestand während der Projektlaufzeit Kontakt:

- Es bestanden persönliche Kontakte zu verschiedenen Mitarbeitern des abgeschlossenen SAFE Projektes (Fragestellung: Agroforstsysteme in Europa).
- Mit Forschern in Großbritannien, Frankreich und der Schweiz bestand ein regelmäßiger und reger Austausch. Mit französischen und Schweizer Kollegen konnten persönliche Treffen und Flächenbesichtigungen organisiert werden. Zu Mitarbeitern in Forschungsprojekten zu Agroforstsystemen in Großbritannien bestand über E-mail und Telefon Kontakt. So wurden wir zum Beispiel über die jährlichen Tagungsergebnisse des „Farm Woodland Forum“ in Schottland informiert.
- Zu Forschern außerhalb Europas wurde kein persönlicher Kontakt aufgebaut. Die Ergebnisse wurden statt dessen anhand der Veröffentlichungen in der Fachpresse oder auf den Internetseiten der jeweiligen Institutionen aufmerksam verfolgt.
- Zudem bestand ein Austausch mit den in einigen Teilen thematisch verwandten Projekten DENDROM und AGROWOOD.

4.2 Welche Agroforstsysteme erscheinen derzeit interessant?

In der folgenden tabellarischen Übersicht werden moderne Agroforstsysteme beschrieben, die für hiesige Bedingungen generell interessant sind. Die Eignung muss jedoch in jedem Einzelfall überprüft werden, da sie letztlich nur betriebs- und standortabhängig beurteilt werden kann (s. A1-A3).

Sofern es in Deutschland schon Beispiele gibt, werden die für hiesige Bedingungen derzeit interessanten Systeme auch anhand von Bildern vorgestellt.

Beschreibung	Erläuterung
<p>Baumreihen auf Grünlandflächen mit Mindestpflege</p>  <p><i>Abb. A 4.1: Beispiel aus dem Schwarzwald (A. Möndel)</i></p>	<p>Grünlandflächen auf denen nur noch die Mindestpflege durchgeführt wird, verursachen Aufwand und Kosten. Durch die Integration von Werthölzern könnten sich diese Flächen besser rentieren. Da die landwirtschaftliche Produktion in so einem Fall keine Erträge bringt, kann die Baumzahl - im Rahmen der gesetzlichen Möglichkeiten - eher hoch sein.</p>
<p>Werthölzer auf Grünlandflächen mit extensiven Weidesystemen</p>  <p><i>Abb. A 4.2: Beispiel aus dem Hegau (A. Möndel)</i></p>	<p>Wie im vorherigen Punkt erhöht die Doppelnutzung die Rentabilität der Fläche.</p>
<p>Baumreihen auf Grenzertragsflächen oder anderen Flächen, die landwirtschaftlich genutzt werden, aber wenig rentabel sind.</p>  <p><i>Abb. A 4.3: Beispiel aus der Hohenloher Ebene (T. Reeg)</i></p>	<p>Obwohl auf den Flächen noch geringe Erträge aus der Landwirtschaft erwirtschaftet werden, können sie durch die Anlage von Baumstreifen aufgewertet werden.</p>

<p>Baumreihen auf großen, ertragreichen Acker- oder Grünlandflächen (ohne schon existierende Windschutzpflanzungen)</p>	<p>Werden Agroforstsysteme auf solchen Standorten in größeren Reihenabständen (> 30 m) angelegt, können sie ertragssteigernd wirken (s. A2-2.6.1, A3-3.1.5 und A3- 3.2.3)</p>
<p>Baumreihen auf trockeneren Standorten (ohne schon existierende Windschutzanlagen)</p>	<p>Auf trockeneren Standorten können sich Baumreihen positiv auf die Wasserbilanz auswirken (siehe A2-2.6.1). Eine mögliche Option auf solchen Standorten ist die Integration von Sträuchern, beispielsweise in die erste Baumreihe auf der Luv-Seite. So wird der Windschutzeffekt verstärkt und somit die Bodenverdunstung reduziert.</p>
<p>Baumreihen auf erosionsgefährdeten Ackerflächen (ohne schon existierenden Erosionsschutz in Form von Gehölzstrukturen)</p>  <p><i>Abb. A 4.4: Beispiel aus Mecklenburg-Vorpommern (A. Möndel)</i></p>	<p>Auf erosionsgefährdeten Ackerflächen ist die Anlage von Baumreihen interessant, da sie sowohl Wind- als auch Wassererosion günstig beeinflussen können. (siehe A3-3.2.2 und 3.2.3)</p>
<p>Baumreihen entlang von Feldrändern ohne Gehölzstrukturen.</p>  <p><i>Abb. A 4.5: Beispiel aus der Hohenloher Ebene (T. Reeg)</i></p>	<p>Die Bepflanzung der Feldränder ist eine Option für landwirtschaftliche Flächen, auf denen die Anlage von Baumreihen nicht möglich oder unerwünscht ist. Es wird ohne einen Verlust an landwirtschaftlicher Produktionsfläche ein zusätzliches Einkommen geschaffen.</p>
<p>Einsatz von Werthölzern auf Streuobstflächen, die aus Rentabilitätsgründen nicht mehr bewirtschaftet und auf denen absterbende Bäume nicht mehr ersetzt werden.</p>	<p>Auf solchen Flächen empfehlen sich Wildobstarten zur Wertholzproduktion, um die Wirkung von Streuobstflächen im Landschaftsbild zu erhalten.</p>



Abb. A 4.6: Beispiel aus Donzdorf (T. Reeg)

Wertholzreihen auf besseren Weidestandorten (ohne schon existierende Windschutzpflanzungen und Strukturelemente)	Ist eine Weidefläche ungeschützt gegen Wind und bietet sie keinen Schutz vor Temperaturen und Niederschlägen, können Werthölzer die Fläche sinnvoll ergänzen. Sind die Werthölzer auf der Fläche selber unerwünscht, können sie an den Rändern integriert und wenn gewünscht mit Sträuchern ergänzt werden.
Doppelnutzung von Walnussbäumen	Wenn die Eigenschaften der ausgewählten Walnussorte(n) beides zulassen, können sie auf 2,50 m aufgeastet und zur Fruchtproduktion genutzt werden.

Tab. A 4.1: Derzeit interessante Agroforstsysteme

4.3 Interessante Varianten unter abgeänderten Rahmenbedingungen

Die folgende Tabelle beschreibt, welche Rahmenbedingungen sich ändern müssten, um unter hiesigen Bedingungen grundsätzlich umsetzbare und rentable Agroforstsysteme realisierbar zu machen:

Beschreibung	Veränderte Rahmenbedingungen
Moderne Agroforstsysteme auf Streuobstflächen.	<u>Folgenutzung von Streuobstwiesen</u> Dazu sollte die Wertholzproduktion mit Wildobstbäumen auf (nicht mehr rentablen) Streuobstwiesen von gesetzlicher und naturschutzfachlicher Seite her anerkannt werden.
Moderne Agroforstsysteme auf Grenzertragsstandorten.	<u>Offenhaltung landwirtschaftlicher Flächen</u> Dazu sollten Grenzertragsstandorte rechtlich als Nutzungsoption anerkannt werden (s. Abschnitt L-1.1.2).
Anlage moderner Agroforstsysteme im	<u>Anerkennung moderner Agroforstsysteme als</u>

<p>Rahmen von Ausgleichs- oder Ökokontomaßnahmen.</p>	<p><u>mögliche Ausgleichs-/ Ökokontomaßnahme:</u></p> <p>Moderne Agroforstsysteme können landwirtschaftliche Standorte z.B. durch die Diversifizierung von Agrarlandschaften aufwerten.</p> <p>Genauere Untersuchungen wären nötig, um die genauen Leistungen von Agroforstsystemen zu bestimmen (z.B. hinsichtlich Erosionsschutz, Biodiversität, Biotopvernetzung). Die Ergebnisse müssten anschließend für alle relevanten Entscheidungsträger verfügbar gemacht werden.</p>
<p>Moderne Agroforstsysteme auf Waldflächen.</p>	<p><u>Doppelnutzung von Waldflächen:</u></p> <p>Die ökonomischen Potentiale und die Bewirtschaftungsmöglichkeiten sind in Deutschland weitestgehend unbekannt. Benötigt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ein rechtlicher Rahmen der die Nutzung von Waldflächen als silvopastorales System zulässt, - Informationsmaterial für Förster, z.B. zu den ökonomischen Potentialen.

Tab. A4.2: Interessante Agroforstsysteme unter veränderten Rahmenbedingungen

Folgende Veränderungen der Rahmenbedingungen betreffen alle Formen moderner Agroforstsysteme:

Rechtlicher Status: Durch klare Rahmenbedingungen hinsichtlich des Status von Agroforstsystemen und ihrer Gestaltungsmöglichkeiten (z.B. Anzahl der Bäume/ha) wäre die Anlage attraktiver (s. A1).

Kenntnisstand: Vielen landwirtschaftlichen Betrieben sind Agroforstsysteme noch nicht ausreichend als Nutzungsoption bekannt. Abhelfen würden:

- Informationsmaterial
- Besprechen von Agroforstsystemen während der Ausbildung
- Beratung
- Anlage von Beispielflächen

Kenntnisse zur Bewirtschaftung moderner Agroforstsysteme unter hiesigen Bedingungen: Die Kenntnisse zur Bewirtschaftung moderner Agroforstsysteme unter hiesigen Bedingungen müssten ausgeweitet werden, z.B. durch die weitere wissenschaftliche Begleitung schon existierender Anlagen.

A.5 Transfer, Leitfaden und Schlussbericht

5.1 Formen des Transfers

Die Formen des Transfers im Projekt *agroforst* sind im Teilprojekt Landespflege (L6 und L7) dargestellt. Die Beiträge des Teilprojektes Agrar sind im folgenden aufgeführt.

Im Rahmen des Arbeitspaketes A7 hat das Teilprojekt Agrar bei der Erstellung des Leitfadens mitgewirkt und den Schlussbericht verfasst. Für den Leitfaden wurden vom Teilprojekt Agrar die folgenden Kapitel bearbeitet:

- Anlage moderner Agroforstsysteme aus landwirtschaftlicher Perspektive (6 S.)
- Bewirtschaftung moderner Agroforstsysteme aus landwirtschaftlicher Perspektive (8 S.)
- Rechtlicher Rahmen (3 S.)
- In Zusammenarbeit mit dem IWW der Universität Freiburg: Markt und Preise (4 S.)

Für die Erstellung des Leitfadens wurden die Erfahrungen der im Projekt bekannten modernen Agroforstflächen in Deutschland berücksichtigt. Die Protokolle der Flächenbesichtigungen werden im Anhang des Schlussberichtes (unveröffentlicht) aufgeführt.

5.2 Beiträge des Teilprojektes Landwirtschaft

Veranstaltungen in den Beispielgebieten

Datum	Ort	Beteiligung
29.07.2005	Schwerin	Stakeholderworkshop Mecklenburg-Vorpommern
24.10.2005	Schwäbisch Gmünd	Stakeholderworkshop Baden-Württemberg
10.01.06	Balingen	Landwirtschaftsamt und Naturschutzbehörde.
16.01.2008	Schwäbisch Gmünd	Stakeholderworkshop für Baden-Württemberg.
17.01.06	Ravensburg	Mitarbeiter der ProRegio Oberschwaben und des Landwirtschaftsamtes.
13./14.02.06	Hechingen-Boll	Naturschutzbehörde, Obstbaufachberater, Landwirtschaftsamt, Ortsvorsteher Boll, Landwirte.
16.02.06	Simonswald	Bürgermeister, Forstverwaltung, Landwirtschaftsamt.
23.03.06	Kraichgau	Treffen mit Landwirtschaftsamt und landwirtschaftlichen Betriebsleitern
26.10.2006	Hechingen-Boll	Regionaler Workshop in Balingen für das Beispielgebiet Hechingen-Boll in Baden-Württemberg.

09.11.2006	Schwerin	Stakeholderworkshop für Mecklenburg-Vorpommern.
08.-12.06.2006	Mecklenburg-Vorpommern	Informations- und Kontaktreise nach Mecklenburg-Vorpommern. Besuch der identifizierten Zielgebiete und Treffen mit Experten der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei in Gülzow und des Landesamts für Umwelt, Naturschutz und Geologie in Güstrow.
22.02.2007	Donzdorf	Informationsveranstaltung für Vertreter aus Politik, Naturschutz und der Praxis.
13.03.2007	Ravensburg	Regionaler Workshop für das Beispielgebiet Argenbühl in Baden-Württemberg.
14.12.2007	Simonswald	Regionaler Workshop für das Beispielgebiet Simonswald in Baden-Württemberg.



Abb. 5.1: Stakeholderworkshop in Schwäbisch Gmünd am 16.01.2007



Abb. 5.2: Informationsveranstaltung am 22.02.2007 in Donzdorf (Baden-Württemberg)

Vorträge & Infoveranstaltungen

Datum	Veranstaltung
26.04.07	BodenMärkte – Bodennutzung der Zukunft“ in Stuttgart (T. Reeg, A. Möndel); Poster zum Thema „agroforst – neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung (M. Brix, A. Möndel, T.Reeg); Vortrag zum Thema „agroforst – neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung (A. Möndel).
27.09.06	Agroforst Fachgespräch in Potsdam (M. Brix, A. Möndel).
06. - 07.11. 06	Fachtagung „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ in Tharandt. Vortrag zum Thema „Landwirtschaftliche Produktionsverfahren in Agroforstsystemen unter mitteleuropäischen Verhältnissen“ (A. Möndel).
2.-4.07.07	2. Fachtagung: „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“; Vortrag „Ökonomische Bewertung von Agroforstsystemen“ (A. Möndel).

29.04.08	3. Fachtagung: "Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen" Cottbus, Vortrag: "Optimierungspotentiale in der agroforstlichen Produktion" (A.Chalmin)
20.05.08	Vortrag "Landwirtschaftliche Aspekte in Agroforstsystemen" in Jechtigen (Kaiserstuhl), anlässlich der Präsentation der Ergebnisse einer Diplomarbeit, die im Rahmen des Projektes agroforst entstanden ist. Am 23.Mai berichtete die Badische Zeitung über diesen Abend.
07.06.08	KWF-Tagung. Betreuung Informationsstand.

Veröffentlichungen

Artikel in Zeitschriften und Fachzeitschriften

H. Spiecker, M. Brix, R. Unseld, W. Konold, T. Reeg, A. Möndel 2006: Neue Trends in der Wertholzproduktion. AFZ/Der Wald 61 (19/2006): 1030-1033

A. MÖNDEL 2007: Bäume wachsen nicht in den Himmel. Dlz agrarmagazin (10/2007), 20-23.

A. Möndel, T. Reeg, M. Brix 2007: Agroforstsysteme als Bindeglied zwischen Tradition und Moderne – Sind Streuobstwiesen als Ausgleichsmaßnahme noch zeitgemäß? Die Gemeinde (BWGZ) 130 (10/2007): 369-371

T. Reeg, A. Möndel, M. Brix, W. Konold 2008: Naturschutz in der Agrarlandschaft – neue Möglichkeiten mit modernen Agroforstsystemen? Natur und Landschaft 83 (6): 261-266

A. Chalmin 2008: Agroforstsysteme in Deutschland. Landinfo 7/2008: 1-7

Beiträge für das Buch „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ (Verlag Wiley VCH, Frühjahr 2009)

A. CHALMIN, A.MÖNDEL: Rechtliche Rahmenbedingungen für Agroforstsysteme

A. MÖNDEL , M. BRIX, A. CHALMIN: Ökonomische Bewertung von Agroforstsystemen

A. CHALMIN: Produktionsaspekte in Agroforstsystemen mit Werthölzern – landwirtschaftliche Produktion

B

Moderne Agroforstsysteme in Deutschland –
Aspekte der Wertholz- und Biomasseproduktion

Teilprojekt Waldmanagement

M. Brix, A. Möndel, U. Kretschmer, B. Bender, H. Spiecker

agroforst – neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung

Inhalt

B.1 Aufbereitung vorhandener Daten und Entwicklung alternativer Waldmanagementkonzepte

- 1.1 Design von Agroforstsystemen
- 1.2 Bestandesbegründung
- 1.3 Bestandespflege

B.2 Systemauswahl für die Beispielgebiete in Baden-Württemberg

- 2.1 Hechingen-Boll
- 2.2 Argenbühl
- 2.3 Simonswald
- 2.4 Kraichgau

B.3 Systemauswahl für Mecklenburg-Vorpommern

- 3.1 Arrondierung von ungünstig geschnittenen Flächen
- 3.2 Agroforstsysteme mit einjährigen landwirtschaftlichen Kulturen
- 3.3 Agroforstsystem mit schnell wachsenden Baumarten als landwirtschaftliche Kultur
- 3.4 Agroforstsystem als Windschutzanlage
- 3.5 Weitläufige Weidesysteme mit agroforstlichen Strukturen

B.4 Holzbiomasseproduktion in Agroforstsystemen

- 4.1 Ergebnisse des Teilprojektes Holzbiomasse
 - 4.1.1 Modellierung zur Untersuchung der Lichtreduktion durch die Wertholzbäume
- 4.2 Untersuchung der Wachstumsreduktion der Kurzumtriebsbäume bei vermindertem Lichtangebot
 - 4.2.1 Zusammenfassende Bewertung der beiden Untersuchungsteile
- 4.3 Ökonomische Auswirkungen
 - 4.3.1 Bestimmung der Kostenträger
 - 4.3.2 Bestimmung weiterer Einflussgrößen auf das ökonomische Ergebnis
 - 4.3.3 Bestimmung der Verzinsung des eingesetzten Kapitals
 - 4.3.4 Bestimmung der sensitivsten Kostenträger/ Einflussfaktoren
 - 4.3.5 Variantenberechnung
 - 4.3.6 Beurteilung einer kombinierten Fläche aus Wertholzträgern und Kurzumtriebsbaumarten

B.5 Arbeitspaket „Visualisierung“

- 5.1 Visualisierungsbeispiele

B.6 Modellbildung und Bewertung von Agroforstsystemen

B.7 Literatur

B.1 Aufbereitung vorhandener Daten und Entwicklung alternativer Waldmanagementkonzepte

1.1 Design von Agroforstsystemen

Ein wichtiger Punkt stellt die Gestaltung von Agroforstsystemen dar. Das Design von Agroforstsystemen wird im Wesentlichen durch die Anordnung der Wertholzträger bestimmt. Das heißt, es wurde geklärt, in welcher Weise die Wertholzträger auf der Fläche angeordnet werden. Die Festlegung des Designs der Agroforstsysteme wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt Agrar durchgeführt. Diese Zusammenarbeit war v.a. bei der Festlegung der Reihenabstände von besonderer Bedeutung, da der Abstand zwischen den Baumreihen in silvoarablen Agroforstsystemen an das Arbeitsraster der üblichen landwirtschaftlichen Maschinen angepasst sein muss. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die landwirtschaftlichen Flächen trotz der Bäume effizient zu bewirtschaften ist. In Deutschland sind aktuell Arbeitsbreiten bis 24 m am weitesten verbreitet. Zuzüglich eines Baumstreifens von 2 m ist somit von mindestens 26 m Baumreihenabstand auszugehen. Alternative Baumreihenabstände müssen sich ebenfalls in diesem Raster bewegen, das heißt es sind für dieses Beispiel auch Reihenabstände von 50 m, 74 m, 98 m...möglich.

In silvopastoralen Agroforstsystemen sind solch fixe Vorgaben den Reihenabstand der Wertholzträger betreffend nicht nötig. Vielmehr besteht in beweideten Systemen die

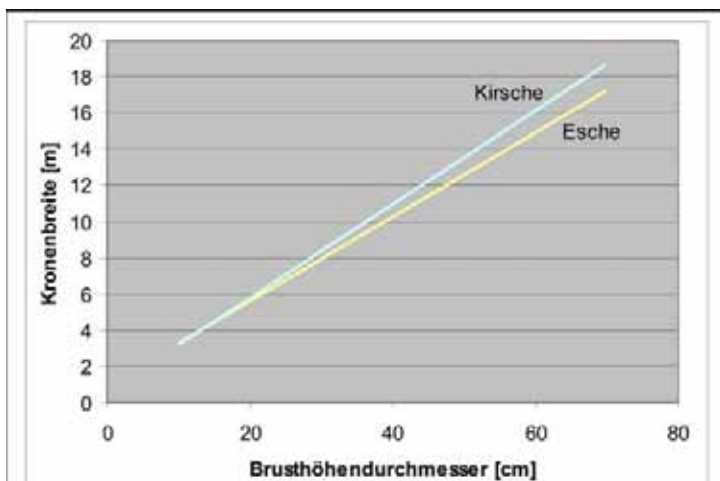


Abb. B.1.1: Exemplarische Darstellung des Zusammenhangs von Brusthöhendurchmesser und Kronenbreite für die Baumarten Kirsche und Esche. (Quelle: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. 2009. Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission.)

Möglichkeit, von einer strengen Anordnung der Wertholzträger in Reihen abzuweichen. In solchen Systemen kann die Anordnung der Bäume auch unter landschaftsästhetischen oder topographischen (Pflanzung der Bäume entlang von Höhenlinien) Gesichtspunkten erfolgen. Der minimale Wertholzträgerabstand in silvopastoralen Systemen sowie der minimale Abstand der Wertholzträger innerhalb der Reihen in silvoarablen Systemen

richten sich nach baumartenindividuellen Parametern und nach den Produktionszielen. Über den bestehenden, baumartenindividuellen linearen Zusammenhang zwischen der Kronenbreite und dem Brusthöhendurchmesser lässt sich der Platzbedarf des Wertholzträgers bei Erreichen des Zieldurchmessers vorhersagen. Somit ist der minimale Abstand der Wertholzträger vorgegeben.

1.2 Bestandesbegründung

Bei der Bestandesbegründung werden ebenfalls die Besonderheiten von Agroforstsystemen berücksichtigt. Es besteht einerseits die Möglichkeit, die Bäume auf Endabstand zu pflanzen. Der Vorteil besteht in den sehr geringen Begründungskosten. Die Nachteile sind jedoch nicht außer Acht zu lassen: Fallen einzelne Bäume aus, sind Nachbesserungen zwingend nötig. Ein weiterer Nachteil besteht in der fehlenden Auswahlmöglichkeit – wachsen einzelne Bäume nicht in der für die Wertholzproduktion ausreichenden Qualität, müssen auch hier Nachbesserungen durchgeführt werden.

Als sinnvoll ist somit anzusehen, kleine Gruppen von drei bis vier Bäumen im Abstandsbereich der Wertholzträger zu pflanzen. Die Pflanzkosten sind einerseits immer

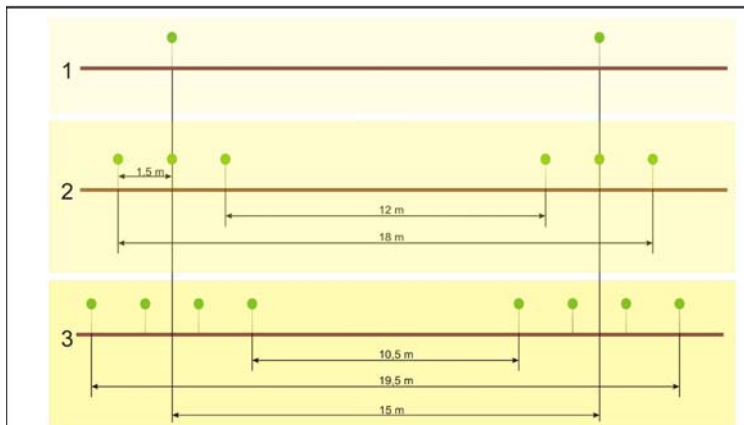


Abb. B.1.2: Schematische Darstellung von drei Möglichkeiten zur Anordnung der Bäume innerhalb der Reihe (M.Brix)

1. Pflanzung der Bäume auf Endabstand
2. Pflanzung der 3-fachen Wertholzträgerzahl
3. Pflanzung der 4-fachen Wertholzträgerzahl

noch gering im Verhältnis zur klassischen Aufforstung, andererseits besteht die Möglichkeit einer Selektion. Nachbesserungen auf Grund von schlechtem Wuchs oder von Ausfällen können somit vermieden werden. Durch die

große Bandbreite an zur Verfügung stehenden Baumarten kommen viele verschiedene Standorte für diese

Art von Agroforstsystemen in Betracht, beginnend mit feuchteren Standorten, auf denen die Erle als geeignete Baumart anzusehen ist, bis hin zu den trockeneren Standorten, mit denen Elsbeere und Speierling gut zurecht kommen. Auf besseren Standorten in für Edellaubbäume geeigneten klimatischen Lagen, die eine gute Wasser- sowie Nährstoffversorgung aufweisen, bestehen keine Einschränkungen in der Baumartenwahl.

1.3 Bestandespflege

Die einzige bestandespflegende Arbeit, die zur Produktion von Wertholz in agroforstlichen Systemen nötig ist, ist die Ästung. Die Ästungsmaßnahmen beschränken sich auf die ersten 15 Jahre nach der Bestandesbegründung. Die Höhe der Ästung richtet sich nach der zu erwartenden Baumhöhe zu Ende der Produktionszeit. Ein Anteil an astfreiem Schaftholz von 1/3 der Baumhöhe erscheint realisierbar, das Optimum muss jedoch noch mit biologischen

und ökonomischen Kriterien ermittelt werden. Da das Höhenwachstum der Bäume baumarten-sowie standortsabhängig ist, können die Längen der astfreien Schäfte in einem gewissen Rahmen variieren. Die Durchführung der Ästung erfolgt nicht auf klassische Weise, das heißt durch eine systematische, stufenweise Entnahme der jeweils unteren Äste, sondern nach der Methode der vorgreifenden Ästung. Bei dieser Methode werden starke Äste aus den oberen Kronenbereichen bereits entnommen und sehr schwache Äste aus den unteren Kronenbereichen länger am Stamm belassen. Dies hat den Vorteil, dass starke Kronenäste nicht noch weiter an Dimension zunehmen und somit bei einem späteren Zeitpunkt der Ästung große Wunden hinterlassen, welche nur langsam überwallen. Das Belassen schwacher Äste im unteren Kronenbereich hat weiterhin den Vorteil, dass eine größere Assimilationsfläche erhalten bleibt und das Risiko der Wasserreiserbildung reduziert wird.

B.2 Systemauswahl für die Beispielgebiete in Baden-Württemberg

Um die Auswahl und die Gestaltung der möglichen Systeme auf einen überschaubaren Umfang zu reduzieren, wurden die Systeme in enger Zusammenarbeit mit den Teilprojekten „Agrar“ und „Landespflege“ an die jeweiligen Untersuchungsgebiete angepasst. Bei der Auswahl der Systemvarianten wurden waldwachstumskundliche Aspekte, wie die Auswahl standortsangepasster Baumarten sowie die Beachtung der Baumwuchsdynamik berücksichtigt. Des Weiteren wurden die Systeme so ausgewählt, dass sie sich möglichst ideal in die landwirtschaftlichen Produktionsabläufe integrieren, die ökologischen Gesichtspunkte berücksichtigen sowie sich aus ästhetischer Sicht möglichst gut in Landschaft integrieren.

Berücksichtigt wurde:

- Auswahl standortsangepasster Baumarten
- Wuchsdynamik der Bäume
- Integration in bestehende landwirtschaftliche Produktion
- regionale Problemstellungen und Anforderungen an Agroforstsysteme
- Ökologische und landschaftsästhetische Gesichtspunkte (Auswirkungen auf Baumverteilung und Baumartenwahl)

Aus diesen Gesichtspunkten resultieren die jeweiligen Designs für die Agroforstsysteme in den vier für Baden-Württemberg ausgewählten Beispielgebieten Hechingen-Boll, Argenbühl (Allgäu), Simonswald und Kraichgau.

2.1 Hechingen-Boll

Hechingen-Boll ist eine Gemeinde im Albvorland. Ein großes Problem ist hier die mangelnde Pflege bzw. Aufgabe der immer noch auf relativ großen Flächen vorhandenen und das Landschaftsbild prägender Streuobstbestände. Es wird nach einer zeitgemäßen Nutzungsform gesucht, die die vielfältigen Funktionen von Streuobstwiesen erfüllt, das Landschaftsbild erhält und sich auch ökonomisch trägt. Aufgrund der klimatischen und standörtlichen Voraussetzungen sowie der Fragestellung einer zeitgemäßen Nutzung von Streuobstwiesen bieten sich in Hechingen-Boll vor allem die Wildobstarten als Baum zur Wertholzproduktion an. Besonders geeignet scheinen hier die Vogelkirsche, die Elsbeere, der Speierling, die Wildbirne sowie der Wildapfel. Diese Bäume sind aufgrund ihrer Blüte und der Fruchtproduktion geeignet, um die hochstämmigen Obstbäume der Streuobstwiesen zu ersetzen. In Hechingen-Boll sind silvopastorale, das heißt Agroforstsysteme mit einer Grünlandnutzung, denkbar. Hier sind zwei Varianten zu betrachten, die sich durch ihre unterschiedlichen Ausgangssituationen unterscheiden.

1. Neuanlage eines Agroforstsystems auf Grünland
2. Sukzessive Umwandlung einer vorhandenen Streuobstwiese in ein klassisches Agroforstsystem



Abb.B.2. 1: Blick auf vorhanden Streuobststrukturen in der Gemeinde Hechingen-Boll (M.Brix)

Variante I: Neuanlage eines Agroforstsystems auf Grünland. Wie bereits erwähnt eignen sich aus landschaftsästhetischen und ökologischen Gesichtspunkten besonders die Wildobstarten für die Anlage von zeitgemäßen Agroforstsystemen. Diese sind auch aus standörtlichen sowie klimatischen Bedingungen für die Wertholzproduktion in der Region Hechingen-Boll anzusehen.

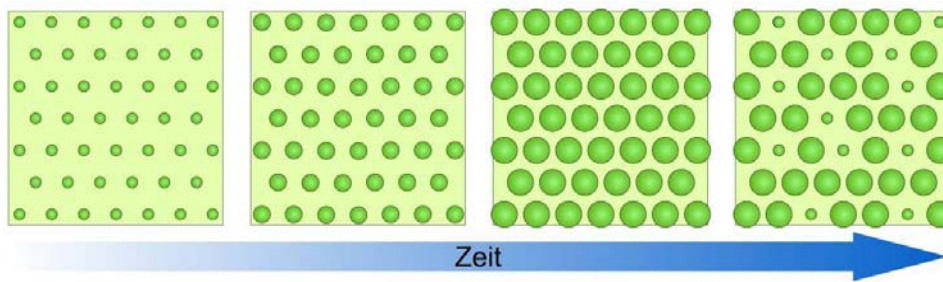


Abb.B.2. 2: Grafische Darstellung eines neu angelegten Agroforstsystems mit Darstellung der zeitlichen Dynamik des Systems (M.Brix)

Im Gegensatz zu Streuobstbeständen, die in einem Verband von 10 m x 10 m, das heißt 100 Bäume je Hektar, gepflanzt werden, werden die Bäume im Agroforstsystem in einem Dreiecksverband mit einem Baumabstand von 15 m gepflanzt. Dies entspricht einer Baumzahl von ca.45 Bäumen je Hektar zum Ende der Produktionszeit.

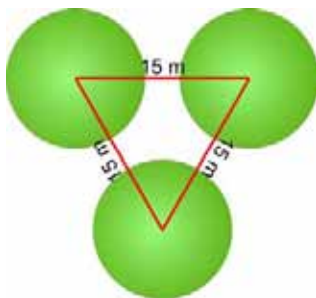


Abb.W.2. 3 Anordnung der Bäume im Dreiecksverband (M.Brix)

Durch die Mischung verschiedener Baumarten auf einer Fläche, die sich in ihrer Wuchsdynamik und somit auch in ihren Produktionszeiten unterscheiden, entsteht über längere Zeit betrachtet aus dem anfangs sehr systematisch und in der Struktur statischem System, ein sehr dynamische System, welches reich an unterschiedlichen Strukturen ist.

Variante II: Sukzessive Umwandlung einer vorhandenen Streuobstwiese in ein klassisches Agroforstsystem. Die Variante II stellt sich sehr Ähnlich wie die Variante I dar, mit dem Unterschied, dass sich die Ausgangssituationen unterscheiden. Wurde bei Variante I davon ausgegangen, dass das Agroforstsystem auf einer bisher Baumfreien Fläche angelegt wird, wird bei Variante II davon ausgegangen, dass eine bisher als traditionelle Streuobstwiese genutzte Fläche sukzessive in ein angepasstes modernes Agroforstsystem überführt wird.

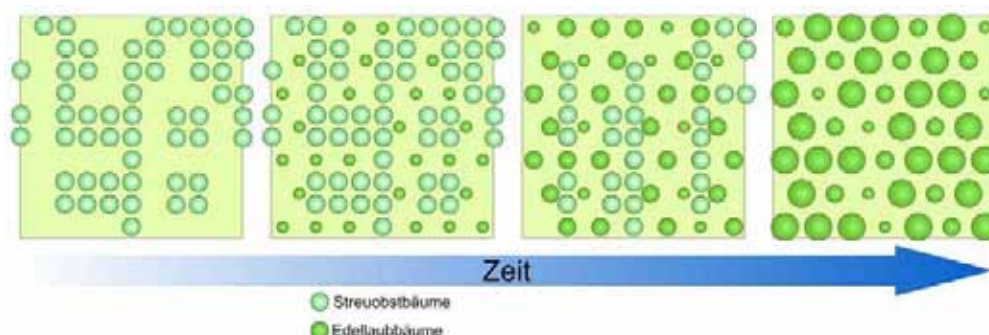


Abb.B.2. 4 Grafische Darstellung eines neu angelegten Agroforstsystems mit Darstellung der zeitlichen Dynamik des Systems (M.Brix)

Wie in der obigen Abbildung zu sehen ist, werden in die entstandenen Lücken der vorhandenen und überalterten Streuobstwiesen Bäume zur Wertholzproduktion eingebracht.

Durch den fortschreitenden Alterungsprozess, der immer wieder neue Lücken entstehen lässt, welche mit wertholzproduzierenden Bauarten ergänzt werden, findet über einen Zeitraum von mehreren Jahren bis Jahrzehnten ein Überführung der Streuobstwiese in ein modernes Agroforstsystem zur Wertholzproduktion statt.

2.2 Argenbühl

Die Region Argenbühl ist ein typisches Gebiet mit Grünlandnutzung. Etwas steilere Hanglagen, die gar nicht oder nur mit großem Aufwand maschinell bewirtschaftet werden können, oder abgelegener Gebiete sind hier von der Nutzungsaufgabe bedroht. Als eine Folgenutzung kommen hier Agroforstsysteme, kombiniert mit einer Beweidung in betracht.



Abb.B.2. 5: Blick auf die Siggener Höhe im Allgäu (M.Brix)

Typisch für die Landschaft im Allgäu sind unterschiedlichen Strukturen, in denen die vorhandenen Bäume in der Landschaft angeordnet sind. Diese reichen von kleineren Waldkomplexen, über einzelne Baumgruppen hin zu linearen Baumstrukturen und Einzelbäumen.

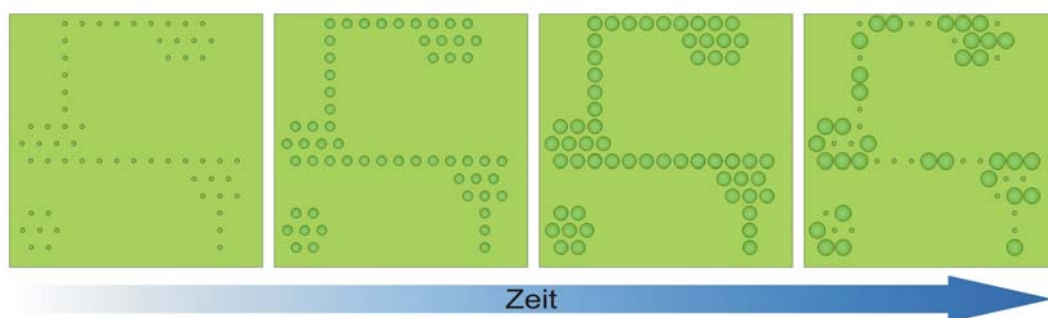


Abb.B.2. 6: Grafische Darstellung eines Agroforstsystems mit Darstellung der zeitlichen Dynamik des Systems (M.Brix)

Diese vorhandenen Strukturen sollen, um eine bestmögliche Eingliederung des Systems in die Landschaft, auch von den neuen Agroforstsystemen aufgenommen werden. Die neuen

Systeme beinhalten ebenfalls die bereits in der Landschaft vorhandenen Elemente. Es gibt Bereiche mit einer gruppenartigen Anordnung der Wertholzträger. In diesen werden die Bäume im Dreiecksverband mit einem Abstand von 15 m auf 15 m gepflanzt. Zudem existieren Bereiche, in denen die linienartigen Strukturen wieder aufgenommen werden. Auf diese Weise entstehen Agroforstsysteme mit einer Baumzahl, die im Schnitt bei etwa 20 bis 30 Bäumen je Hektar liegen wird. Hohe Niederschläge, eine Temperatur im Jahresmittel von ca. 8°C und nährstoffreiche Böden bieten für die meisten der Edellaubbaumarten gute Wachstumsbedingungen.

2.3 Simonswald

Variante 1: Simonswald ist eine Gemeinde mit sehr hohem Waldanteil. In den letzten Jahrzehnten ist der Wald auf Grund von der Aufgabe von landwirtschaftlichen Flächen und deren Aufforstung immer mehr in Richtung der Talsohle vorgerückt. Als Alternative zur Aufforstung und einer somit weiter fortschreitenden Zunahme der Bewaldung, bieten sich



hier Agroforstsysteme mit einer Grünlandunternutzung an. Im Idealfall würde die Nutzung des Grünlandes mit großflächigen Weidesystemen (Mutterkuhhaltung,...) erfolgen. Besonders wichtig im Zusammenhang mit der Beweidung ist ein guter

Abb.B.2. 7: Blick auf eine typische Situation im Simonswälder Tal (M.Brix)

Baumschutz, der die Bäume nicht nur vor Wild- sondern auch vor Großweidetieren schützt. Das Schützen von einzelnen Bäumen oder das Auszäunen ganzer Baumgruppen und –reihen muss langfristig und sehr gewissenhaft erfolgen, um die gesetzten Produktionsziele nicht zu gefährden.

Auf Grund der ausgeprägten Geländetopographie und der bereits natürlich vorhandenen Geländestrukturen, wie zum Beispiel von Wiesenreinen, kleineren Hangkanten und Feldwegen, wie sie auch in der Abbildung 27 zu erkennen sind, bietet sich in Simonswald besonders eine an die Geländetopographie angepasste Anordnung der Bäume an. Der Baumreihenabstand wird durch die vorhandenen Strukturen vorgegeben, die aufgrund der Flurstücksgrenzen in Abständen von 20 bis 30 m vorkommen. Der Abstand zwischen den Baumreihen sollte genau so wie der Baumabstand innerhalb der Baumreihen einen Abstand von 15 m nicht unterschreiten.

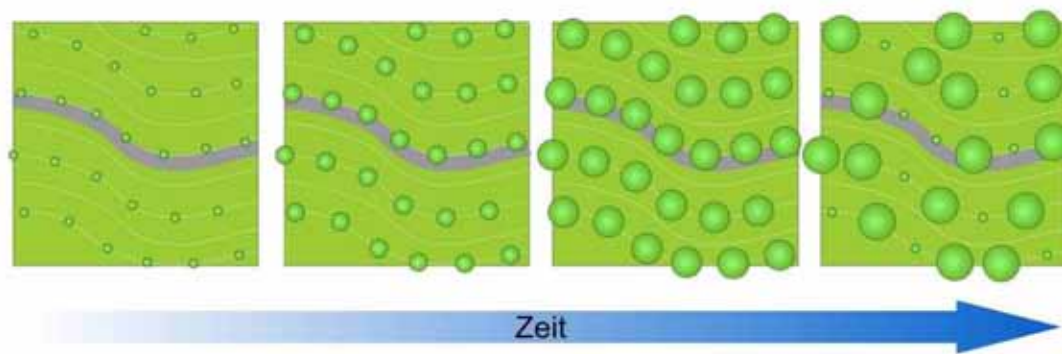


Abb.B.2. 8: Grafische Darstellung eines Agroforstsystems mit Darstellung der zeitlichen Dynamik des Systems (M.Brix)

Die sehr günstigen klimatischen Voraussetzungen, das heißt milde Temperaturen in der Vegetationszeit verbunden mit hohen Niederschlägen, sowie die gut nährstoffversorgten Standorte bieten sehr gute Wachstumsbedingungen und somit beste Voraussetzungen für die Produktion von Wertholz mit Edellaubbäumen.

2.4 Kraichgau

Bei dem Beispielgebiet Kraichgau handelt es sich um ein für Baden-Württemberg typisches Gebiet mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung. Dies bedeutet große, zusammenhängende Schläge, einen geringen Waldanteil und nur einen geringen Anteil von Strukturelementen.



Abb.B.2. 9: Ackerschlag aus dem Beispielgebiet Kraichgau (M.Brix)

Für dieses Gebiet wurden vier Varianten für eine agroforstliche Flächennutzung erarbeitet. Die ersten beiden Varianten kombinieren eine landwirtschaftliche Flächennutzung mit einjährigen Ackerkulturen und der Produktion von

Wertholz. Diese beiden Varianten unterscheiden sich hinsichtlich der Intensität der forstlichen Komponente des Agroforstsystems. Die dritte Variante kombiniert den Anbau von schnell wachsenden Baumarten zur Biomasseproduktion, die in diesem Fall die landwirtschaftliche Kultur darstellen, mit dem Anbau von Edellaubbäumen zur Wertholzproduktion. Die vierte Variante sieht eine Aufwertung von Stilllegungsflächen durch

die Anlage von Agroforstsystemen vor. Aufgrund der standörtlichen Gegebenheiten und des Klimas im Kraichgau steht die gesamte Bandbreite der Edellaubbaumarten, die für diese Bedingungen geeignet sind, zur Verfügung.

Variante I: Intensive Agroforstsystemvariante auf Ackerstandorten. Bei der intensiven Variante, wird ein Reihenabstand der Wertholzträgerreihen von 26 m gewählt. Dies bedeutet bei einem Endbaumabstand von 15 m eine Baumzahl von 45 Bäumen je Hektar.

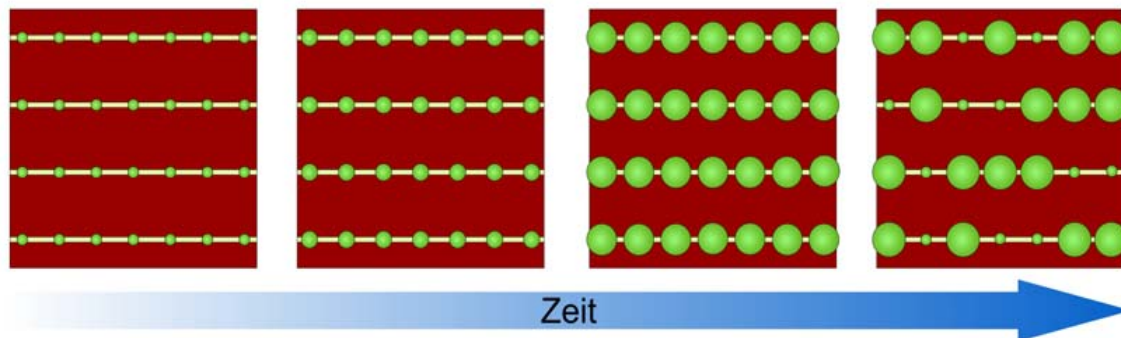


Abb.B.2. 10: Grafische Darstellung eines Agroforstsystems mit Darstellung der zeitlichen Dynamik des Systems (M.Brix)

Unter „Intensiv“ ist in diesem Fall aus forstlicher Sicht zu verstehen, dass möglichst viele Wertholzträger auf die landwirtschaftliche Fläche eingebracht werden, diese aber die landwirtschaftliche Flächenbewirtschaftung nur in geringstem Umfang beeinträchtigen. Bei dieser Variante wird auch die Breite des Baumstreifens auf eine möglichst geringe Breite von 2 m beschränkt. Dies bedeutet, dass der ackerbaulich nutzbare Streifen zwischen den Wertholzträgerreihen eine Breite von 24 m hat.

Variante II: Extensive Agroforstsystemvariante auf Ackerstandorten. Bei der Extensiven Variante des silvoarablen Systems werden die Baumstreifen mit den wertholzträgern in Abständen von 104 m angelegt. Der Abstand der Bäume innerhalb der Reihen sollte auch hier einen Abstand von 15 m nicht unterschreiten. Auf Grund dieser Baumanordnung können auf einem Hektar 7 Wertholzbäume produziert werden. Die Breite des Baumstreifens beträgt in diesem Fall 8 m, ist also viermal so breit als bei der intensiven Variante des silvoarablen Systems. Die Landwirtschaftlich nutzbare Fläche zwischen den Baumstreifen hat eine Breite von 96 m und ist so gewählt, dass diese auch in das Raster der Arbeitsbreiten der heute gängigen landwirtschaftlichen Maschinen fällt. Durch die größere Breite des Baumstreifens bestehen hier mehr gestalterische Möglichkeiten, zum Beispiel durch das einbringen von Sträuchern, in Hinblick auf die ökologische Wirkung der Baumstreifen.

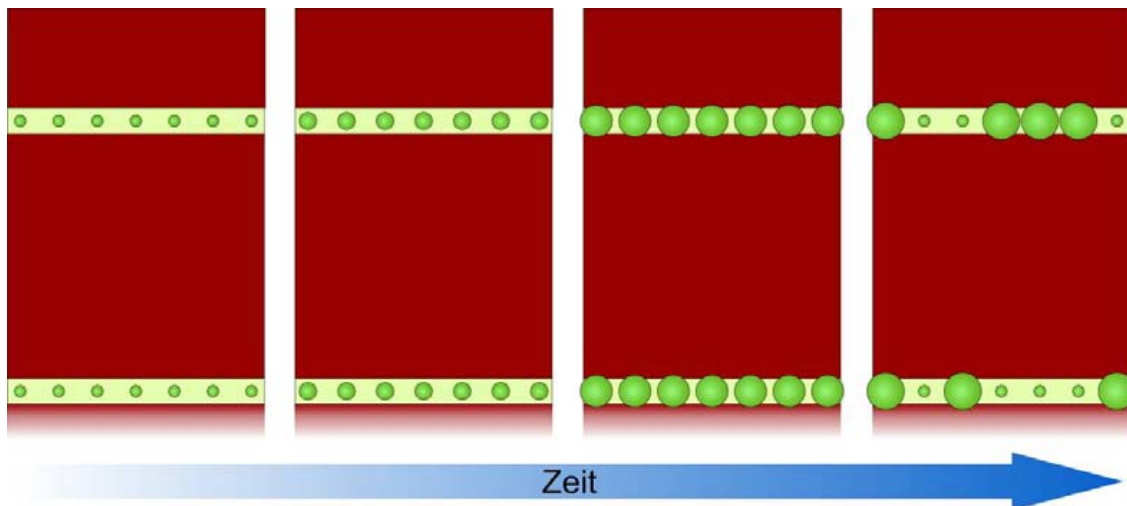


Abb.B.2. 11: Grafische Darstellung eines Agroforstsystems mit Darstellung der zeitlichen Dynamik des Systems (M.Brix)

Diese Variante eines Agroforstsystems ist nur in Regionen zu realisieren, in denen die landwirtschaftlichen Schläge eine Mindestgröße von 7 bis 10 Hektar aufweisen, wie dies im Kraichgau der Fall ist. In Regionen mit deutlich kleineren Flurstücken und Bewirtschaftungseinheiten ist dies nicht möglich.

Auch auf Stilllegungsflächen bieten sich Agroforstsysteme als eine Alternative zur reinen Mindestpflege als eine zeitgemäße Nutzungsform an. Streifenartige Stilllegungsflächen entlang von Wegen oder Gewässern können mit einzelnen Baumreihen bestockt werden und somit zu einer Bereicherung an Strukturen in intensiv genutzten Ackerbaugebieten beitragen. Auf großräumigeren Stilllegungsflächen bietet sich der kombinierte Anbau von schnell wachsenden Baumarten, wie zum Beispiel Weide und Pappel, mit Wertholzbäumen als silvoarables System (Variante III) sowie der Anbau von Edellaubbäumen auf Grünland in Form eines silvopastoralen Systems (Variante IV) an.

Variante III: Agroforstsystem mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb als landwirtschaftliche Kultur auf Stilllegungsflächen. Größere Stilllegungsflächen bieten sich für den kombinierten Anbau von schnell wachsenden Bäumen im Kurzumtrieb und Edellaubbäumen zur Wertholzproduktion in längeren Produktionszeiten an. Die Kombination aus Bäumen mit sehr unterschiedlichen Produktionszeiten und unterschiedlichen Produktionszielen ist mit dem traditionellen Mittelwald zu vergleichen und als moderne Form dieser Bewirtschaftungsart anzusehen. Für diese Variante wurde ein Baumreihenabstand der Wertholzträgerreihen von 56 m gewählt. Der Baumstreifen, der frei von Kurzumtriebsbäumen bleibt hat eine breite von 8 m. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass keine ungünstigen Konkurrenzsituationen zwischen Wertholzträgerbäumen und Kurzumtriebsbäumen aufgrund ihrer sehr unterschiedlichen Wachstumsdynamik entstehen. Abzüglich des Baustreifens hat die Kurzumtriebsfläche zwischen den Wertholzträgerreihen eine Breite von 48 m, welche sich wieder an dem Arbeitsbreitenraster der zurzeit gängigen

landwirtschaftlichen Maschinen orientiert.

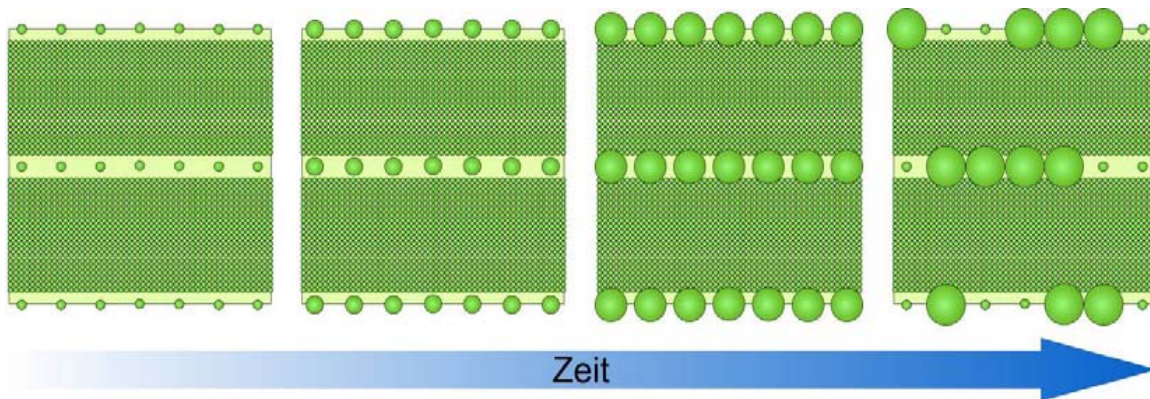


Abb.B.2. 12: Grafische Darstellung eines Agroforstsystems mit Darstellung der zeitlichen Dynamik des Systems (M.Brix)

Innerhalb der Wertholzträgerreihen sollten die Bäume den üblichen Abstand von 15 m nicht unterschreiten. Auf diese Weise errechnet sich eine Baumzahl von 12 Wertholzträgerbäumen je Hektar.

Variante IV: Agroforstsystem mit Grünland-Unternutzung auf Stilllegungsflächen. Diese Variante des Agroforstsystems im Kraichgau ist mit der Variante I des Agroforstsystems für Hechingen-Boll in Kapitel 2.1 gleichzusetzen. Die Einzelheiten zu diesem System können unter diesem Punkt nachgelesen werden.

B.3 Systemauswahl für Mecklenburg-Vorpommern

Im Unterschied zu Baden-Württemberg wurden in Mecklenburg-Vorpommern geeignete Beispielgebiete für die Anlage von Agroforstsystemen nicht auf Gemeindeebene sondern auf großräumigerer Regionenebene ausgewählt. Aus diesem Grund ist die Auswahl der Systemdesigns für Mecklenburg-Vorpommern nicht in solchem Maße regionenspezifisch wie dies in Baden-Württemberg der Fall ist. Für Mecklenburg-Vorpommern wurden Systeme ausgewählt, die als alternative Landnutzungsfom in verschiedenen Regionen implementiert werden können. Somit können auch keine Aussagen zur Baumartenwahl getroffen werden, da die Standorte innerhalb der Regionen stark variieren. Für Mecklenburg-Vorpommern wurden folgende Systemvarianten erarbeitet:

1. Arrondierung von ungünstig geschnittenen Flächen
2. Agroforstsysteme mit einjährigen landwirtschaftlichen Kulturen
 - a. Variante I: Intensive Agroforstvariante auf Ackerbaustandorten
 - b. Variante II: Extensive Agroforstvariante auf Ackerstandorten

3. Agroforstsystem mit schnell wachsenden Baumarten als landwirtschaftliche Kultur
4. Agroforstsystem als Windschutzanlage
5. Weitläufige Weidesysteme mit agroforstlichen Strukturen

3.1 Arrondierung von ungünstig geschnittenen Flächen

Gerade auf sehr großen Ackerschlägen mit Flächengrößen von mehr als 50 Hektar, wie sie in Mecklenburg-Vorpommern weit verbreitet sind, ist eine effiziente Bearbeitung dieser Flächen mit großen und leistungsstarken Maschinen von großer Bedeutung. Unnötige Wendemanöver und eine Doppelbefahrung von einzelnen Teilbereichen sind zu vermeiden, um die Flächenleistung der Maschinen voll auszunutzen. Unter diesen Gesichtspunkten bietet es sich an, bei ungünstig geschnittenen Flächen oder nicht ackerbaulich nutzbare Bereiche (z.B. Sölle), Teilbereiche aus der ackerbaulichen Nutzung zu nehmen (siehe auch Abbildung 34) und diese Flächen einer alternativen landwirtschaftlichen Nutzung zuzuführen. Für diese Fälle bietet sich eine Flächennutzung mit silvopastoralen Systemen an.



Abb.B.3. 1 a und b: Großflächige Ackerschläge mit Söllen in Mecklenburg-Vorpommern (M.Brix)

Innerhalb der aus der ackerbaulich genutzten Fläche genommenen Teilschläge werden die Wertholzbäume im 15 m x 15 m Verband gepflanzt. Auf einem Hektar kann somit 45 Bäume Wertholz produziert werden. Als landwirtschaftliche Unternutzung bietet sich eine Mindestpflege in Form von Mulchen oder eine Beweidung an.

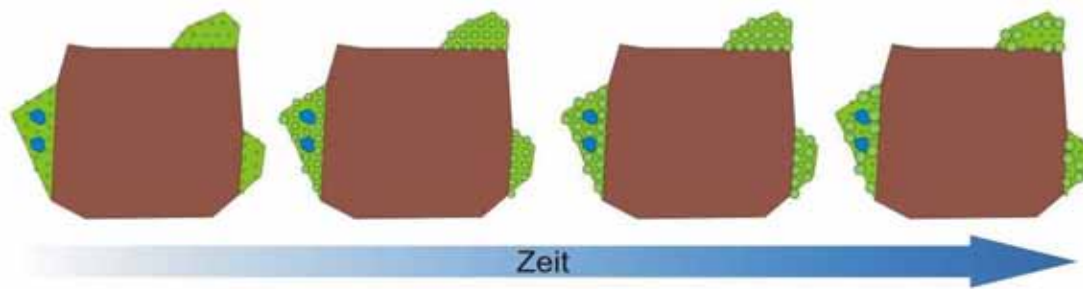


Abb.B.3. 2: Systematische Darstellung einer Flächenarrondierung im zeitlichen Verlauf (M.Brix)

3.2 Agroforstsysteme mit einjährigen landwirtschaftlichen Kulturen

Besonders auf den großen Ackerschlägen in Mecklenburg-Vorpommern bieten sich silvoarable Systeme, die mit den silvoarablen System, die für das Beispielgebiet „Kraichgau“ in Baden-Württemberg zu vergleichen sind, als agroforstliche Nutzungsform an. Auch für Mecklenburg-Vorpommern sind die beiden folgenden Varianten denkbar:



Abb.B.3. 3: Großflächiger Schlag in Mecklenburg-Vorpommern (M.Brix)

Variante I (Intensive Agroforstvariante auf Ackerbaustandorten) und **Variante II** (Extensive Agroforstvariante auf Ackerstandorten) entsprechen in ihrem Aussehen und ihrer Gestaltung den bereits unter dem Punkt „Kraichgau“ beschriebenen Varianten I und II und sollen hier nicht nochmals ausführlich beschrieben werden. Der einzige Unterschied der zwischen den Systemen im Kraichgau und den Systemen in Mecklenburg-Vorpommern bestehen können, ist die Wahl der Baumarten, die maßgeblich durch den Standort und das Klima beeinflusst werden.

3.3 Agroforstsystem mit schnell wachsenden Baumarten als landwirtschaftliche Kultur

Diese Variante entspricht in ihrem Aussehen und ihrer Gestaltung dem bereits unter dem Punkt „Kraichgau“ beschriebenen Variante III sollen hier nicht nochmals ausführlich

beschrieben werden. Der einzige Unterschied der zwischen den Systemen im Kraichgau und den Systemen in Mecklenburg-Vorpommern bestehen können, ist die Wahl der Baumarten, die maßgeblich durch den Standort und das Klima beeinflusst werden.

3.4 Agroforstsystem als Windschutzanlage

Gerade in Mecklenburg-Vorpommern, wo großflächige Ackerschläge weit verbreitet sind, es aber an Hecken- und Baumstrukturen mangelt ist die Windverfrachtung von Boden und eine damit einhergehende, auf längere Frist betrachteter Verlust der Bodenfruchtbarkeit zu erwarten. Hier können agroforstliche Systeme einen Beitrag zur Verminderung der Degradierung von landwirtschaftlichen Flächen beitragen.



Abb.B.3. 4: Windschutzstreifen auf Acker (M.Brix)

Bei einer entsprechenden Gestaltung bieten sich Agroforstsysteme als Windschutzanlage an, die die Schutzfunktion vor Winderosion mit einer Nutzfunktion, die Produktion von Wertholz, verbinden.

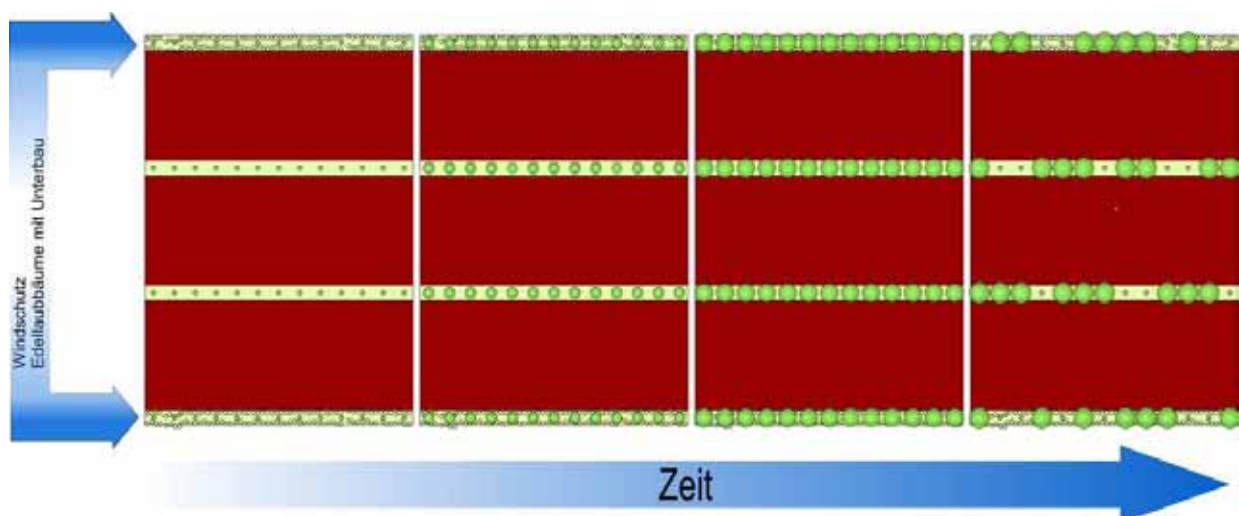


Abb.B.3. 5: Grafische Darstellung eines Agroforstsystems mit Darstellung der zeitlichen Dynamik des Systems (M.Brix)

Bei dieser Variante des Agroforstsystems wird alle 80 m ein Wertholzstreifen angelegt. Bei einer Baumstreifenbreite von 8 m resultiert daraus eine Breite des Ackerstreifens von 72 m. Diese 72 m Ackerbreite passen sich, wie auch bei den anderen Systemen, in das Arbeitsbreitenraster der gängigen landwirtschaftlichen Maschinen ein. Jede dritte Wertholzreihe (in Abbildung 37 durch blaue Pfeile markiert), das heißt alle 240 m, wird durch einen mehrstufigen Unterbau aus Sträuchern und Bäumen ergänzt. Dies erhöht die Schutzwirkung des gesamten Systems.

Bei einem Baumreihenabstand von 80 m und einem Abstand der wertholzträger innerhalb der Reihen von 15 m stocken auf einem Hektar landwirtschaftlicher Fläche 8 Edellaubbäume.

3.5 Weitläufige Weidesysteme mit agroforstlichen Strukturen

Großflächige Weidesysteme mit Hutebäumen, wie zum Beispiel Eichen, sind eine traditionelle Landnutzungsform in Mecklenburg-Vorpommern. Diese alten Strukturen, mit einzelnen großkronigen Bäumen oder lockeren Baumgruppen sind nur noch sehr selten vorhanden. Agroforstsysteme können hier nicht nur positiv zur Landschaftsästhetik und zum Erhalt von historischen Kulturlandschaften beitragen, sondern haben auch positive Effekte auf die Landwirtschaft. Gerade in Hinblick auf die Klimaerwärmung und die zunehmenden hohen Temperaturen im Sommer, sind Bäume auf beweideten Flächen als Schattenspender von zunehmender Bedeutung.



Abb.B.3. 6: Großflächige Weide (M.Brix)

Diese alten Strukturen können durch die Pflanzung von Edellaubbäumen zur Wertholzproduktion auf Weideflächen ergänzt oder neu geschaffen werden. Durch eine eher unregelmäßige Verteilung der Bäume auf der Fläche – einzelbaumweise oder in kleinen Gruppen – entstehen neue, halboffene Landschaftselemente.

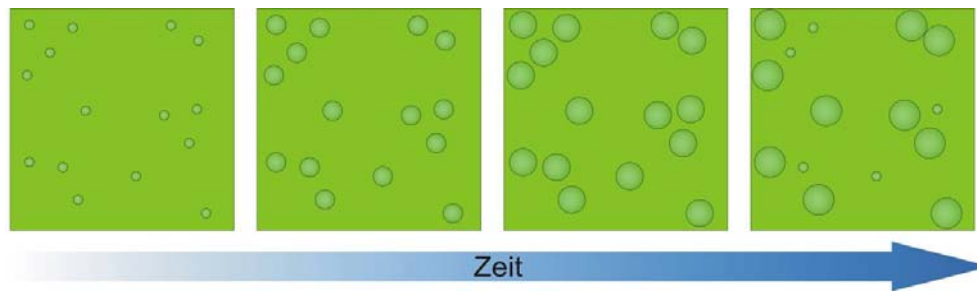


Abb.B.3. 7: Systematische Darstellung eines hutewaldartigen Agroforstsystems im zeitlichen Verlauf
(M.Brix)

Auch bei diesen silvopastoralen Systemen ist zu beachten, dass der minimale Baumabstand 15 m betragen muss, um ein konkurrenzfreies aufwachsen der Bäume zu gewährleisten. Ein adäquater Baumschutz, welcher die Bäume auch vor Großweidetieren schützt, ist für die Produktion von Wertholz auf Weideflächen obligatorisch. Durch die sehr ungleichmäßige Verteilung der Bäume auf der Fläche ist nur eine ungefähre Aussage über die Anzahl der Wertholzträger je Hektar zu treffen. Bei einem mittleren Baumabstand von 20 m bis 25 m würden auf einem Hektar Weideland ca. 20 Bäume stocken.

B.4 Holzbiomasseproduktion in Agroforstsystemen

Eine Möglichkeit der landwirtschaftlichen Zwischennutzung in Agroforstsystemen ist der Anbau von Bäumen, die in kurzen Umtriebszeiten bis maximal 10 Jahre bewirtschaftet werden. Ziel ist die Erzeugung von Biomasse, die entweder stofflich (Zellstoff) oder energetisch (Hackschnitzel) verwertet werden können. Zur ersten Einschätzung als agroforstliches System wurde im Rahmen eines einjährigen Teilprojektes die Bewirtschaftungsform mit dem Schwerpunkt Licht und Wachstum **ökologisch** beurteilt und die Konsequenzen für den Anbau diskutiert. Daraus wiederum ergaben sich **ökonomische Rahmenbedingungen**, die neben anderen Faktoren in eine Vergleichsrechnung zur Verzinsung einer reinen Kurzumtriebsfläche und einer Kurzumtriebsfläche in der außerdem noch Wertholzbäume wachsen. Besonders interessant war die Frage der sich verändernden ökologischen Bedingungen, die sich durch die unterschiedlichen Wuchsrhythmen und Erntezeitpunkte der wertholz- und biomasseproduzierenden Bäume ergaben. Es ist zu erwarten, dass die biomasseproduzierenden Baumarten auf Grund ihres raschen Höhenwachstums in den ersten Jahrzehnten einen Teil der von den Wertholzträgern nicht beanspruchten Fläche nutzen können. Später nehmen dagegen die Wertholzträger einen zunehmenden Flächenanteil ein. Ein methodischer Ansatz zur Beurteilung der ökologischen Bedingungen und eine erste Einschätzung der Ökonomie wird nachfolgend vorgestellt. Die Untersuchungen beschränken sich bei der Wahl der Kurzumtriebsbaumart weitestgehend

auf die Balsampappel. Diese hatte sich nach Recherchen, die im Rahmen des Projektes durchgeführt wurden, sowohl in Baden-Württemberg als auch in Mecklenburg-Vorpommern als geeignete Kurzumtriebsbaumart herausgestellt (BOELCKE&KAHLE, 2000; UNSELD, 1999). Zur Berechnung der ökonomischen Ergebnisse einer kombinierten Fläche aus Kurzumtrieb und Wertholzproduktion wurden vorläufige Berechnungen vorgenommen, ein Excel-basiertes Berechnungsschema erstellt und die Ergebnisse der Projektleitung präsentiert und übergeben. Ein überarbeitetes und weiter fundiertes Anbaumodell der Werthölzer wird derzeit im TP „Wertholz“ erstellt und wird im letzten Projektabschnitt vorliegen. Mit diesen Ergebnissen sollen die ökonomischen Berechnungen des Teilprojektes „biomasseproduzierende Baumarten“ nochmals modifiziert und in einer späteren Projektphase neu berechnet werden. Es sind daher in diesem Endbericht des Teilprojektes nur ein Teil der übergebenen Ergebnisse dargestellt.

4.1 Ergebnisse des Teilprojektes Holzbiomasse

Ökologische Auswirkungen Die wichtigsten Veränderungen bei einem Wertholzanbau auf landwirtschaftlicher Fläche ergeben sich durch die Kronenbeschirmung, das Wurzelwachstum und die anfallende Laubstreu der Werthölzer. Für den Anbau von Bäumen zur Biomassenproduktion zwischen den Wertholzträgern sind insbesondere die Lichtreduktion durch die seitliche Beschirmung sowie die Wasserreduktion durch Interzeption, Verminderung der Lichtgeschwindigkeiten und Wurzelkonkurrenz die wichtigsten Einflussgrößen. Das Ausmaß dieser Faktoren auf das Wachstum der Kurzumtriebsbäume bestimmt letztendlich das Pflanzdesign, wobei die zeitliche Dynamik sowohl das Wertholzträgerwachstums als auch des Wachstums der Biomassenbäume berücksichtigt werden muss. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen konzentrierten sich die Messungen wegen des eingeschränkten Zeitumfanges des Teilprojektes auf die Auswirkungen des reduzierten Lichtangebots.

4.1.1 Modellierung zur Untersuchung der Lichtreduktion durch die Wertholzbäume

Die Quantifizierung der Lichtreduktion durch die Wertholzträger erfolgte anhand eines Lichtmodells. Damit war eine Betrachtung der Lichtsituation in verschiedenen Altersstufen, bei unterschiedlichen Baumdichten und Pflanzdesigns möglich. Die Modellierung des Lichtes wurde mit einer speziellen Software durchgeführt (siehe BRUNNER, 1998, 2000, 2002; MCFARLANE et al. 2003). Mit dem Programm konnten für verschiedene Bestandeshöhen die diffuse und direkte Einstrahlung modelliert werden. Die Kalibrierung des Modells erfolgte über hemisphärische Photos für folgende Baumarten.

Tab.B.4.1: Versuchsflächenübersicht zur Lichtmodellkalibrierung

Nr.	Ort	Baumart	Alter (Jahre)
1	Breisach / BW	Kirsche	10
2	Breisach / BW	Ahorn	10
3	Freiburg / BW	Esche	> 60
4	Freiburg / BW	Ahorn	> 30

Der Baumabstand in der Reihe bei den Kalibrierungsbäumen entsprach in etwa dem geschätzten Baumabstand eines wertholzproduzierenden Bestandes und die Bäume wiesen akzeptable astfreie Schäfte und eine gute Kronenausbildung auf. An den Bäumen wurde nach der Aufnahme der Fisheye-Fotos („wahrer Wert“) Kronen- und Lageparameter aufgenommen und die Werte anschließend modelliert. Die „wahren Werte“ wurden mit den modellierten Werten verglichen und die Modellwerte durch Änderung der Modelleingangsgrößen an die „wahren Werte“ schrittweise angepasst.



Abb.B.4. 1 Links: Versuchsfläche zur Lichtkalibrierung. Mitte: Fisheye-Aufnahme. Rechts: Modellierte Werte mit Kalibrierungspunkten zur Aufnahme von hemisphärischen Bildern (blau) der Baumkronen (schwarze Kreise).

Die Auswertung der hemisphärischen Bilder zeigte, dass auf den Versuchsflächen in Breisach durch das geringe Alter der Bestände die Lichtwerte schon in geringer Entfernung zu der Baumreihe auf Freilandniveau anstiegen. Dies verhinderte aussagekräftige Werte, welche zur Kalibrierung eines Modells benötigt wurden und die Versuche wurden nicht zur Modellierung miteinbezogen. Für die übrigen Messreihen konnten ein Modell angepasst werden, das die „echten“ Werte der hemisphärischen Photos sehr gut nachbildete. Größere Abweichungen gab es bei den Eschen in einem Baumabstand von 8 - 12m. Die Abweichungen konnten auch nach mehrmaliger Neukalibrierung des Modells nicht wesentlich verringert werden.

Während beim Anbau von Werthölzern auf einer Wiese oder Weide die Bäume ungleichmäßig auf der Fläche verteilt sein können, sollten die Bäume bei einer Kombination mit Kurzumtriebsbaumarten in Reihen oder am Rand der Fläche angeordnet sein. Diese Struktur lässt eine effiziente Aufarbeitung (Fällen und Hacken) der biomasseproduzierenden Bäume zu. Es ist zu erwarten, dass sich je nach Reihenabstand der Wertholzträger unterschiedliche Lichtverhältnisse ergeben. Zur Betrachtung der Auswirkungen des Reihenabstands wurden Abstände von 20 und 40 m untersucht.

Auch die Ausrichtung der Werthölzer spielt für den Lichtgenuss der darunterliegenden Kulturen eine maßgebliche Rolle. In unseren Breitengraden ist mit deutlichen Unterschieden zwischen Nord-Süd- und West-Ost-ausgerichteten Reihen zu rechnen. Die Lichtwerte wurden außerdem für verschiedene Baumhöhen berechnet. Die Baumhöhen erstrecken sich dabei von jungen über mittelalte auf hiebsreife Wertholzbestände. Bei der vorliegenden Modellierung wurde davon ausgegangen, dass die Endhöhe ca. 30m und der astfreie Schaft 10m beträgt.

Tab.B.4.2: Übersicht über die gewählten Varianten bei den Lichtuntersuchungen

	Variante		
Reihenausrichtung der Wertholzträger	Nord-Süd	West-Ost	
Baumart der Wertholzträger	Esche	Ahorn	
Astungshöhe Wertholz	8m	10m	14m
Reihenabstand der Wertholzträger	20m	30 m	40 m
Baumhöhe der Wertholzträger	0,5 - 30m		

Reihenausrichtung der Wertholzträger

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Auswirkungen der Reihenausrichtung auf die Lichtverhältnisse bei Reihenabstand 20 m unmittelbar über der Erdoberfläche

Die Abbildung zeigt, dass die Werte zwischen den nach Westen bzw. Osten ausgerichtete Reihen einen ungleichmäßigeren Verlauf annehmen als die Werte der N-S-gerichteten Reihe. Im Mittel ist die Einstrahlung bei dieser Bestandessituation nahezu gleich.

Baumart der Wertholzträger

Durch baumartenspezifische Unterschiede bei der Lichtdurchlässigkeit der Krone können Unterschiede zwischen den Baumarten bezüglich der Lichtreduktion entstehen. Bei sonst gleichen Bedingungen (Kronenansatz, Oberhöhe...) zeigte sich, dass gemäß der baumindividuellen Kalibrierung des Modells unter der Esche über die ganzen Reihenbreite hinweg eine um ca. 4% geringere Reduktion der Gesamtstrahlung zu erwarten ist als unter Ahorn.

Reihenabstand und verschiedene Baumalter

In den nachfolgenden Abbildungen kann der Einfluss des Reihenabstands (hier lediglich W-O-Richtung) und der verschiedenen Altersstufen der Wertholzbäume auf den Lichteinfall in den Reihenzwischenräumen entnommen werden. Es wurden exemplarisch die Baumhöhe 20m und 30m der Wertholzträger dargestellt. Berechnungen für geringere Baumhöhen zeigten, dass dort das Licht nur geringfügig durch die jungen Baumkronen reduziert wurde. Zur Darstellung der zeitlichen Dynamik der Kurzumtriebsbäume wurden in den maßstabsgerechten Abbildungen zusätzlich die Kurzumtriebsbäume mit Höhen von 5, 10 und 15m eingezeichnet.

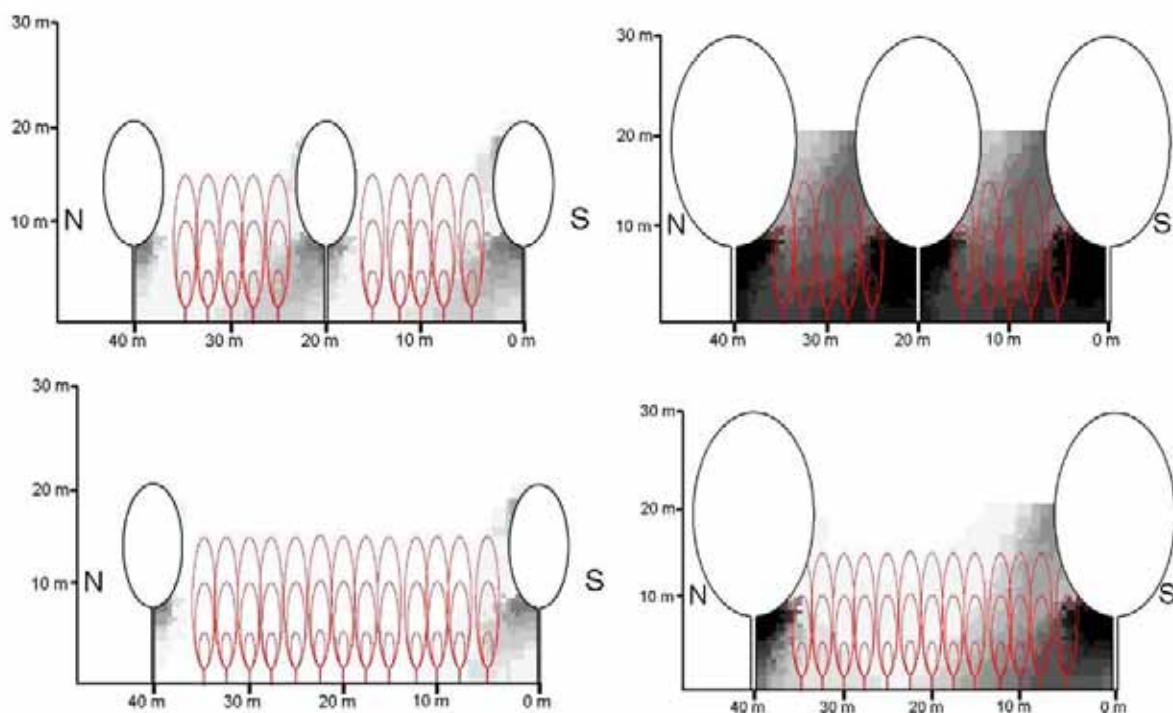


Abb.B.4. 2: Maßstabsgetreue Abbildung des Anteils an der Gesamteinstrahlung (PACL %) zwischen Ahorn-Wertholzbäumen in 2 Altersstadien (Kronenbreite 3,2/5,5m, BHD 28/50 cm, Baumhöhe 20/30m, Astungshöhe 8m). Reihenausrichtung von West nach Ost; Reihenbreite zwischen den Wertholzträgern 20m (Abb. oben) und 40 m (Abb. unten)

Rot: Kurzumtriebsbäume in 3 Altersstadien (5,10,15 m; Reihenabstand 2,5m).

Gemäß der Modellierung ist in den verschiedenen Bestandessituationen folgende Lichtreduktion zu erwarten:

- Die 20m-Reihenvariante (Abb. oben links) vermindert die Lichteinstrahlung bereits bei einer Baumhöhe von 20m der Wertholzträger um über 30% auf der gesamten bodennahen Fläche. Lediglich wenn die Kurzumtriebsbäume eine Höhe von über 10m erreicht haben, können sie mit einem Gesamtlichtgenuss von über 80% rechnen.
- Erreichen die Wertholzbäume (Abb. oben rechts) dann eine Höhe von 30m, so ist auf der gesamten Fläche nur noch 20-30% der Gesamteinstrahlung vorhanden und es wird ausgesprochen dunkel.
- Bei der 40m-Reihenvariante (Abb. unten links) ist im jüngeren Stadium der Wertholzbäume lediglich der äußerste Südteil der Fläche von stärkerer Lichtreduktion betroffen.
- Die Beschattung verstärkt sich dann deutlich bei zunehmenden Höhenwachstum der Wertholzträger (Abb. unten rechts). Die äußersten 4 Reihen der Kurzumtriebsbäume haben nun deutlich schlechtere Lichtbedingungen (30-60% des Gesamtlichtes). Dies trifft insbesondere auf die jüngeren Stadien der Kurzumtriebsbäume (0-10m) zu. Im mittleren Reihbereich dagegen sind insbesondere für größere Kurzumtriebsbäume noch ausgesprochen gute Lichtverhältnisse vorhanden.
- Die Kronen der Randbäume der Kurzumtriebsfläche reichen in beiden Varianten bereits ab einer Höhe von 10m in die Krone der Werthölzer, bei der 20m-Variante allerdings im doppelten Ausmaß.

Ästungshöhe der Wertholzträger

Die anschließende Abbildung macht bei einer W-O ausgerichteten Reihe die Auswirkung der Ästungshöhe auf den Lichteinfall deutlich. Links ist die Variante mit einer Ästungshöhe von 8 m und rechts von 14m dargestellt.

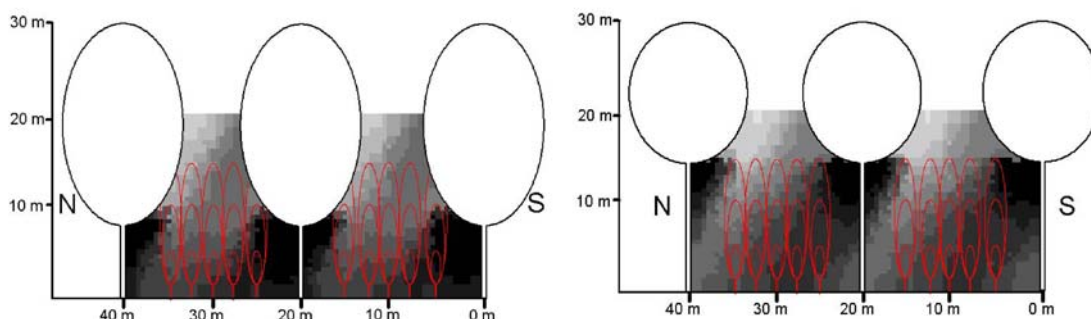


Abb.B.4. 3: Ahorn-Wertholzbäumen mit 2 unterschiedlichen Astungshöhen von 8m links und 14m rechts (Kronenbreite 5,5m, BHD 50 cm, Baumhöhe 30m, Reihenabstand 20m, Reihenausrichtung West nach Ost)

Den Abbildungen kann entnommen werden, dass bei einer W-O-Ausrichtung keine klaren Unterschiede zu Tage treten. Während die Werte der bodennahen Schichten bei der tiefer geasteten Variante 20-30 % betragen, weist die höher geastete Variante Werte zwischen 25-35% auf. Der seitliche Schattenwurf durch die Kronen bei einer Reihenbreite von 20m ist offensichtlich auch bei einer hochgeästeten Variante noch sehr stark.

4.2 Untersuchung der Wachstumsreduktion der Kurzumtriebsbäume bei vermindertem Lichtangebot

Im Rahmen des Teilprojektes sollte weiterhin der Frage nachgegangen werden, ob eine Beschattung durch die Werthölzer überhaupt relevante Auswirkungen auf das Wachstum der Kurzumtriebsbäume hat und wenn ja, wie hoch diese anzusiedeln sind. Diese Quantifizierung sollte dann in die ökonomischen Berechnungen Eingang finden, da eventuelle Ertragseinbußen durch Beschattung zu einem reduzierten Geldertrag führen. Geeignete Versuchsflächenanlagen für diese Fragestellung existieren bundesweit nicht. Ebenfalls wurden bisher keine Daten zum Einfluss von Beschattung auf Kurzumtriebsbaumarten festgehalten. In der vorliegenden Untersuchung wurde deshalb behelfsmäßig auf Kurzumtriebsflächen zurückgegriffen, bei denen eine Beschattung durch einen benachbarten Waldrand vorlag. Als Versuchsfläche wurde die Kurzumtriebsfläche Wöllershof in der Oberpfalz ausgewählt, die von der Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) im Rahmen der Energieproduktion mit Kurzumtriebswäldern auf einer ehemaligen Ackerfläche angelegt wurde. Die Begründungsmethodik, Baumarten, standörtliche Eigenschaften, vegetationskundliche Aspekte sowie Produktionsergebnisse beschreiben BURGER et al. (1996), LWF (1999), BLICK&BURGER (2002) UND BURGER (2005). Auf der Versuchsfläche wurde mit der in Kapitel 2.1 beschriebenen Methodik die Lichtreduktion durch den angrenzenden Waldtrauf eines Hochwaldes ermittelt. er bestand überwiegend aus Fichten.

Die Baumhöhen betragen überwiegend zwischen 22 - 28m. Als Kalibrierungswerte wurden die Angaben von Brunner für die Hemlock-Tanne verwendet, bei der eine ähnliche Kroneneigenschaft betreffs Lichtdurchlässigkeit wie bei der Fichte zu vermuten war.

Der Kurzumtriebswald bestand aus 4jährigen Stockausschlägen mit Baumhöhen zwischen 7 – 10m. In Parzellen der Klone Muhle-Larsen und Max5 wurden die Brusthöhendurchmesser in einer Pflanzreihe gemessen. Der BHD ist die wichtigste Eingangsgröße zur Berechnung der Baumbiomasse über eine Regression (vgl. FRIEDRICH, 1999; UNSELD, 1999). Er korreliert zudem eng mit der Baumhöhe und wurde daher als wichtigster Messparameter ausgewählt.

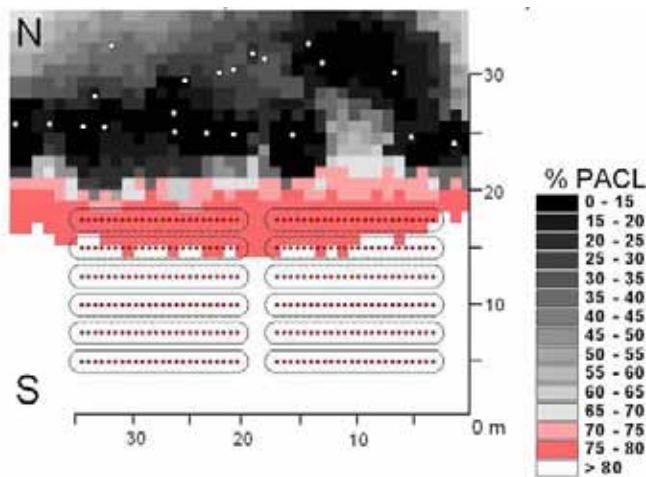


Abb.B.4. 4: Ergebnisse der Lichtmodellierung am Bestandestrauch: Ankommende Gesamteinstrahlung (PACL %) auf der Kurzumtriebsfläche Wöllershof (rote Punkte: Kurzumtriebsbaumreihen; weiße Punkte: Traufbäume)

Abb.5 zeigt die Rasterwerte der Gesamteinstrahlung nach der Berechnung mit dem Lichtmodell. Um die einzelnen Kurzumtriebsbäume wurde GIS-gestützt ein Kronenpuffer mit einem Radius 1m erstellt und

für jeden Baum der Mittelwert für die in den Kronenpuffer fallenden Raster ermittelt.

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass durch die Lage des Fichtentraufes im Norden der Versuchsfläche lediglich der äußerste Teil der Kurzumtriebsreihen von einer stärkeren Lichtreduktion betroffen war. Es konnte für diese Bäume noch mit einer Gesamtlichteinstrahlung zwischen 75-80% gerechnet werden. Bereits ab der 3. Reihe stiegen die Werte auf über 80% an.

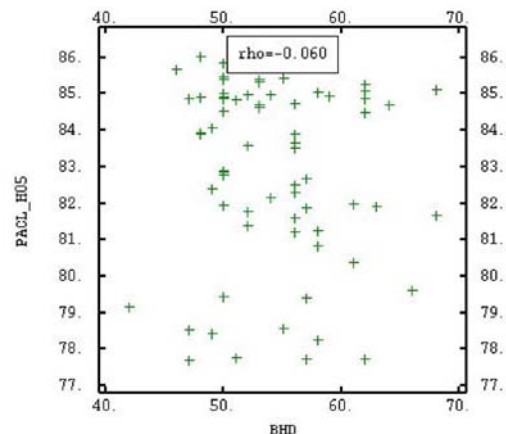
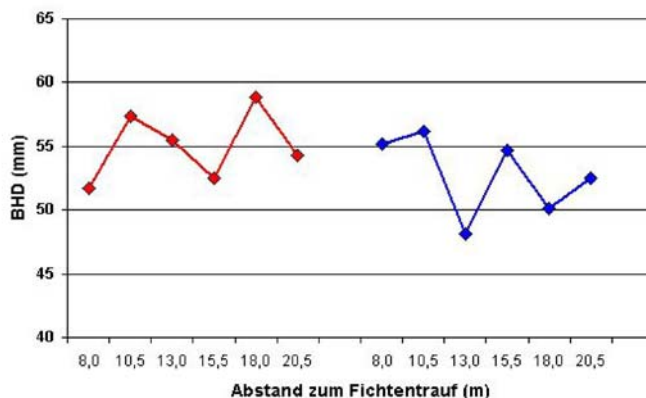


Abb.B.4. 5: Reihenmittelwerte des BHD (y-Achse) mit zunehmendem Abstand zum Fichtentrauf (x-Achse) und Scatterdiagramm aus einfallender Lichtmenge über BHD der herrschenden und vorherrschenden Pappelstockausschläge

In folgenden Abbildungen wird das Wachstum der Pappelstockausschläge bei zunehmender Entfernung zum Fichtentrauf und damit vermehrtem Lichtgenuss näher analysiert. Es wurden lediglich herrschende und vorherrschende Pappeln in die Untersuchung miteinbezogen, da so der Effekt durch intraspezifische Konkurrenz im Vergleich zu den beherrschten Stockausschlägen verringert wurde.

Abbildung 6, links, zeigt den Verlauf der mittleren Durchmesser der Bäume bei zunehmendem Abstand zum Trauf bzw. zunehmenden Lichteinfall. Die Durchmesser der ausgewählten Stockausschläge schwanken zwischen 5-6 cm. Es konnte weder bei Klon Muhle-Larsen noch bei Max 5 ein signifikanter Unterschied zwischen den Reihen (MWU-Test $\alpha=0,05$) festgestellt werden. Ein einfaches Scatterdiagramm (Abb.6 rechts) ließ ebenfalls keine Rückschlüsse auf ein reduziertes Wachstum in Waldrandnähe zu.

Eine weitere Auswertungsmethode zur Erkennung von räumlichen Trends ist die Berechnung und Interpretation von Variogrammen. Auf den Berechnungshintergrund eines Variogramms soll hier nicht weiter eingegangen werden und auf einschlägige Literatur verwiesen (z.B. von GOEVAERTS oder WACKERNAGEL). Die Kalkulationen erbrachten folgende Ergebnisse:

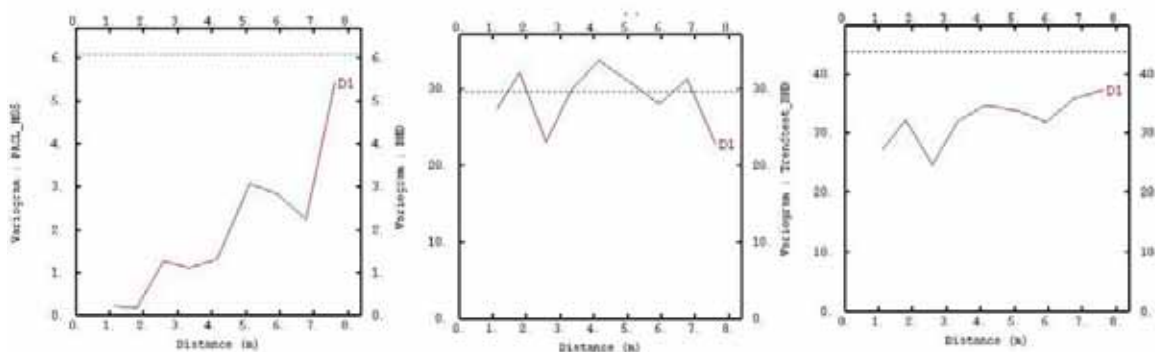


Abb.B.4. 6: Variogramme für die Werte der Einstrahlungsmenge (links) und dem BHD (Mitte) der vorherrschenden und herrschenden Stockausschläge, sowie für Werte eines künstlich produzierten BHD-Trends (rechts)

Die Kurve in Abb. Links, die aus Werten der Einstrahlung (PACL) an den Punkten der herrschenden Bäume berechnet wurde, zeigt den typischen, fast exponentiellen Verlauf eines Variogramms mit einem Trend. Wenn der Einfluss der Einstrahlung

sich deutlich im Wachstum niederschlagen sollte, so wäre ein zumindest ansatzweise ähnlicher Kurvenverlauf auch beim BHD-Variogramm zu erwarten gewesen. Dies traf im vorliegenden Fall nicht zu und es konnte anhand des Variogramms kein Trend aus den Daten herausgelesen werden. Zur Überprüfung wurde durch die Multiplikation der Originalwerte mit einem ansteigenden Faktor bei zunehmender Entfernung zum Fichtentrauf, ein künstlicher Trend hinzugefügt. Die Kurve zeigt hier erste Tendenzen eines trendbeeinflussten Variogramms (Abb.7 rechts).

4.2.1 Zusammenfassende Bewertung der beiden Untersuchungsteile

Modellierung und Feldversuch Bei einer Reihenbreite von 20m zwischen den Wertholzträgern wird bereits bei Baumhöhen von 20m die Gesamteinstrahlung deutlich

gemindert. Bei Baumhöhen von 30m ist eine durchweg starke Beschattung vorhanden. Bei einer Reihenbreite von 40m ist der Lichteinfall deutlich höher und lediglich am Rand liegende Kurzumtriebsbaumreihen sind von stärkerer Beschattung betroffen. Aus diesen Erkenntnissen heraus kann unter dem reinen Aspekt „Lichtkonkurrenz“ folgendes empfohlen werden:

- Bei einer Reihenbreite der Wertholzträger von 20 m ist eine Bewirtschaftung des Zwischenraumes mit Kurzumtriebsbaumarten dann sinnvoll, wenn diese nur in ca. den ersten 30 Jahren (gutwüchsige Standorte) und nicht über die ganze Produktionszeit der Werthölzer hinweg erfolgen soll.
- Der Lichteinfall kann über die Astungshöhe in einem gewissen Rahmen gesteuert werden. So bringt eine Astung von 8m auf 10m bereits einen spürbaren Lichteffekt am Boden.
- Bei einem vornehmlichen Produktionsziel von Kurzumtriebssortimenten ist, nach der Beurteilung der Lichtverhältnisse, ein Reihenabstand von mindesten 40m zwischen den Wertholzträgern zu wählen.
- Bei der Neuanlage der Kurzumtriebsfläche nach ca. 30 Jahren, was einer groben Experteneinschätzung zur Lebensdauer einer Kurzumtriebsplantage entspricht, sollte bei der 40m-Reihenvariante lediglich der ausreichend besonnte Bereich zwischen den Wertholzträgern wiederbepflanzt werden.
- Bei einer Reihenausrichtung W-O kann es sinnvoll sein, den Abstand zu von Kurzumtriebsbäumen zu den Werthölzern gemäß der Einstrahlung auf der Fläche zu wählen: Die Kurzumtriebsbaumreihe kann an die jeweils im Norden liegende Wertholzreihe näher heranrücken als im Süden (z.B. 3-4m im Norden; 6-7m im Süden). Ein Beschattungseffekt der Werthölzer durch die Kurzumtriebsbäume, die bereits nach wenigen Jahren eine ansehnliche Höhe erreichen, kann dadurch allerdings zu Stande kommen und sollte berücksichtigt werden.

Die Einschätzung, wie eine ideale Kombination aus Wertholz und Kurzumtriebsbaumarten aussehen könnte, muss je nach Lage und Güte des Standorts sowie Baumartenwahl (Wertholz und Kurzumtriebsbaumarten) modifiziert werden.

Mit der Felduntersuchung konnte für die untersuchten Pappelklone kein Nachweis einer Wachstumsreduktion bei verringertem Lichtgenuss um ca. 20% nachgewiesen werden. Dies kann folgende Ursachen haben:

- Die Lichtreduktion war durch die Lage des Traufes im Norden, die nur eine Lichtminderung auf 75-80% des Freilandwertes verursachte, nicht stark genug und die Bäume reagierten bei einem so geringen Effekt nicht mit einer messbaren Wachstumsreduktion.
- Andere Faktoren wie die intraspezifische Konkurrenz um Nährstoffe, Wasser und Licht zusammen mit möglicherweise wachstumsfördernden Randeffekten sowie die nicht beachtete Krümmung der Pappelkronen in Richtung Licht überlagern einen eventuell auftretenden Beschattungseffekt so stark, dass kein Nachweis über das Baumwachstum möglich ist. Rein visuelle Einschätzungen von ehemaligen Versuchsflächen mit Korbweiden lassen den Schluss zu, dass ein nicht zu

unterschätzender Effekt durch Beschattung entstehen kann, der sich nachweislich in Wachstumsreduktionen offenbart.

Erwähnt werden soll an dieser Stelle, dass Wind ein wichtiger Einflussfaktor auf das Wachstum junger Hybridpappeln sein kann und zu Ausfällen und verringertem Wachstum führen kann (Schirmer, 2006 mdl. Mittlg.). Ob früh aufgeästete Wertholzbäume diesen Effekt mindern können, ist unwahrscheinlich. Hier könnten eventuell Heckenpflanzungen oder natürlich ankommende Straucharten unter den Werthölzern einen positiven Effekt erzielen.

Eine nähere Untersuchung des konkreten Wachstumsverhaltens von Kurzumtriebsbäumen bei zunehmender Beschattung wird an dieser Stelle empfohlen. Geeignete Versuchsflächen sind allerdings zurzeit (noch) nicht vorhanden. Diese Ergebnisse können dann in idealer Weise mit den Ergebnissen der Lichtmodellierung kombiniert und konkretere Empfehlungen ausgesprochen werden.

4.3 Ökonomische Auswirkungen

Eine Kombination von Wertholzträgern und biomasseproduzierenden Bäumen ist nur dann eine Landnutzungsalternative, wenn sie sich gemäß der Eigentümerzielsetzung als ökonomisch vorteilhaft erweist. Dazu wird in diesem Kapitel eine erste Analyse durchgeführt. Die Analyse beschränkt sich dabei auf den Anbau von Balsampappelhybriden und deren Kosten- und Anbaueigenschaften. Mit der ökonomischen Analyse sollten folgende Fragen beantwortet werden:

1. Welche Kostenträger müssen bei einer kombinierten Fläche aus Werthölzern und Kurzumtriebsbaumarten miteinbezogen werden?
2. Welche weiteren Einflussgrößen auf das monetäre Ergebnis sind zu berücksichtigen?
3. Bei welcher Investition verzinst sich das eingesetzte Kapital am besten?
4. Welches sind die wichtigsten Stellschrauben, die zu einer geringeren oder höheren Verzinsung des Kapitals führen?
5. Wann ist ein kombinierter Anbau aus Werthölzern und Kurzumtriebsbaumarten dem Anbau einer reinen Kurzumtriebsfläche vorzuziehen?

4.3.1 Bestimmung der Kostenträger

Welche Kostenträger müssen bei einer kombinierten Fläche aus Werthölzern und Kurzumtriebsbaumarten miteinbezogen werden?

Es sollte bestimmt werden, ob der zusätzliche Anbau von Wertholzträgern zwischen biomasseproduzierenden Bäumen sich gegenüber einer ausschließlich mit

biomasseproduzierenden Bäumen bestockten Fläche als vorteilhaft erweist. Eine Vollkostenrechnung wurde für diese rein vergleichende Fragestellung als nicht zielführend eingestuft, da hier fixe bzw. indirekten Kosten aufgeschlüsselt werden müssen, was mit erheblichen Unsicherheiten verbunden ist und zu Fehlentscheidungen führen kann (vgl. SPEIDEL, 1984). Für den Vergleich der Anbaumethoden wurde die Bestimmung der Teilkosten als ausreichend erachtet. Für jede Kosten- und Erlösstelle wurde ein monetärer Rahmen angegeben, in dem sich die Kosten und Erlöse laut Literatur bewegen. Die Erstellung der Kosten-/Preisvarianten auf einer kombinierten Fläche mit biomasseproduzierenden Baumarten und vorläufig auch für die Werthölzer (in diesem Bericht nicht dargestellt) wurden bestimmt. Einzelne Arbeitsschritte könnten sich zwar positiv ergänzen (z.B. Pflügen/Eggen), die meisten Arbeitsschritte sind allerdings voneinander unabhängig.

Die Kostenträger beim Kurzumtrieb wurden gemäß Angaben unter anderem aus BURGER (2004), BURGER&SCHOLZ (2004), BURGER&SOMMER (2005) HOFMANN (2002, 2004, 2005), KÜPPERS (1999), LWF (2004), RÖHRICHT (2004), SCHIRMER (2006), SINNER (1996) und TEXTOR (2003) bestimmt. Die Festlegung des monetären Rahmens erfolgte zudem in Anlehnung an die Angaben von SCHWEINLE / BFH, der eine ökonomische Analyse im Rahmen des zeitgleich laufenden BMBF-Projektes „Agrowood“ (2005-2009; www.agrowood.de) durchführt.

Es wurden Maximal-/Mittel-/Minimalwerte (Variante „optimal“/„mittel“/„suboptimal“) festgelegt und eine so genannte „Normalvariante“ definiert, bei der alle Kosten im mittleren Bereich („mittel“) lagen.

Tab.B.4.2: Kostenträger beim Anbau von Kurzumtriebsflächen

Kostenstelle	Einheit	Kosten		
		optimal	mittel	suboptimal
Pflügen / Eggen	€ / ha	-47	-86	-125
Herbizidausbringung	€ / ha	-41	-60,5	-80
Pflanzmaterial	€ / Stück	0,08	0,15	0,22
Pflanzung	€ / ha	-200	-381	-562
Ernte	€ / ha	-112	-314,5	-517
Transport	€ / ha	-69	-154,5	-240
Rodung	€ / ha	-200	-875	-1550
Preisstelle	Einheit	Erlöse		
		optimal	mittel	suboptimal
Hackschnitzel frei Werk	€ / t atro	60	50	40

Besonders die Rodungskosten variierten gemäß Literatur stark. Bei den anderen Varianten

lag der Minimalwert um ca. das 2-5fache unter dem Maximalwert.

4.3.2 Bestimmung weiterer Einflussgrößen auf das ökonomische Ergebnis

Welche weiteren Einflussgrößen auf das monetäre Ergebnis sind zu berücksichtigen?

Kurzumtrieb

Hinsichtlich den Wachstumseigenschaften von biomasseproduzierenden Bäume haben folgende Größen einen maßgeblichen Einfluss auf das ökonomische Ergebnis: Die Pflanzdichte, die Umtriebszeit, die erzielbare Erntemenge auf einem bestimmten Standort und auftretende Ausfälle der Bäume durch biotische und abiotische Faktoren. Es wurden folgende Varianten ausgewählt:

Tab.B.4.3: Varianten weiterer Einflussgrößen bei der Kurzumtriebskomponente

Einflussgröße	Einheit	Standortsvarianten
Pflanzdichte Stück / ha Erntemenge t atro pro Jahr	Umtriebszeit Jahre Ausfall %	5.000 – 10.000 (mittel) 5 (suboptimal) 30 (suboptimal) 5 - 10 12 (optimal), 0 (optimal) 15 8 15

Im verwendeten Berechnungsschema konnte in dem angegebenen Rahmen bei Pflanzdichten und Umtriebszeit frei gewählt werden. Die Eckwerte hatten sich in der Vergangenheit als optimal für wüchsige Balsampappelhybriden herausgestellt bzw. die Obergrenze der Umtriebszeit ergab sich aus den seinerzeit geltenden rechtlichen Bestimmungen für die Produktion von Biomasse auf landwirtschaftlichen Flächen (seit 04/2006 geändert). Als realisierbar für Standorte in Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern wurden gemäß Angaben aus BOELCKE&KAHLE (2000), KAHLE&BOELCKE (2000) und UNSELD (1999) jährliche Biomasseerträge bis 12 t atro gesehen (optimale Variante). Diese Werte wurden mit geeigneten Klonen bereits mehrfach wiederholt auf verschiedenen Versuchsfeldern mit guten Standortbedingungen erreicht. Ein Anbau auf Standorten, auf denen jährlich unter 5 t atro produziert wird, wurde als ökonomisch nicht ratsam eingestuft und als untere Grenze definiert. Die Minderung der Erträge durch Ausfälle von Stecklingen und Stöcken von bis zu 30% entspricht den Erfahrungen, die auf verschiedenen Kurzumtriebsflächen mit Balsampappelhybriden gemacht wurden (z.B. FRIEDRICH, 1999; UNSELD, 1999).

Auswirkung der Wertholzproduktion auf den Kurzumtrieb

Wie die Ergebnisse im ökologischen Teil gezeigt hatten, tritt ab einer Baumhöhe der Werthölzer von 20m und einer Reihenbreite von ca. 20 m bereits eine stärkere Beschattung des Raumes zwischen den Reihen auf (Abb.3). Je nach Standort erreichen die Wertholzbäume diese Höhe zwischen ca. 30 – 40 Jahren. Für das Flächendesign wurde deshalb Varianten gewählt, bei denen auf einem Hektar 2 (wertholzarm) bzw. 3 (wertholzreich) Wertholzreihen angepflanzt wurden. Als Abstand vom Wertholzbaum zu den biomasseproduzierenden Bäumen wurden 5 m angenommen. Bei einem engeren Wertholz-Reihenabstand wurde davon ausgegangen werden, dass ca. 30 % der Pappelreihen ab etwa der 1/2 Umtriebszeit der Wertholzträger stärker beschattet wird (Lichtreduktion um über 30%) Ohne es mit Messungen (Kapitel 2.2) bestätigen zu können wurde für die ökonomische Analyse deshalb ab einem Zeitpunkt von 30 Jahren mit einem geschätzten Ertragsverlust an Biomasse von 10 - 20% (wertholzarm – wertholzreich) gerechnet.

Diese Annahme ist rein hypothetisch. Durch die vorgenommene Diskontierung im Rahmen der Berechnungen hat sich gezeigt, dass ein Ertragsverlust ab Alter 30 sich minimal bei der Verzinsung niederschlägt und davon ausgegangen werden kann, dass eine nicht zutreffende Annahme bei den Berechnungen nur in sehr geringem Maße ins Gewicht fällt.

Tab.B.4.4: Varianten weiterer Einflussgrößen bei einer kombinierten Fläche Kurzumtrieb-Wertholz

Einflussgrösse	wertholzreich	wertholzarm
Anzahl Wertholzreihen n/ha	3	2
Anzahl Wertholzträger n/ha	21	14
Ertragsminderung durch Flächenverlust %	60	80
Ertragsminderung durch Beschattung %	20	10

Nicht näher bestimmte flächenbezogene Fixkosten/Zuzahlungen

Als weitere Variante wurde die Möglichkeit in Betracht gezogen, dass z.B. durch Pacht oder Subventionen jährlich ein bestimmter Betrag in die Berechnungen miteinbezogen werden muss. In der Regel wurden die nachfolgenden Berechnungen ohne diese Kosten bzw. Zuzahlungen durchgeführt. Dennoch wurde eine Variante mit einem fixen zusätzlichen Kostenansatz von jährlich -100 €/ha berechnet.

4.3.3 Bestimmung der Verzinsung des eingesetzten Kapitals

Bei welcher Investition verzinst sich das eingesetzte Kapital am besten ?

Als dynamisches Berechnungsverfahren einer Investition wurde die Interne Zinssatz-Methode gewählt. Sämtliche während der gesamten Wirkungszeit der Investition ausgelösten Auszahlungen und Einzahlungen werden berücksichtigt und alle Zahlungen auf den heutigen Zeitpunkt abgezinst (Diskontierung). Es wurde folgendermaßen vorgegangen:

- Bestimmung des jährlichen Cash-Flows (einzahlungswirksame Erträge - auszahlungswirksame Aufwendungen)
- Berechnung des Barwertes (Wert, den eine zukünftig anfallende Zahlung in der Gegenwart besitzt) und Aufsummierung der Barwerte.
- Bestimmung des internen Zinssatzes durch schrittweise Näherung bis der Barwert dem Wert Null entspricht. Die Ergebnisse werden wie oben erwähnt modifiziert und zu einem späteren Projektzeitpunkt beschrieben.

Die ersten Ergebnisse wurden berechnet und sollen bei besserer Datenlage (Anbaumodell Wertholz) modifiziert und in einer späteren Projektphase dargestellt werden.

4.3.4 Bestimmung der sensitivsten Kostenträger/ Einflussfaktoren

Welches sind die wichtigsten Stellschrauben, die zu einer geringeren oder höheren Verzinsung des Kapitals führen?

Mit den oben angegebenen Kostenrahmen wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dazu wurden einzelne Kostenträger mit den Extremwerten variiert, während die restlichen Kostenträger konstant im mittleren Bereich gehalten wurden. Es wurde dann jeweils die Abweichung des Zinsfußes von der „Normalvariante“ bestimmt. Die ersten Ergebnisse wurden berechnet und sollen bei besserer Datenlage (Anbaumodell Wertholz) modifiziert und in einer späteren Projektphase dargestellt werden.

Kurzumtrieb

Für den Kurzumtrieb wurden als durchschnittliche Variante bei den Pflanzkosten die mittlere Preisvariante mit einer Pflanzdichte von 7.500 St./ha zu Grunde gelegt. Die durchschnittliche Variante bei der Umtriebszeit waren 7 Jahre und bei der Erntemenge eine Masse von 8 t atro/J/ha.

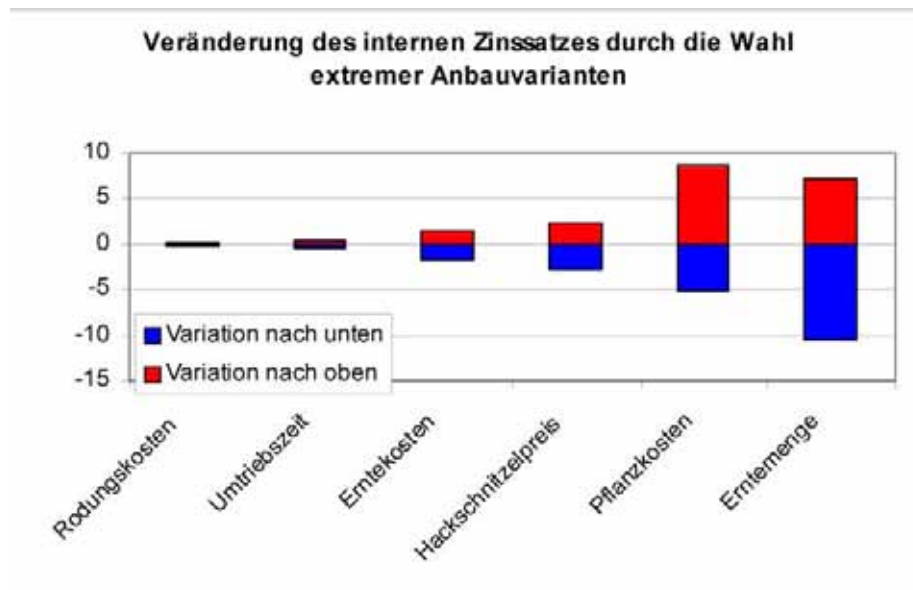


Abb.B.4. 7: Kurzumtrieb in Kombination mit Wertholz: Sensitivität der einzelnen Kosten- und Erlösfaktoren des Kurzumtriebs auf den internen Zinssatz.

- Den größten Einfluss auf den internen Zinssatz hatten die Pflanzkosten und die zu erwartende Erntemenge. Dabei variierte der Zinsfuß zwischen -5 bis $+8$ bzw. -11 bis $+7\%$ -Punkte. Dies bedeutet, dass möglichst geringe Pflanzkosten, z.B. durch den Kauf preiswerter Stecklinge und geringe Pflanzdichten sowie möglichst hohe Erntemenge z.B. durch die Wahl eines geeigneten Standorts, Vermeidung von Ausfällen und Flächenverminderung die größten Auswirkungen auf die interne Verzinsung haben.
- Der Hackschnitzelpreis (hier zwischen $40-60 \text{ € / t atro}$) hatte ebenso wie die Erntekosten nur eine geringere Bedeutung.
- Der verlangsamte Kapitalrückfluss bei einer längeren Umtriebszeit (z.B. 10 Jahre statt 5 Jahre) spielt wie auch die stark unterschiedlichen Rodungskosten in Relation zu den anderen Faktoren keine Rolle.

4.3.5 Variantenberechnung

Wann ist ein kombinierter Anbau aus Werthölzern und Kurzumtriebsbaumarten dem Anbau einer reinen Kurzumtriebsfläche vorzuziehen?

Variation der Schlüsselfaktoren

Es wurde untersucht, ob sich die Verzinsung einer mit Werthölzern kombinierten Fläche als monetär vorteilhafter gestaltet als eine reine Kurzumtriebsfläche wenn Kostenträger variiert wurden. Es wurden vorläufige Berechnungen erstellt und der Projektleitung übergeben. Sie werden hier nicht dargestellt, sollen zu einem späteren Projektzeitpunkt modifiziert und neu berechnet werden.

Variation des internen Zinsfußes

Es wurde untersucht, ob ab welcher Verzinsung der kombinierte Anbau von Wertholz und Kurzumtrieb günstiger oder schlechter zu bewerten ist als der reine Kurzumtriebsanbau. Es wurden vorläufige Berechnungen erstellt und der Projektleitung übergeben. Sie werden hier nicht dargestellt, sollen zu einem späteren Projektzeitpunkt modifiziert und neu berechnet werden.

4.3.6 Beurteilung einer kombinierten Fläche aus Wertholzträgern und Kurzumtriebsbaumarten

Aus den Ergebnissen wurden erste Schlussfolgerungen gezogen und der Projektleitung übergeben. Als vorläufige Beurteilung kann zu diesem frühen Zeitpunkt gesagt werden, dass ein kombinierter Anbau aus Wertholz- und Kurzumtriebsbäumen dann sinnvoll ist, wenn vom Landbewirtschafter eine **Produktdiversifizierung** und damit evtl. eine **Risikoabsenkung** gewünscht wird. Je ertragsärmer sich die Kurzumtriebskomponente gestaltet, desto attraktiver wird der Wertholz-anbau. Dies kann z.B. bei moorigen Böden oder Böden, die periodisch zur starken Austrocknung neigen, der Fall sein. Auch auf Kurzumtriebsflächen, die z.B. mangels Verfügbarkeit von Pflanzmaterial lediglich mit wenigen Klonsorten begründet wurden, kann so das Risiko abgesenkt werden. Zudem bietet diese zehrigige Form der Baumbewirtschaftung gemäß einem Vorschlag von RÖHE Vorteile auf **Erstaufforstungsflächen** also geplanten Waldflächen. Bei einer gewünschten Zielsetzung Hochwald kann ein schneller Kapitalrückfluss mit gleichzeitiger Inanspruchnahme der Aufforstungsprämie erfolgen. Neben den wirtschaftlichen Gesichtspunkten soll zudem noch die **landschaftsästhetische und naturschutzfachliche** Bedeutung der Wertholzträger in Kurzumtriebsflächen erwähnt werden. Eine Möglichkeit bei großflächigen Kurzumtriebsplantagen wäre z.B. die Begründung der Wertholzträger als Randstreifen entlang von Wegen oder anderen Strukturen. Bei einem Unterbau oder natürlichem Ankommen von Straucharten können diese Streifen ein temporäres Rückzugsgebiet von Tierarten nach der kahlschlagsartigen Nutzung der Kurzumtriebsfläche bieten, bis diese sich wieder regeneriert hat.

B.5 Arbeitspaket „Visualisierung“

Als erster Schritt dieses Arbeitspaketes wurde ein Überblick über bestehende Landschaftsvisualisierungsprogramme geschaffen. Dabei wurde der Fokus darauf gelegt, dass es möglich sein soll bestehende Geodaten des Untersuchungsgebietes in die Software einzulesen, verschiedene Pflanzen auf der Fläche einzubringen und die zusammengestellte Szene dann zu rendern bzw. wenn möglich einen Walk-Through zu erlauben.

Grundanforderung war, dass die Software auch von Forststudenten bzw. Mitarbeitern im forstlichen Bereich anzuwenden sein soll, die keine speziellen Kenntnisse im Bereich der Computergraphik vorweisen können. Dazu wurden Literatur- und Internetrecherchen durchgeführt und einzelne Programme probeweise installiert. Dabei hat sich gezeigt, dass es für die meisten Anwendungen im Bereich der Landschaftsvisualisierung keine eindeutige Lösung mit Hilfe einer bestehenden Software gibt, sondern meist eigene Entwicklungen notwendig waren, deren Vorteile herauszustellen Anlass der Veröffentlichungen waren. Beispiele für diese Veröffentlichungen sind im Folgenden aufgeführt:

- Buhmann und Jühnemann, 2000: Umfrage zur Machbarkeitsstudie für ein Visualisierungstool
- Paar, 2003: Lenné 3D - The Making of a New Landscape Visualization System: From Requirements Analysis and Feasibility Survey towards Prototyping
- Hiller et al. 2003: Spezifikation und Echtzeitvisualisierung von Vegetation und Landschaften
- Dunbar et al. 2003: Computer Visualization of Forest Cover Change: Human Impacts in Northeastern Kansas and Natural Disturbance in Yellowstone National Park

Aufgrund der Recherchen wurde klar, dass nach Wahl einer Software Anpassungen weiterhin notwendig sein werden und nicht alle gewünschten Funktionen erfüllt werden können. Es wurde deshalb entschieden, die Software aufgrund der Klarheit der Handhabung sowie der Möglichkeit, verschiedene Alternativen der Vegetation zu visualisieren, auszuwählen. Die Entscheidung fiel aus diesem Grund auf das Produkt Orchestra von Bionatics. Es ist ein modular aufgebautes Softwarepaket, mit dem es möglich ist, Bäume verschiedenen Alters und zu unterschiedlichen Jahreszeiten aus einer Datenbank auszuwählen. Von diesen Bäumen wird ein dreidimensionales Objekt erzeugt, das auf ein bearbeitetes Höhenmodell aufgesetzt werden kann. Das Höhenmodell kann verschieden gefärbt oder mit Textur besetzt werden. Die Bäume können durch andere ersetzt werden, wobei Änderungen der Baumart, des Alters oder auch der jahreszeitlichen Ausprägung möglich sind. Zusätzlich können in dem externen Visualisierungsprogramm 3D Studio Max erstellte dreidimensionale Modelle importiert werden. Bei der Erstellung der Landschaftsvisualisierung können Karten oder Orthofotos als Untergrund angezeigt werden. Potentielle Nutzer dieser Software sind nach unserer Einschätzung Förster, die Landschaften mit verschiedener Vegetation zu unterschiedlichen Jahreszeiten visualisieren möchten, auch um die zukünftige Bewuchsentwicklung der Bäume aufzuzeigen. Um die Software innerhalb des Projektes nutzen zu können, war die Programmierung von einzelnen Schnittstellen notwendig. Damit ist der im Folgenden gezeigte grundsätzliche Ablauf möglich:

- a. Die Höhendaten liegen digital vor und es sind Orthofotos sowie Photos der Vegetation vorhanden.

- b. Mit Hilfe einer programmierten Schnittstelle ist es möglich, die vorhandenen Ascii-Daten der Höhenwerte nach Auswahl des gewünschten Ausschnitts in das Format umzuwandeln, mit dem die Daten in das entsprechende Modul der Software Orchestra importiert werden können.
- c. Unterschiede in der Vegetation, Wege und ähnliche Abgrenzungen der Geländeoberfläche werden anhand von Orthofotos mit der Software ArcGIS von Esri als Polygone digitalisiert.
- d. Diese Polygone können nach Umwandlung mit Hilfe einer programmierten Schnittstelle in ein bestimmtes Format in die Visualisierungssoftware importiert werden.
- e. Innerhalb der Software müssen die zu visualisierenden Bäume zunächst definiert werden.
- f. Diese werden auf das Höhenmodell gesetzt. Endergebnis ist das gerenderte Bild einer dreidimensionalen Landschaft, die aus dem Höhenmodell mit verschieden gefärbten Flächen und darauf platzierten Bäumen besteht.



Abb.B.5. 1: Erste Visualisierung der Probefläche im Hegau

Die Schnittstellen und der Ablauf wurden mit Hilfe einer Probefläche im Hegau in der Nähe von Binningen entwickelt und umgesetzt. Dieser grundsätzliche Ablauf soll für die innerhalb des Projektes ausgewählten Untersuchungsflächen angewendet und, wenn nötig, angepasst werden.

Die Ergebnisse dieses Arbeitspaketes wurden im Teilprojekt "Landespflege" für die Untersuchung der Akzeptanz der Bewirtschaftung mit Agroforstsystemen eingesetzt. Da angenommen wird, dass die dreidimensionalen Visualisierungen eine zu große Transferleistung für einige der Beteiligten darstellen könnten, wurden mit Hilfe von Fotomontagen für alle vier Untersuchungsgebiete mögliche Szenarien dargestellt. Ausgangspunkt der Fotomontagen ist eine zusammengestellte Großansicht der Untersuchungsgebiete. Für zwei Zeitpunkte in der Zukunft wurde aufgezeigt, welche Veränderungen im Landschaftsbild ein Agroforstsystem hervorrufen kann. Dabei wurde davon ausgegangen, dass zum ersten Zeitpunkt junge Bäume das Landschaftsbild

verändern, zum zweiten Zeitpunkt diese Bäume eine etwas größere Höhe erreicht haben. Im Folgenden sind die Ausgangsbilder sowie die Fotomontagen für die vier Untersuchungsgebiete dargestellt.

5.1 Visualisierungsbeispiele



Abb.B.5. 2: Derzeitiger Zustand der Versuchsfläche Hechingen/Boll



Abb.B.5. 3: Möglicher Zustand des Untersuchungsgebietes Hechingen/Boll nach der Pflanzung von Bäumen



Abb.B.5. 4: Möglicher Zustand des Untersuchungsgebietes Hechingen/Boll zu einem späteren Zeitpunkt



Abb.B.5. 6: Derzeitiger Zustand der Versuchsfläche Simonswald/Schwarzwald



Abb.B.5. 5: Möglicher Zustand des Untersuchungsgebietes Simonswald/Schwarzwald nach der Pflanzung von Bäumen



Abb.B.5. 7: Möglicher Zustand des Untersuchungsgebietes Simonswald/Schwarzwald zu einem späteren Zeitpunkt



Abb.B.5. 8: Derzeitiger Zustand der Versuchsfläche Siggener Höhe/Allgäu



Abb.B.5. 9: Möglicher Zustand des Untersuchungsgebietes Siggener Höhe/Allgäu nach der Pflanzung



Abb.B.5. 10: Möglicher Zustand des Untersuchungsgebietes Siggener Höhe/Allgäu zu einem späteren Zeitpunkt



Abb.B.5. 11: Derzeitiger Zustand des Untersuchungsgebietes Kraichgau



Abb.B.5. 12: Möglicher Zustand des Untersuchungsgebietes Kraichgau nach der Pflanzung von Bäumen



Abb.B.5. 13: Möglicher Zustand des Untersuchungsgebietes Kraichgau zu einem späteren Zeitpunkt

B.6 Modellbildung und Bewertung von Agroforstsystemen

Zur Bewertung der unterschiedlichen Systeme wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt „Agrar“ sowie in weiterer Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume Schwäbisch Gmünd ein Excel-basiertes Kalkulationsmodell entwickelt.

In weiteren Schritten wurde das bestehende Modell „Agfocalc“ stetig weiterentwickelt. Um die nötige Datengrundlage zu schaffen und das Modell für die verschiedenen angedachten Systemtypen kompatibel zu machen, mussten noch weitere Lichtsimulationen für die verschiedensten Szenarien durchgeführt werden, da die Verteilung des Lichtes in den verschiedenen Entwicklungsstadien der Agroforstsysteme ein entscheidender Parameter für den landwirtschaftlichen Ertrag und somit auch für die ganzheitliche ökonomische Bewertung der Systeme ist.

In der folgenden Grafik ist noch einmal dargestellt, welche grundsätzliche Überlegung dem ökonomischen Modell zu Grunde liegt.



Abb.B.6. 1: Systematische Darstellung zum Einfluss der Wertholz produzierenden Edellaubbäume auf die landwirtschaftliche Produktion. (Quelle: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. 2009. Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission.)

Um lichtbedingten Ertragseinbußen und deren unterschiedlicher Ausprägung über die gesamte landwirtschaftliche Produktionsfläche hinweg gerecht zu werden, ist die Zone „Landwirtschaft“ für das ökonomische Modell in drei Unterkategorien aufgeteilt. Zone 1 ist der Bereich, der direkt durch die Wertholzbäume beeinflusst wird. Er liegt also im Bereich des Wurzelraums und in der Projektionsfläche der Baumkrone. Zone 2 wird nur noch indirekt von den Wertholzbäumen, das heißt durch den Schattenwurf der Bäume, beeinflusst. Zone 3 ist der Bereich in einem Agroforstsystem, welcher außerhalb des Schatten- und Wurzelbereichs der Edellaubbäume liegt.

Diese Zonen sind über die Zeit hinweg nicht als statisch anzusehen, da sie durch das Höhenwachstum und die Kronenexpansion der Wertholzbäume gebildet werden und somit einer starken zeitlichen Dynamik unterliegen. Zu einem späteren Zeitpunkt kann es vorkommen, dass, je nach Abstand der Wertholzträgerreihen und Expansion der

Baumkronen, nur noch Zone 1 zu unterscheiden ist. Bereiche, die nur noch indirekt durch Schattenwurf oder gar nicht von den Bäumen beeinflusst werden, treten nicht mehr auf.

Die Einflussnahme der Bäume auf die landwirtschaftliche Produktion in den landwirtschaftlichen Zonen 1 und 2, die im Wesentlichen durch Kronenexpansion und das Höhenwachstum bestimmt wird, soll im Folgenden anhand eines ausgewählten Beispiels verdeutlicht werden.

Für die für das ökonomische Modell durchgeführten Lichtsimulationen gingen folgende Parameter für die einzelnen Systemvarianten in die Simulation mit ein:

Tab.B.6. 1: Eingangsgrößen zur Darstellung des Lichtmodells in beschriebenem ökonomischem Modell

Parameter	Beispiel
Systemart	silvoarables Agroforstsystem
Zieldurchmesser	55 cm
Produktionszeit	55 Jahre
Jährlicher Radialzuwachs	5 mm
Astfreier Schaft	6 m
Erwartete Höhe der Bäume zum Ende der Produktionszeit	25 m
Baumreihenabstand	26 m
Baumabstand innerhalb der Reihe	15 m
Anzahl der Wertholzträger	26 Bäume je Hektar
Breite des Baumstreifens	2 m
Pflanzung	3-fache Wertholzträgeranzahl in 3er Gruppen im Abstand von 15 m (78 Bäume je Hektar) Abstand der Bäume innerhalb einer Gruppe: 2 m
Durchforstung	Im Jahr 10 nach der Begründung, Reduktion der Baumzahl auf die maximal mögliche Anzahl an Wertholzträgern je Hektar

Die Zone 1 des landwirtschaftlichen Bereichs eines Agroforstsystems entspricht dem Feld, das durch die Projektion der Baumkronen definiert wird. Da zwischen dem Brusthöhendurchmesser (Durchmesser des Baums in der Höhe von 1,30 m) und der Kronenbreite ein strenger linearer Zusammenhang besteht (Abbildung 4), lässt sich die Entwicklung der einzelnen Baumkrone und somit auch die Entwicklung der überschirmten Fläche, bezogen auf die Gesamtfläche, gut prognostizieren.



Abb.B.6. 2 Systematische Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Baumkronen in einem Agroforstsystem; Baumreihen-Abstand 26 m, Baumabstand innerhalb der Reihe 15 m. (Quelle: Natur und Landschaft 2008/6, S. 262. Stark verändert.)

Zu Beginn der Wertholzproduktion entstehen Verluste an landwirtschaftlicher Fläche ausschließlich durch den angelegten Baumstreifen, welcher aus der ackerbaulichen Produktion herausgenommen wird und nur noch einer Mindestpflege unterliegt. Bei einer Breite des Baumstreifens von 2 m hat dieser je Hektar betrachtet eine Größe von ca. 800 m². Innerhalb der ersten 20 Jahre ist der Einfluss der Wertholzbäume auf die ackerbaulich genutzte landwirtschaftliche Fläche, mit einer von den Baumkronen überschirmten Fläche von ca. 600 m², als sehr gering zu beurteilen.

Erst ab einem Baumalter von ca. 25 bis 30 Jahren ist die Einflussnahme der Wertholzbäume auf die Ackerbaufläche von zunehmender Bedeutung. Im Alter von 30 Jahren überschirmen die Baumkronen eine Fläche von ca. 1400 m² je Hektar. Diese überschirmte Fläche nimmt bis zum Erreichen des Zieldurchmessers im Alter von 60 Jahren auf ca. 5200 m² je Hektar zu, was schon einem Flächenanteil von mehr als 50 % entspricht.

Die Zone 2 ist der Bereich eines Agroforstsystems, welcher nicht direkt unterhalb der Baumkronen liegt, jedoch indirekt durch den Schattenwurf der Wertholzbäume beeinflusst wird. Wie in Abbildung 5 gut zu erkennen ist, ist der Unterschied im Verlauf der photosynthetisch aktiven Strahlung, die auf den Boden gelangt, abhängig von der Ausrichtung der Baumreihen in einem Agroforstsystem.

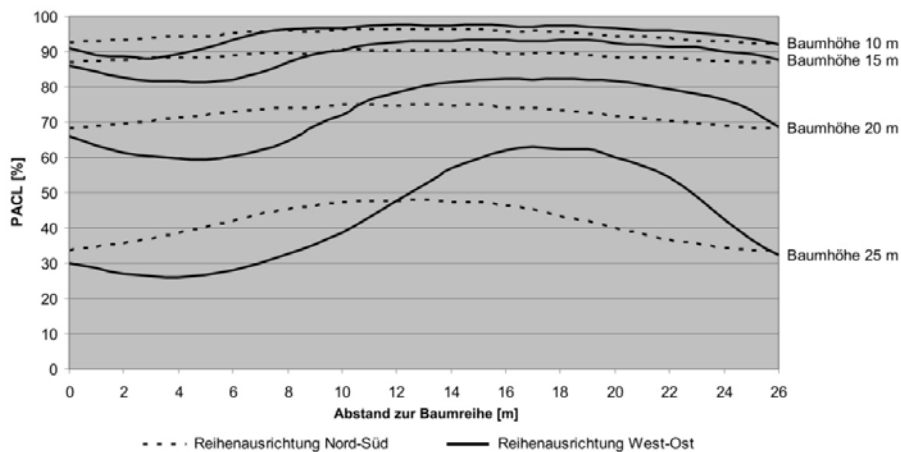


Abb.B.6. 3: Modellierung der Verteilung der photosynthetisch aktiven Strahlung in unterschiedlichen Baumentwicklungsstadien. Vergleich der Reihenausrichtung Nord-Süd und West-Ost. (Quelle: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. 2009. Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Reproduced with permission.)

Vergleicht man in diesem Beispiel eine Nord-Süd-Reihenausrichtung mit einer West-Ost-Reihenausrichtung, ist zu erkennen, dass bei der Anordnung der Wertholzbäume in Nord-Süd-Richtung der relative Anteil an photosynthetisch aktiver Strahlung auf der landwirtschaftlichen Fläche gleichmäßiger verteilt ist als dies bei einer Reihenausrichtung in West-Ost-Richtung der Fall ist. Betrachtet man jedoch den durchschnittlichen Wert der relativen photosynthetisch aktiven Strahlung, die der landwirtschaftlichen Kultur zur Verfügung steht, sind zwischen diesen beiden Varianten keine Unterschiede mehr auszumachen, wie dies in der folgenden Tabelle zu sehen ist:

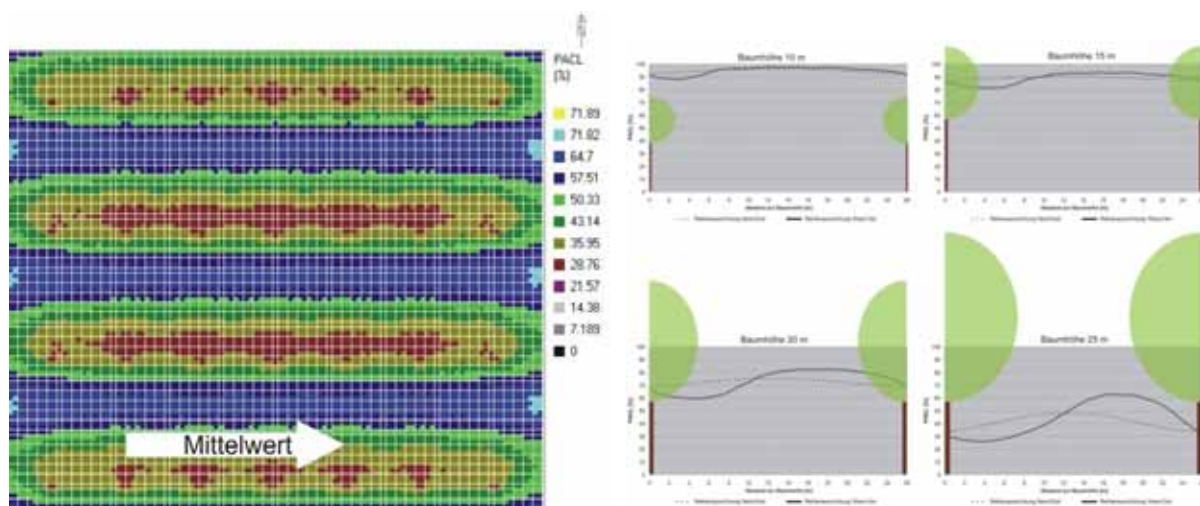


Abb.B.6. 4: Darstellung der durchschnittlichen räumlichen Verteilung der Strahlung auf der Fläche (links) und Darstellung der daraus abgeleiteten Lichtverteilungsmuster zwischen den Baumreihen als Grundlage für die Einteilung der landwirtschaftlichen Fläche in die verschiedenen Produktionszonen (M.Brix)

Tab.B.6. 2: Durchschnittliche relative photosynthetisch aktive Strahlung (PACL) in Abhängigkeit von der Reihenausrichtung

Baumhöhe [m]	Durchschnittliche, relative PACL [%] je Hektar bei einer W-O-Reihenausrichtung	Durchschnittliche, relative PACL [%] je Hektar bei einer N-S-Reihenausrichtung
10	95	95
15	89	89
20	73	72
25	44	41

Bis zu einer Baumhöhe von 15 m, was einem Baumalter von ca. 20 Jahren entspricht, ist die Schattenwirkung der Wertholzbäume auf die landwirtschaftliche Kultur bei einer auf den Hektar betrachteten Reduktion der relativen photosynthetisch aktiven Strahlung um 10 % als gering anzusehen. Erst ab einer Baumhöhe von 20 m, was einem Baumalter von ca. 30 Jahren entspricht, ist eine stärkere Reduktion der durchschnittlichen relativen photosynthetisch aktiven Strahlung je Hektar auf einen Wert von ca. 72 % zu beobachten.

B.7 Literatur

Arbeiten zu den ökologischen Auswirkungen

BLICK, T.; BURGER, F. (2002): Wirbellose in Energiewäldern am Beispiel der Spinnentiere der Kurzumtriebsfläche Wöllershof (Oberpfalz, Bayern). Naturschutz und Landschaftsplanung Nr. 9

BRUNNER, A. & NIGH, G. (2000). Light absorption and bole volume growth of individual Douglas-fir trees. - Tree Physiology 20: 323-332. (Engelsk sammendrag)

BRUNNER, A. (1998). A light model for spatially explicit forest stand models. - Forest Ecology and Management 107: 19-46.

BRUNNER, A. (2002): Hemispherical image analysis with hemIMAGE and Adobe Photoshop. - Manual, Danish Forest and Landscape Research Institute. 18 pp. (Fulltekst) (Software)

BURGER, F. (2005): Energiewälder und Ökologie - Positive Auswirkungen auf Flora, Fauna und Boden. LWFaktuell Nr. 48.

BURGER, F.; REMLER, N.; SCHIRMER, R.; SINNER, H.U. (1996): Schnellwachsende Baumarten, ihr Anbau und ihre Verwertung. Berichte aus der Bayer. Landesanstalt f. Wald und Forstw.; Nr.8; 47S.

CANHAM, C.D. (1995): GLI/C: Software for calculation of light transmission through forest canopies using colour fisheye photography. Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, NY.

DUPRAZ, C. (2003): Hemispherical photographs in the SAFE project: a common protocol. SAFE-Project Silvoarable Agroforestry For Europe; European Union Contract n° QLK5-CT-2001-00560. Third issue – April 2003

FRAZER, G.W., TROFYMOW, J.A., LERTZMAN, K.P. (1997): A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques. Natural Resources Canada, Canadian Forestry Service, Forest Ecosystem Processes Network, Pacific Forestry Centre, Information Report BC-X-373. 73 p.

GRÜNEWALD, H.; WÖLLECKE, J.; SCHNEIDER, B.U.; HÜTTL, R.(2005): Alley-Cropping als alternative Folgenutzung von Kippenstandorten. Natur und Landschaft; 80.Jhrg.; Heft 9/10; S.440-443

LWF BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (1999): Forschungsprojekt Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb. Unveröffentlichter Exkursionsführer; 13S.

MCFARLANE, D.W., GREEN E.J., BRUNNER, A. & AMATEIS, R.L. (2003). Modeling loblolly pine canopy dynamics for a light capture model. -Forest Ecology and Management 173: 145-168. (Engelsk sammendrag)

RÖTZER, T.; CHMIELEWSKI, F.-M. (2001): Phenological maps of Europe. Clim.Res. 18(3), 249-257.

Arbeiten zu den ökonomischen Auswirkungen

AFL -NIEDERSACHSEN E.V. (2006): Richtpreise und Tarife 2006 / 2007; AfL - Info Broschüren. 175S.

BOELCKE, B. , KAHLE, P. (2000): Leistung schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Nutzflächen im Nordosten Deutschlands und erste Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften. Die Holzzucht ISSN: 0437-7158. S.5-10.

BURGER, F. (2004): Technologie und Ökonomie des Anbaus und der Ernte von Feldholz. In: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Seminar 29.1.2004. Bornimer Agrartechnische Berichte; Heft 35; S. 61-74

BURGER, F.; SCHOLZ,V. (2004): Stand der technik bei der Ernte von Energiewäldern. Holz-Zentralblatt Nr. 46; S.610-611

BURGER,F.; SOMMER, W. (2005): Erntetechnik für Energiewälder. Forst&Technik 4/2005; S.6-8

HOFMANN, M. (2005): Ergebnisse und Erfahrungen mit schnellwachsenden Baumarten. In: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Seminar 29.1.2004. Bornimer Agrartechnische Berichte; Heft 35; S. 33-40

HOFMANN, M. (2005): Pappeln als nachwachsender Rohstoff auf Ackerstandorten - Kulturverfahren, Ökologie und Wachstum unter dem Aspekt der Sortenwahl. Schriften des

Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten Hann.-Münden ; Bd. 8.

KAHLE, P.; BOELCKE, B. (2004): Auswirkungen des Anbaus schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf ausgewählte Bodeneigenschaften. In: Bornimer Agrartechnische Berichte. 35 2004, S. 99 – 108

KÜPPERS, J.G.(1999): Ökonomische Betrachtung von Kurzumtriebsflächen. In: Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“ Schriftenreihe Nachw. Rohstoffe der FNR. S.433-454

LEL (2003): Kalkulationsdaten Marktfrüchte Ernte 2003 Deckungsbeiträge / Vollkosten; LEL Schwäbisch Gmünd 2003; 88 S.

LWF (1996): unveröffentlichte Skripten

LWF (1999): unveröffentlichte Skripten

SEELING,U. (ed. 2006): Forst-, Holz- und Jagd-Taschenbuch 2006; Schaper-Verlag, 2005, 576 S.

TEXTOR, B. (2003): Abschlussbericht für Teil 2 Praxisversuch "Energieproduktion und Verwertung", FVA Baden-Württemberg

WIPPERMANN, H.J.(1999): Verfahrenstechnik zur Biomasse.-Ernte auf Kurzumtriebsflächen. In: Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“ Schriftenreihe Nachw. Rohstoffe der FNR. S.314-340

C

Moderne Agroforstsysteme in Deutschland – naturschutzfachliche Bewertung, Akzeptanz, historische Hintergründe und Auswirkungen auf das Landschaftsbild

Tatjana Reeg, Manuel Oelke, Werner Konold

Mit inhaltlichen Beiträgen von

J. Hampel, C. Heindorf, F. Hohlfeld, S. Jäger, G. Mathiak, E. Rusdea, A. Schäfer

agroforst – neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung

Teilprojekt Landespflege

Inhalt

C 1. Auswahl von Zielgebieten für Agroforstsysteme

1.1. Zielgebiete für Agroforstsysteme in Baden-Württemberg

- 1.1.1. Vorgehen und Kriterien
- 1.1.2. Relevanz der verschiedenen Problemkomplexe
- 1.1.3. Definition von Zielgebieten für die Anlage von Agroforstsystemen

1.2. Auswahl von Projekt-Beispielgebieten in Baden-Württemberg

1.2.1. Steckbriefe für die Beispielgebiete

1.2. Zielgebiete für Agroforstsysteme in Mecklenburg-Vorpommern

- 1.2.1. Anpassung der Kriterien zur Zielgebietsauswahl an die Verhältnisse in Mecklenburg-Vorpommern
- 1.2.2. Zusätzliche Entscheidungskriterien
- 1.2.3. Definition von Zielgebieten

C 2. Befragung von Stakeholdern

2.1. Methode und Vorgehen

2.2. Ergebnisse

- 2.2.1. Gute oder schlechte Standorte zur Etablierung von Agroforstsystemen?
- 2.2.2. Betriebliche Strukturen als Entscheidungsfaktor
- 2.2.3. Funktionen von Agroforstsystemen
- 2.2.4. Eigenschaften und mögliche Vorteile von Agroforstsystemen
- 2.2.5. Gestaltung von Agroforstsystemen
- 2.2.6. Förderung und Unterstützung für die Einführung von Agroforstsystemen
- 2.2.7. Chancen für Agroforstsysteme angesichts zukünftiger Entwicklungen
- 2.2.8. Abschließende Bewertung

C 3. Naturschutzfachliche Bewertung

3.1. Vorgehen: Gutachten zu voraussichtlichen Auswirkungen auf Avifauna und Coleoptera

3.2. Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Avifauna in Baden-Württemberg, Untersuchung anhand der vier Projekt-Beispielgebiete

- 3.2.1. Beispielgebiet Simonswald (Mittlerer Schwarzwald)
- 3.2.2. Beispielgebiet Hechingen-Boll (Vorland der Schwäbischen Alb)
- 3.2.3. Beispielgebiet Kirchart-Bockschaft (Kraichgau)
- 3.2.4. Beispielgebiet Argenbühl (Westliches Allgäu)
- 3.2.5. Fazit

3.3. Voraussichtliche Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Laufkäferfauna in den Projekt-Beispielgebieten in Baden-Württemberg

- 3.3.1. Simonswald
- 3.3.2. Hechingen
- 3.3.3. Kirchart
- 3.3.4. Argenbühl
- 3.3.5. Abschließende Diskussion

3.4. Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Vogelwelt am Beispiel von Mecklenburg-Vorpommern

- 3.4.1. Silvoarable Systeme auf minerogenen Böden
- 3.4.2. Silvopastorale Systeme auf minerogenen Böden
- 3.4.3. Silvopastorale Systeme auf Niedermoorböden
- 3.4.4. Ökologische (inkl. nahrungsökologische) Überlegungen im Hinblick auf Gehölze
- 3.4.5. Nistökologische Verteilungsmuster in Agroforstsystemen
- 3.4.6. Offene Acker- und Grünlandssysteme versus Agroforstsysteme - eine Bilanz

3.5. Ökofaunistische und naturschutzfachliche Bewertung von Agroforstsystemen anhand der Carabidenfauna in Mecklenburg-Vorpommern

- 3.5.1. Carabiden der Feldgehölze
- 3.5.2. Carabiden der Gras- und Krautsäume (Ackerschonstreifen)
- 3.5.3. Carabiden der Äcker mit bindigen Böden
- 3.5.4. Carabiden der armen Sandäcker und Ackerbrachen
- 3.5.5. Carabiden des feuchten Grünlands
- 3.5.6. Carabiden des mesophilen Grünlands (Streuobstwiesen)
- 3.5.7. Gefährdungssituation der Laufkäfer in Mecklenburg-Vorpommern
- 3.5.8. Fazit

3.6. Beitrag von Agroforstsystemen zu einem Biotopverbund

3.7. Agroforstsysteme aus Naturschutzsicht – abschließende Diskussion und Fazit

C 4. Analyse historischer Agroforstsysteme als Grundlage für das Thema Landschaftsbild und Landschaftsgestaltung

4.1. Warum sind historische Nutzungssysteme für uns heute relevant?

4.2. Historische Agroforstsysteme in Deutschland – ein kurzer Überblick

4.3. Historische Agroforstsysteme in Baden-Württemberg – Analyse verschiedener Beispielgebiete

4.3.1. Simonswald: Typische Nutzungen und Vorkommen von Baumstrukturen im mittleren Schwarzwald

4.3.2. Hechingen-Boll: Historische Nutzungen von Bäumen im Vorland der Schwäbischen Alb

4.3.3. Argenbühl: Historische Baumnutzungen im westlichen Allgäu

4.3.4. Kirchardt: Beispiel aus dem Kraichgau

4.3.5. Geschichte einer baumgeprägten Landschaft: Die Entwicklung des Obstbaus im nördlichen Kaiserstuhl

C 5. Agroforstsysteme im Landschaftsbild

5.1. Ästhetische Bedeutung von halboffenen Landschaften

5.2. Moderne Agroforstsysteme im Landschaftsbild

5.3. Methoden und Vorgehen

5.3.1. Experteninterviews

5.4. Ergebnisse zur Bedeutung und Wirkung von Bäumen in Agroforstsystemen

5.4.1. Bedeutung von Bäumen in Agrarlandschaften

5.4.2. Bedeutung des ästhetischen Aspektes von Agroforstsystemen

5.4.3. In welchen Landschaften, unter welchen Voraussetzungen passen Agroforstsysteme gut bzw. nicht in eine Landschaft?

5.4.4. Ästhetische Aufwertung von strukturarmen Agrarlandschaften

5.5. Ergebnisse zur ästhetisch attraktiven Gestaltung von Agroforstsystemen

5.5.1. Landschaftsangepasste Gestaltung moderner Agroforstsysteme - Anordnung der Bäume

5.5.2. Ästhetische Wirkung der verschiedenen Gestaltungsvarianten

5.6. Bewertung des Landschaftsbildes

C 6./7. Vorbereitung und Durchführung der Transferphase

6/7.1. Formen des Transfers

6/7.2. Beiträge des Teilprojektes Landespflege

C 8. Kriterienkataloge zur Auswahl der Baumarten

8.1. Wichtige Eigenschaften von Gehölzen aus naturschutzfachlicher Sicht

8.2. Wichtige Eigenschaften von Gehölzen aus landschaftsästhetischer Sicht

8.3. Berücksichtigung landespflegerischer Belange bei der Auswahl der Bäume

Zusammenfassung der Ergebnisse des Teilprojekts Landespflege

C 1. Auswahl von Zielgebieten für Agroforstsysteme

Agroforstsysteme weisen eine große mögliche Bandbreite bezüglich ihrer Ausgestaltung (verwendete Baumart(en), Art der landwirtschaftlichen Kultur, Anordnung der Bäume, Pflege der Baumstreifen etc.) auf. Sie können so an verschiedene Standortverhältnisse angepasst werden und in sehr unterschiedlichen Naturräumen eine sinnvolle Landnutzungsalternative darstellen. Generell sollten Agroforstsysteme, wenn sie als neues Landnutzungssystem eingeführt werden, gegenüber der aktuellen Nutzung Vorteile aufweisen bzw. dazu beitragen, bestehende Probleme in der Landnutzung zu lösen.

Denkbare Kriterienkomplexe können z. B. für Grenzertragsstandorte die Standortungunst (geringproduktive Böden, Hanglagen) zusammen mit einem bestehenden Waldzunahme- druck sein; in diesem Fall können Agroforstsysteme unter bestimmten Umständen eine Alternative zur Aufforstung darstellen. In ausgeräumten Ackerbaugebieten, in denen Agroforstsysteme zu einer besseren Habitatausstattung, zum Biotopverbund oder Ressourcenschutz beitragen können, gelten Auswahlkriterien wie große, wenig strukturierte Ackerflächen, Ausgeräumtheit der Landschaft oder Erosionsgefährdung. Eine detaillierte Liste mit möglichen Kriterien wurde erarbeitet.

In Baden-Württemberg wurden vier Beispielgebiete ausgewählt, die verschiedene Naturräume repräsentieren und für die exemplarisch die Untersuchungen aller Teilprojekte durchgeführt wurden. Es handelt sich dabei um Beispiele für waldreiche Mittelgebirge, traditionelle Streuobstgebiete sowie intensiv genutzte Ackerbau- und Grünlandregionen.

In der zweiten Untersuchungsregion Mecklenburg-Vorpommern sind ausgeräumte Ackerbaugebiete in sehr großem Umfang vorhanden. Auch für wiedervernässte Niedermoorflächen könnten Agroforstsysteme eine Nutzungsalternative darstellen. Neben den bereits genannten Kriterien können Punkte wie landschaftsökologische Aufwertung von Ackerlandschaften, Schutz vor Winderosion oder Aufwertung von Agrarlandschaften für Erholung und Tourismus bei der Auswahl von Zielgebieten eine Rolle spielen.

C 2. Befragung von Stakeholdern

Personen aus den Bereichen Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Naturschutz oder Kommunalverwaltung, die an einer der vom Projekt aus organisierten Veranstaltungen teilgenommen hatten und dabei über moderne Agroforstsysteme informiert worden waren, wurden mit Hilfe eines Fragebogens unter anderem zu folgenden Themen befragt: Flächenauswahl, Gestaltung des Systems, Funktionen, Vor- und Nachteile von Agroforstsystemen, ihre Bedeutung in Zukunft und mögliche Förderungen.

Die Antworten auf die insgesamt elf Fragen zeigten, dass ein großer Teil der Befragten Agroforstsystemen Potenziale im Erosionsschutz und bei der naturschutzfachlichen und ästhetischen Aufwertung von Agrarlandschaften zutrauen. Viele sind auch der Meinung, dass die Bedeutung von Landschaftsbild, Umwelt- und Ressourcenschutz in Zukunft noch steigen wird und dass Agroforstsysteme daher als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen anerkannt werden sollten. Trotzdem wurde auch betont, wie wichtig die Eigeninitiative des einzelnen

Landwirts bei der Anlage von Agroforstsystemen ist. Bezüglich betrieblichen und ökonomischen Fragen umfassten die Meinungen ein weites Spektrum.

Grundsätzlich zeigte sich von allen Seiten Interesse an Agroforstsystemen als Landnutzungsalternative. Es wurde aber auch deutlich, dass in vielen Fragen noch ein großer Informationsbedarf besteht.

C 3. Naturschutzfachliche Bewertung von Agroforstsystemen

Aussagen zur naturschutzfachlichen Wertigkeit von Agroforstsystemen sind in großem Maße von der Landschaft, in der ein Agroforstsystem etabliert werden soll, von der Gestaltung des Systems sowie von den Zielarten des Naturschutzes, die gefördert werden sollen, abhängig.

In waldreichen Landschaften, in denen die Erhaltung von Offenlandbiotopen höchste Priorität hat, können Agroforstsysteme eine bessere Alternative zur Aufforstung darstellen, da sie von vielen der auf den Offenlandflächen dieser Gebiete vorkommenden Arten weiterhin als Lebensraum genutzt werden können.

Auf intensiv bewirtschafteten, strukturarmen Grünland- oder Ackerflächen bieten die Bäume und die Baumstreifen eines Agroforstsystems zusätzliche Habitate, was eine höhere Artenvielfalt erwarten lässt. Unter der Voraussetzung einer nicht rein ökonomisch orientierten Gestaltung stellt die Etablierung von Agroforstsystemen für viele Arten eine Verbesserung der Lebensbedingungen dar. Andererseits können ausgeprägte Offenlandarten beeinträchtigt werden. Eine höhere Artenvielfalt geht also unter Umständen mit einer Begünstigung von häufig vorkommenden Ubiquisten gegenüber seltenen, spezialisierten Arten einher.

Auf extensiv genutzten, naturschutzfachlich wertvollen Grünland- oder Ackerflächen bedeutet eine Baumpflanzung in vielen Fällen eine Störung oder sogar Verdrängung der vorhandenen, angepassten Fauna. Allerdings ist die Fortführung der Nutzung in der bisherigen Form eine Voraussetzung für den Erhalt der bestehenden Lebensräume. Agroforstsysteme können daher interessant sein, wenn ein zusätzliches Produkt (Holz, Baumfrüchte) bzw. eine langfristige Aufwertung der Fläche (Kapitalaufbau mit Wertholz) zur Weiterführung der gesamten Nutzung beiträgt.

In traditionellen Streuobstgebieten, in denen die Obstbaumbestände aus nachlassendem Interesse an der Nutzung sowie fehlender Pflege und Verjüngung stark abnehmen, können Agroforstsysteme mit Wertholzbäumen eine Folgenutzung darstellen, die die ökologischen Funktionen der Obstbäume weitgehend übernimmt.

C 4. Analyse historischer Agroforstsysteme als Grundlage für das Thema Landschaftsbild und Landschaftsgestaltung

Aktuell sind kombinierte land- und forstwirtschaftliche Landnutzungen in Deutschland selten, früher waren sie jedoch weit verbreitet. Um eine Verbindung im Sinne landschaftlicher Kontinuität zwischen Vergangenheit und Zukunft herzustellen und Wissen aus der Vergangenheit aufzugreifen, wurden im Teilprojekt Landespflege sowohl allgemeine Informationen über historische Agroforstsysteme in Deutschland analysiert als auch spezielle Untersuchungen zu den Beispielgebieten in Baden-Württemberg durchgeführt.

Für die untersuchten Gebiete Baden-Württembergs lässt sich feststellen, dass der Obstbau in der jüngeren Vergangenheit das am weitesten verbreitete „historische Agroforstsystem“ darstellte. Heute ist die Produktion von Obst auf Streuobstwiesen und -äckern vielerorts selten geworden, früher hingegen prägte sie die Landschaft nicht nur in charakteristischen Obstbaugebieten. Ebenso war die Waldweide eine sehr weit verbreitete historische agroforstliche Nutzungsform, die jedoch in Folge der starken Übernutzung der Waldflächen und der Holznot durch Forstordnungen eingeschränkt bzw. verboten wurde. Weitere kombinierte Nutzungen wie beispielsweise die Reutfeldwirtschaft waren regional von Bedeutung und konnten in entsprechenden Gebieten wie dem Schwarzwald den Charakter der Landschaft durchaus stark beeinflussen.

Große Bedeutung für das Landschaftsbild hatten auch lineare Baumstrukturen (z.B. entlang von Straßen, Gewässern oder Grenzen) und besondere historische Nutzungsformen, wie das Schneiteln von Bäumen oder die Nutzung als Kopfbäume.

C 5. Agroforstsysteme im Landschaftsbild

Bäume im Offenland haben für den Menschen eine große Bedeutung. Sie bieten Watterschutz und vermitteln damit das Gefühl von Schutz und Geborgenheit, sie erleichtern die Orientierung und werten Agrarlandschaften ästhetisch auf, indem sie Vielfalt, Struktur und eine vertikale Dimension in die Landschaft bringen. Nicht zuletzt können sie eine starke symbolische Bedeutung in Mythos, Tradition, Religion sowie in historischen Zusammenhängen besitzen. Da Bäume eine große visuelle Wirkung haben, sollte bei der Anlage eines Agroforstsystems immer der Einfluss auf das jeweilige Landschaftsbild berücksichtigt werden.

In Experteninterviews wurde deutlich, dass die Befragten grundsätzlich Bäume in jeder landwirtschaftlich genutzten Landschaft für ins Landschaftsbild passend und für eine Bereicherung halten. Abhängig ist diese Wirkung besonders von der Anordnung der Bäume, aber auch von Baumart, Ästungs- oder Gesamthöhe. Strenge geometrische Anordnungen können eine große Wirkung erzielen (Beispiel Alleen), trotzdem wurde von den Befragten meist eine „natürlicher wirkende“ Pflanzung mit unterschiedlichen Baumarten, unterschiedlichem Alter, variierenden Pflanzabständen und, vor allem auf Weideflächen, lockerer Anordnung vorgezogen.

Wichtig ist, dass neue Agroforstsysteme zum Charakter der Landschaft und zu den vorherrschenden Dimensionen passen und an bestehende Strukturen und das Geländere relief angepasst werden, um die Eigenart der Landschaft zu unterstreichen und sie nicht zu stören. Die zeitliche Dynamik spielt dabei eine große Rolle, da sich die ästhetische Wirkung eines Agroforstsystems mit dem Wachstum der Bäume stark verändert.

C 6 und C 7. Vorbereitung und Durchführung der Transferphase

Die Projektergebnisse wurden sowohl auf Veranstaltungen (Workshops und Tagungen) vorgestellt und diskutiert als auch in Form verschiedener Veröffentlichungen publiziert.

C 8. Kriterienkataloge zur Auswahl der Baumarten

Sowohl aus naturschutzfachlicher wie auch aus landschaftsästhetischer Sicht sind manche der für die Wertholzproduktion in Agroforstsystemen in Frage kommenden Baumarten attraktiver als andere. Während für den Naturschutz vor allem das Nahrungsangebot, Nistmöglichkeiten und der Schutz vor Fressfeinden entscheidend ist, haben Blüte, Laubaustrieb, Früchte, Herbstlaub, Kronenform und Rinde starke Auswirkungen auf das Landschaftsbild. Auch unter Berücksichtigung der ökonomischen Erfordernisse bleiben Möglichkeiten, landespflegerische Aspekte bei der Anlage moderner Agroforstsysteme einzubeziehen, ohne einen Nachteil für die Produktion hinnehmen zu müssen. So ist beispielsweise eine Mischung verschiedener Baumarten in jeder Hinsicht sinnvoll, wobei aus ästhetischer Sicht besonders auffällige Bäume an den Stellen gepflanzt werden sollten, die am ehesten eingesehen werden.

C 1. Auswahl von Zielgebieten für Agroforstsysteme

1.1. Zielgebiete für Baden-Württemberg

1.1.1. Vorgehen und Kriterien

Bei der Definition von möglichen Zielgebieten für Agroforstsysteme wurde von folgender Annahme ausgegangen: Agroforstsysteme sollen eine Alternative der Folgenutzung von nicht mehr rentablen Landnutzungssystemen sein bzw. sie sollen Vorteile ökonomischer, ökologischer oder landschaftsgestalterischer Art gegenüber bisherigen Nutzungsformen aufweisen und damit bestehende Probleme in der Landnutzung lösen helfen. Ausschlaggebendes Kriterium war daher, ob im jeweiligen Gebiet der Druck besteht, die aktuelle landwirtschaftliche Nutzung zu ändern. Eine weitere Grundvoraussetzung ist, dass eine Etablierung von Agroforstsystemen auf der gewünschten Fläche prinzipiell möglich sein muss.

Da davon ausgegangen wird, dass bei der Etablierung von Agroforstsystemen auf Agrarflächen die bestehende landwirtschaftliche Nutzung zumindest in den ersten Jahrzehnten fortgeführt wird, ist für die Beurteilung der Realisierbarkeit in erster Linie die Eignung der Fläche für die gewünschte(n) Baumart(en) ausschlaggebend. Da in der aktuellen Landnutzungsverteilung die Landwirtschaft im Vergleich zum Wald die besseren Standorte besetzt, kann davon ausgegangen werden, dass die Wachstumsvoraussetzungen für Bäume auf den meisten aktuell landwirtschaftlich genutzten Flächen gut sind. Ausnahmen können sehr trockene oder sehr nährstoffarme Flächen bilden, auf denen zwar Baumwachstum möglich ist, nicht jedoch mit dem gewünschten Produktionsziel.

Der zweite wichtige Aspekt sind die aktuellen Probleme der Landnutzung, denen mit der Anlage von Agroforstsystemen begegnet werden soll, und die Vorteile, die diese gegenüber der bisherigen Nutzung aufweisen. Betrachtet man dabei sowohl silvoarable als auch silvopastorale Systeme, ergibt sich ein sehr weites Spektrum an möglichen Flächen.

Problemfelder, die hauptsächlich auf Ackerflächen zutreffen, sind:

- Erosionsgefahr durch Wasser oder Wind, damit Oberbodenabtrag
- Ausgeräumtheit der Landschaft, mangelnde Strukturvielfalt, dadurch geringer Wert für den Naturschutz, fehlender Biotopverbund, unattraktive Landschaftsbilder
- Nährstoffauswaschung, z. B. von Nitrat

Auf landwirtschaftlichen Ungunststandorten, die als Grünland genutzt werden, können sich folgende Probleme ergeben:

- mangelnde Attraktivität und Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung aufgrund der schwierigen Standortverhältnisse (zu steil, zu nass, zu trocken etc.)
- Aufforstungs- und Bewaldungsdruck in walddreichen Gebieten aufgrund zunehmender Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung, dadurch Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und Gefährdung von Naturschutzzielen

Vorteile von Agroforstsystemen liegen dann:

- im möglichen Wertzuwachs von standörtlich ungünstigeren Flächen durch die Bäume
- in einer möglichen Standortverbesserung (geringere Austrocknung durch Windschutz und Schattenwurf, Erosionsschutz, Nährstoffanreicherung, Schatten für Weidetiere)

Weitere Aspekte

Schutzgebiete: Sie können ein Ausschlussgrund für eine Nutzungsänderung sein, wenn die Schutzbedingungen sehr streng und an bestimmte bestehende Gegebenheiten geknüpft sind bzw. keine Nutzung zulassen (Naturschutzgebiet, Nationalpark). Einen positiven Impuls für die Entwicklung des Gebietes können sie geben, wenn das Schutzziel in einer nachhaltigen Nutzung besteht (Biosphärenreservat, Naturpark).

Statistische Daten zur Agrarstruktur wie der Anteil Haupterwerb und Nebenerwerb, durchschnittliche Betriebsgröße etc. erlauben keine Aussage über die Eignung eines Gebietes für Agroforstsysteme.

Gebiete mit einem hohen **Pachtflächenanteil:** Handelt es sich um Pachtflächen, muss eine Einigung zwischen Verpächter und Pächter gefunden werden (siehe auch Abschnitt A 1.10). Grundsätzlich ist daher die Etablierung von Agroforstsystemen bei einem geringen Pachtflächenanteil einfacher.

1.1.2. Relevanz der verschiedenen Problemkomplexe

Agroforstsysteme zum Erosionsschutz

Bei entsprechender Anlage (Ausrichtung parallel zum Hang, Breite der Baumstreifen sowie Abstand von Streifen zu Streifen, Bewuchs) können die Baumstreifen von Agroforstsystemen zum Schutz vor Wassererosion beitragen (Heindorf 2007)¹. Bei starker Erosionsgefährdung braucht dies jedoch eine nicht unbeträchtliche Fläche, so dass gerade auf fruchtbaren Böden andere Maßnahmen zur Einschränkung der Erosion von den Landwirten bevorzugt werden. Um einen wirksameren Windschutz zu bieten, können die Baumstreifen in ihrer Ausrichtung und ihrem Bewuchs für diese Aufgabe optimiert werden (z. B. Pflanzung von Hecken zwischen den Wertholzbäumen) und dann vergleichbare Funktionen wie klassische Windschutzstreifen erfüllen (siehe Abschnitt A 2.6.1.).



Abb. C 1.1: Eine Wertholzproduktion ist auch in Windschutzstreifen denkbar (T. Reeg).

¹ Claudia Heindorf 2007: Problemorientiertes Design silvoarabler Agroforstsysteme in der Agrarlandschaft Kraichgau. Diplomarbeit am Institut für Landespflege, Universität Freiburg, 130 S.

Agroforstsysteme zur strukturellen Aufwertung von intensiv genutzten Landschaften

Stichworte: Ausgeräumte Ackerbaugelände
Landschaften geringer Konnektivität
reizarme Landschaften

Im Hinblick auf Naturschutzziele und das Landschaftsbild könnte mit Agroforstsystemen gerade in walddarmen, intensiv genutzten Gebieten Positives bewirkt werden, da auf einer ansonsten ausgeräumten Fläche schon wenige Bäume eine Bereicherung darstellen. Darüber hinaus können sie Leistungen erbringen, die sowohl Umwelt und Gesellschaft als auch den Bewirtschaftern zu Gute kommen, indem sie die Ressourcen schützen.

Dem Bewirtschaftler jedoch erscheinen Bäume auf intensiv ackerbaulich genutzten Flächen bei der maschinellen Bearbeitung störend. Mit den steigenden Preisen für nachwachsende Rohstoffe verstärkt sich der Konkurrenzdruck auf landwirtschaftliche Gunstflächen und scheint so die Pflanzung von Bäumen zur Wertholzproduktion noch weniger attraktiv zu machen. Allerdings können Wertholzbäume mit vielen Arten der Unternutzung kombiniert werden, auch mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb oder mit Ackerfrüchten zur energetischen Verwertung. Mit einer Kombination hat der Landnutzer weiterhin Anteil an den steigenden Biomassepreisen, die Flexibilität auf der landwirtschaftlich genutzten Teilfläche bleibt – im Gegensatz zu reinen Gehölzpflanzungen – erhalten, und gleichzeitig werden Bäume erzeugt, die langfristig einen hohen Wert erreichen können.

Agroforstsysteme als Nutzungsalternative von Grenzertragsstandorten

Stichworte: Gebiete mit landwirtschaftlich geringproduktiven Böden (Standortungunst)
Aufgabe landwirtschaftlicher Nutzung in Hanglagen
Aufforstungs- und Bewaldungsdruck in walddreichen Gebieten

Auf Ungunststandorten sind Landnutzer in der Regel eher bereit, Bäume zu pflanzen, da der Ertragsverlust in der landwirtschaftlichen Erzeugung geringer und der Druck, auf nicht rentablen Flächen eine alternative Nutzung zu finden, stärker ist. Allerdings wachsen auch Bäume auf schwachen Standorten langsamer und eventuell qualitativ schlechter als auf guten, wenn die Grenzertragsschwelle aufgrund armer Böden oder schlechter Wasserversorgung erreicht wird (z. B. grundwasserferne Sandböden in Mecklenburg-Vorpommern). Wenig problematisch sind dagegen steile Flächen, die ansonsten eine gute Nährstoff- und Wasserversorgung aufweisen (z. B. in Mittelgebirgen).

Da eine zumindest extensive landwirtschaftliche Nutzung, und sei es nur eine Mindestpflege durch Mulchen, Bestandteil auch des kombinierten Systems ist, kommen Agroforstsysteme jedoch nur auf Flächen in Frage, auf denen eine landwirtschaftliche Nutzung grundsätzlich weitergeführt werden soll und kann. Ist dies nicht gegeben, stellt ein Agroforstsystem keine Alternative beispielsweise zu einer Aufforstung dar.

Da gerade Gebiete mit ungünstigen Produktionsbedingungen oft jedoch landschaftlich besonders attraktiv sind, bietet die wachsende Bedeutung von Freizeit- und Erholungsfunktion der Landschaft eine weitere Chance für Landbewirtschaftler, insbesondere in agglomerationsnahen und touristisch geprägten ländlichen Gebieten (Weber 2006)².

² G. Weber 2006: *Sicherung der Kulturlandschaft durch vitale ländliche Räume. Denkanstöße. Stiftung Natur und Umwelt Rheinland-Pfalz (4): 34-41*

Agroforstsysteme als eine in Deutschland ungewohnte, auffällige Nutzungsart können Teil von kreativen Ansätzen und alternativen Lösungen sein, so wie es beispielsweise aktuelle Hutewaldprojekte zeigen (Leicht 2006)³.

Eine ausführliche Darstellung dieser Überlegungen findet sich in der Veröffentlichung „Naturschutz in der Agrarlandschaft – neue Möglichkeiten mit modernen Agroforstsystemen?“⁴.

1.1.3. Definition von Zielgebieten für die Anlage von Agroforstsystemen

Um vor Ort beurteilen zu können, ob und auf welcher Fläche Agroforstsysteme wünschenswert sind, muss es zu einer Abwägung aller lokal relevanten Vor- und Nachteile kommen, die sowohl die Bewirtschaftung als auch andere Auswirkungen betreffen. Die wichtigsten Aspekte hierfür wurden in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Eine ausführliche Darstellung der Kriterien zur Zielgebietsauswahl und der Anwendung auf die Beispielgebiete in Baden-Württemberg findet sich in der Veröffentlichung „Zielgebietsauswahl für Agroforstsysteme unter Berücksichtigung der verschiedenen Interessen in der Landnutzung“⁵.

Tab. C 1.1: Kriterien für die Zielgebietsauswahl (aus: T. Reeg, M. Brix 2008: Zielgebietsauswahl für Agroforstsysteme unter Berücksichtigung der verschiedenen Interessen in der Landnutzung. Naturschutz und Landschaftsplanung 6/2008)

BEWIRTSCHAFTUNG	
Mögliche Vorteile von Agroforstsystemen	Trifft z. B. zu für/bei...
Erosionsschutz Wassererosion	Lössböden, Ackerflächen in hängigen Lagen
Windschutz	weite offene Flächen
Witterungsschutz für Tiere	Weiden
Standortverbesserung	heißes, trockenes Klima mit Grundwasseranschluss der Bäume
komplementäre Ressourcennutzung	fruchtbare Standorte, Baumart und Feldfrucht gut aufeinander abgestimmt
Alternative für Grenzertragsstandorte	Standorte, die für Edellaubbäume geeignet sind und für die eine sinnvolle landwirtschaftliche Unternutzung gefunden werden kann
Wertsteigerung von Flächen	v. a. landwirtschaftlich wenig interessante Flurstücke
Baumpflanzung auf für die Landw. schwer nutzbaren Teilflächen	ungünstig geschnittene Flurstücke, standörtlich schwierige Teilflächen, z.B. sehr steil oder sehr nass
naturschutzfachliche Aufwertung von Flächen	Ausgleichsflächen möglich ohne landwirtschaftliche Nutzung aufzugeben; evtl. zusätzliches Einkommen für Landwirte
zusätzliches Einkommen durch „Nicht-Holz-Produkte“	vorhandener Markt für Produkte wie Nüsse oder Früchte; zusätzliches Produkt passt in Betriebsabläufe

³ E. Leicht 2006: Renaissance des Outdoor-Schweins? AFZ Der Wald 2: 87-90

⁴ T. Reeg, A. Möndel, M. Brix, W. Konold 2008: Naturschutz in der Agrarlandschaft – neue Möglichkeiten mit modernen Agroforstsystemen? Natur und Landschaft 83 (6): 261-266

⁵ T. Reeg, M. Brix 2008: Zielgebietsauswahl für Agroforstsysteme unter Berücksichtigung der verschiedenen Interessen in der Landnutzung. Naturschutz und Landschaftsplanung 6/2008: 173-179

Mögliche Nachteile von Agroforstsystemen	Trifft z. B. zu für...
Beschattung	Kartoffeln, eher kühles und feuchtes Klima
Arbeitsorganisation erschwert	Ackerflächen: Festlegung der Fahrgassen, Umfahren der Bäume
aufwändiger Baumschutz notwendig	(Rinder)Weiden, v. a. als Standweide genutzte Flächen; hohe Wilddichten
Wasserkonkurrenz durch die Bäume	trockene Standorte ohne Grundwasseranschluss der Bäume
Einheitlichkeit der landwirtschaftl. Produktion wird gestört	zeitlich inhomogenes Abreifen von Getreide
Ausschlussgründe	Trifft z. B. zu für...
landwirtschaftliche Nutzung, die keine Bäume verträgt	sehr lichtbedürftige Kulturen (Mais); Bullenhaltung (Baumschädigung)
zu kleine Grundstücke	Realteilungsgebiete
Standort ungeeignet für Edellaubbäume	Rutschhänge, zu arme oder zu trockene Standorte
weitere landwirtschaftliche Nutzung nicht gegeben	nicht maschinenbefahrbar, da zu steil, zu nass; zu abgelegen, zu trocken
NATUR- und RESSOURCENSCHUTZ, LANDSCHAFTSBILD	
Mögliche Vorteile	Trifft z.B. zu für...
Schaffung zusätzlicher Habitats durch Gehölze	Gebiete mit geringem Waldanteil; wenig Gehölzstrukturen in der Offenlandschaft; intensiv genutzte Agrarlandschaften
Erhöhung der landschaftlichen Vielfalt, bessere Gliederung	reizarme, eintönige Agrarlandschaften mit wenigen / gar keinen Gehölzen (sofern es der Eigenart nicht widerspricht!)
Biotopverbund	bereits vorhandene zu verbindende Elemente; intensiv genutzte Agrarlandschaften
naturschutzfachliche Aufwertung von Flächen	bei Konkurrenz zwischen Ausgleichsflächen und landwirtschaftlicher Nutzung: möglicher Kompromiss zwischen Landnutzer und Naturschutz
bessere Verzahnung Wald – Offenland	landwirtschaftliche Flächen, die ohne Waldrandstrukturen an Waldflächen angrenzen
Erhalt der Biodiversität in wertvollen Landschaften	Streuobstgebiete
Pufferzonen um Schutzgebiete / empfindliche Biotop	Moore, Sölle, Fließgewässer
Erhalt von Eigenart durch Anknüpfung an frühere und/oder heutige Nutzungen	Baumreihen, Stufenraine, Hecken; Streuobstgebiete
Alternative zu weiterer Aufforstung	sehr walddreiche Gebiete, falls gutes Konzept auch für die landwirtschaftliche Nutzung vorliegt
größere Artenvielfalt durch seltene Baumarten	Gebiete mit hohem Fichtenanteil; Agroforstsysteme mit seltenen Baumarten wie Elsbeere oder Speierling
Mögliche Nachteile	Trifft z.B. zu für...
Verdrängung von Offenlandarten	seltene / geschützte Arten, z.B. Braunkehlchen, Feldlerche, Grauammer
Unterbrechen von Sichtbeziehungen	

starke Veränderung des Landschaftscharakters	Landschaften, deren besondere Eigenart in der Offenheit besteht
„Geometrisierung“ der Landschaft durch Baumpflanzungen in Reihen	stark vom Relief geprägte Landschaften
Konflikte mit Naturschutz auf Grenzertragsstandorten	naturschutzfachlich wertvolle Offenlandstandorte
Ausschlussgründe	Kann zutreffen für...
Beeinträchtigung geschützter Biotop/Lebensräume	Vogelschutzgebiete, z.B. Vogelrastplätze; FFH-Gebiete, z.B. extensiv genutzte Grünlandflächen

1.2. Auswahl von Projekt-Beispielgebieten in Baden-Württemberg

Da Baden-Württemberg über eine große Vielfalt an unterschiedlichen standörtlichen Gegebenheiten verfügt und damit je nach Naturraum verschiedene der aufgeführten Aspekte zutreffen, ist ein systematisches Vorgehen zur Zielgebietsdefinition nach allgemeinen Kriterien nicht möglich. Ein weiterer Grund hierfür ist die große Variationsbreite an verschiedenen Agroforstsystemen, die es erlaubt, für viele verschiedene Standorte ein passendes System zu gestalten (Art der landwirtschaftlichen Nutzung, Baumarten, Abstände und Anordnung der Bäume etc.). Somit muss jede Region und letztlich jede Fläche einzeln nach bestimmten Kriterien beurteilt werden (siehe unten).

Da gerade der Wert von Agroforstsystemen für das Landschaftsbild und den Naturschutz sehr stark von den Bedingungen auf der einzelnen Fläche abhängt (umgebende Landschaft, vorhandene biotische und abiotische Ressourcen, alternative Entwicklungen etc.), wurden für die weiteren Arbeiten im Projekt vier Beispielgebiete ausgewählt. Diese repräsentieren unterschiedliche Naturräume, die in ganz Baden-Württemberg eine gewisse Bedeutung haben. Passend für die jeweiligen Voraussetzungen konnten verschiedene denkbare Agroforstsysteme entwickelt und hinsichtlich ihrer voraussichtlichen Auswirkungen analysiert werden. In jedem der vier gewählten Gebiete wurde ein thematischer Schwerpunkt behandelt:

Simonswald, Mittlerer Schwarzwald – Grenzertragsstandorte v. a. in hängigen Lagen, verbreitete Nutzungsaufgabe, Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch sehr hohen Waldanteil, weiterhin Aufforstungen von steilen Flächen

Boll (Gemeinde Hechingen), Vorland der Schwäbischen Alb – mangelnde Pflege bzw. Aufgabe der immer noch auf relativ großer Fläche vorhandenen Streuobstbestände, Suche nach einer zeitgemäßen Nutzungsform, die die vielfältigen Funktionen von Streuobstwiesen (Habitat, Kleinklima, Ästhetik) zumindest zum Teil erfüllen kann

Argenbühl, Württembergisches Allgäu – Suche nach neuen Nutzungsalternativen v. a. für die hängigeren Grünlandflächen, bisher geringer Waldanteil, abrupte Übergänge zwischen Fichtenaufforstungen und Offenland

Kirchardt, Kraichgau – intensiv genutztes Ackerbaugesbiet, z. T. eintönige, wenig strukturierte Landschaft, Problem Erosion und Belastung der Gewässer mit Stoffeinträgen



Abb. C 1.2-1.5: Die vier Beispielgebiete in Baden-Württemberg, von links oben nach rechts unten: Simonswald, Hechingen, Argenbühl, Kirchardt (T. Reeg)

Für diese Beispielgebiete wurden Agroforstsysteme entworfen, als Fotomontage simuliert (Kapitel B 5) und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Avifauna und Laufkäfer eingeschätzt (Abschnitte C 3.2. und C 3.3.). Außerdem wurde in jedem der vier Gebiete ein lokaler Workshop zum Austausch mit den Akteuren vor Ort veranstaltet, dessen Ergebnisse wiederum in den Fragebogen (Kapitel C 2) eingeflossen sind.

1.2.1. Steckbriefe für die Beispielgebiete

Die Eignung einer Fläche zur Anlage eines Agroforstsystems muss immer im Einzelfall beurteilt werden. Trotzdem können bestimmte Daten Auskunft geben, inwieweit Regionen sich als Zielgebiete für Agroforstsysteme anbieten. Standortökologische Eigenschaften sind entscheidend für die Eignung für landwirtschaftliche Nutzungen sowie für die Auswahl von Baumarten. Agrarstrukturelle Daten verdeutlichen Nutzungstrends und können aufzeigen, welche Funktionen Agroforstsysteme unter den jeweiligen Bedingungen erfüllen könnten. Angaben zu Bewaldungsprozentsen, zu naturschutzfachlichen und landschaftsästhetischen Aspekten können je nach Zielstellung, die mit der Etablierung eines Agroforstsystems einhergeht, Entscheidungshilfen liefern.

Beispielhaft wurden für die vier Beispielgebiete in Baden-Württemberg zur Verfügung stehende Daten erhoben. Bezugsraum für die Daten des Statistischen Landesamtes⁶ ist jeweils die Gemeinde, während die Angaben aus der Ökologischen Standorteignungskarte

⁶ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, www.statistik.baden-wuerttemberg.de

(Weller 1990)⁷ sich auf Standortkomplexe beziehen, die für diese Aufstellung möglichst genau für die jeweiligen Gemeindegebiete zusammengestellt wurden. Dabei wurden, wenn mehrere Standortkomplexe vorkommen, die Schwerpunkte des gesamten Spektrums angegeben. Die Naturraumsteckbriefe Baden-Württemberg⁸ beziehen sich auf größere räumliche Einheiten, so dass hier nur eine Annäherung an die tatsächlichen Gegebenheiten vor Ort möglich ist. Auch aufgrund der zum Teil wenig aktuellen Zahlen, die der Beurteilung in den Steckbriefen zugrunde liegen, können diese Angaben nur eine erste Vorstellung vermitteln.

Steckbrief Simonswald

Ökologische Standortseignung (Quelle: Weller 1990)

Teillandschaft / Standortkomplexe	Unterer Grundgebirgsschwarzwald, mäßig warme und mäßig kühle Lagen; Hochschwarzwald, kalte Hangzonen, kühle Hangzonen, Waldberge
Hangneigung	3 bis > 35 %
Bodenart	grobsandig bis feiner Lehm; steiniger Grobsand/Kristallingestein
Gründigkeit	flach- bis tiefgründig
Wärme	mäßig warm bis kalt
Wasser-Luft-Haushalt des Bodens	mäßig frisch bis feucht
Natürliche Nährkraft des Bodens	gering bis groß
Kalkgehalt und Azidität	stark sauer bis sauer
Anbaueignung für ...	
Obstbau	ungeeignet bis mäßig
Ackerland	ungeeignet bis mäßig
Grünland	sehr schlecht bis gut

Entwicklung der Agrarstruktur (Quelle: Statistisches Landesamt)

Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF in ha, 1979 / 2003 / 2007)	1219 / 983 / 890
Durchschnittliche Betriebsgröße (in ha LF, 1979 / 2003 / 2007)	11 / 11 / 10
Anteil Haupterwerbsbetriebe (in %, 1979 / 2003 / 2007)	48,1 / 22,8 / 23,3
Hauptnutzungsarten (in % der LF, 1979 / 2003 / 2007)	
Ackerland	7,7 / 1,5 / 1,1
Dauergrünland	92,0 / 98,5 / 98,8
Viehzahlen, Besatzdichte (Rinder, Schafe, Pferde, 1979 / 2003 / 2007)	
Rinderbestand insgesamt; Rinder je Halter	1609 / 1218 / 977; 16 / 15 / 13
darunter Milchkühe; Milchkühe je Halter	608 / 200 / 140; 6 / 9 / 9
Schafbestand insgesamt; Schafe je Halter	89 / 123 / 109; 5 / 11 / 10
Pferdebestand insgesamt; Pferde je Halter	9 / 42 / 40; 2 / 2 / 2

Bewaldungsanteil (Quelle: Forststatistiken; Statistisches Landesamt)

Bewaldungsprozent (1965 / 2005)	73,6	80,8
---------------------------------	------	------

Umweltschutz / Arten und Biotope (Quelle: Naturraumsteckbriefe Nr. 155 Hochschwarzwald)

Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet der Fließgewässer	überwiegend mittel
Gewässerbelastung (1993-97)	unbelastet bzw. gering belastet

⁷ F. Weller 1990: Ökologische Standortseignungskarte für den Landbau in Baden-Württemberg. 2 Karten 1:250.000 und Erläuterungen. Stuttgart, Ministerium für ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg.

⁸ Naturraumsteckbriefe Baden-Württemberg, Materialien zum Landschaftsrahmenprogramm, Universität Stuttgart, ILPÖ/IER. www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/nafaweb/berichte/naturrm/Anfnlalp.htm

Stickstoffaustragsgefahr aus den lw. genutzten Böden aufgrund des Kulturartenspektrums (1993)	87 % mittel
Flächengewichteter Bodenabtrag auf Ackerflächen	überwiegend mittel
Acker - Gehölzausstattung	überwiegend gering
Acker - Strukturiertheit (Schlaggröße)	überwiegend mittel
Biotopanteil Streuobst	überwiegend gering

Landschaftsbild und Erholungsnutzung (Quelle: Naturraumsteckbriefe Nr. 155, Stat. Landesamt)

Landschaftliche Vielfalt	90 % hoch
Landschaftliche Eigenart	53 % hoch
Anteil zur Erholungsnutzung geeigneter Landschaftsfläche an der verfügbaren Landschaftsfläche	überwiegend hoch
Potentielle Aufenthaltsdichte der Ferien- und Kurbevölkerung	überwiegend hoch
Potentielle Aufenthaltsdichte der Binnennachfrage im Naturraum	überwiegend gering
Anzahl Übernachtungen (1984 / 2004)	77.842 / 85.551 / 89.183
Anzahl Beherbergungsbetriebe (1984 / 2004)	34 / 31 / 29

Steckbrief Hechingen

Ökologische Standortseignung (Quelle: Weller 1990)

Teillandschaft / Standortkomplexe	Westliche Voralb / Balingen-Hechinger Voralb
Hangneigung	0-35 %
Bodenart	steinig-kiesig, Lehm - toniger Lehm – Ton
Gründigkeit	flach- bis tiefgründig
Wärme	kühl -mäßig kühl
Wasser-Luft-Haushalt des Bodens	mäßig frisch bis frisch bis wechselfrisch
Natürliche Nährkraft des Bodens	mittelgering bis mittelgroß
Kalkgehalt und Azidität	neutral - kalkreich
Anbaueignung für ...	
Obstbau	sehr schlecht bis mäßig
Ackerland	ungeeignet bis mäßig
Grünland	schlecht bis gut

Entwicklung der Agrarstruktur (Quelle: Statistisches Landesamt)

Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF in ha, 1979 / 2003)	2664 / 2637 / 2483
Durchschnittliche Betriebsgröße (in ha LF, 1979 / 2003)	13 / 36 / 44
Anteil Haupterwerbsbetriebe (in %, 1979 / 2003)	19,2 / 16,4 / 21,6
Hauptnutzungsarten (in % der LF, 1979 / 2003)	
Ackerland	28,3 / 33,1 / 35,7
Dauergrünland	71,3 / 66,1 / 63,8
Viehzahlen, Besatzdichte (Rinder, Schafe, Pferde, 1979 / 2003 / 2007)	
Rinderbestand insgesamt; Rinder je Halter	2642 / 1862 / 1969; 28 / 78 / 86
darunter Milchkühe; Milchkühe je Halter	943 / 509 / 482; 12 / 46 / 48
Schafbestand insgesamt; Schafe je Halter	690 / 1160 / 113; 58 / 129 / 11
Pferdebestand insgesamt; Pferde je Halter	36 / 105 / 161; 3 / 6 / 8

Bewaldungsanteil (Quelle: Forststatistiken; Statistisches Landesamt)

Bewaldungsprozent (1965 / 2005)	37	39,2
---------------------------------	----	------

Umweltschutz / Arten und Biotope (Quelle: Naturraumsteckbriefe Nr. 100 Südwestliches Albvorland)

Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet der	überwiegend mittel
--	--------------------

Fließgewässer	
Gewässerbelastung (1993-97)	mäßig belastet
Stickstoffaustragsgefahr aus den lw. genutzten Böden aufgrund des Kulturartenspektrums (1993)	94 % mittel
Flächengewichteter Bodenabtrag auf Ackerflächen	überwiegend gering
Acker - Gehölzausstattung	überwiegend mittel
Acker - Strukturiertheit (Schlaggröße)	überwiegend mittel
Biotopanteil Streuobst	überwiegend mittel

Landschaftsbild und Erholungsnutzung (Quelle: Naturraumsteckbriefe Nr. 100, Stat. Landesamt)

Landschaftliche Vielfalt	66 % hoch
Landschaftliche Eigenart	51 % gering
Anteil zur Erholungsnutzung geeigneter Landschaftsfläche an der verfügbaren Landschaftsfläche	überwiegend hoch
Potentielle Aufenthaltsdichte der Ferien- und Kurbevölkerung	überwiegend gering
Potentielle Aufenthaltsdichte der Binnennachfrage im Naturraum	überwiegend mittel
Anzahl Übernachtungen (1984 / 2004)	16.496 / 30.267 / 36.304
Anzahl Beherbergungsbetriebe (1984 / 2004)	9 / 10 / 14

Steckbrief Argenbühl

Ökologische Standortseignung (Quelle: Weller 1990)

Teillandschaft / Standortkomplexe	Westallgäuer Jungmoränehügelland / Amtzell-Deuchelrieder Hügelland, Isny-Wolfegger Moor- und Hügelland, Eglofs-Gießener Täler
Hangneigung	0-35 %
Bodenart	sandiger Lehm, steiniger Lehm, steiniger Sand, Moor
Gründigkeit	mittel- bis tiefgründig
Wärme	mäßig kalt bis mäßig kühl
Wasser-Luft-Haushalt des Bodens	frisch, wechselfrisch, feucht bis sehr feucht
Natürliche Nährkraft des Bodens	gering, mittel bis groß
Kalkgehalt und Azidität	sauer bis neutral, neutral bis kalkreich
Anbaueignung für ...	
Obstbau	mäßig bis schlecht
Ackerland	mäßig bis schlecht
Grünland	schlecht bis sehr gut geeignet

Entwicklung der Agrarstruktur (Quelle: Statistisches Landesamt)

Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF in ha, 1979 / 2003)	5139 / 5085 / 4954
Durchschnittliche Betriebsgröße (in ha LF, 1979 / 2003)	14 / 23 / 26
Anteil Hauptidealbetriebe (in %, 1979 / 2003)	81,2 / 67,6 / 68,1
Hauptnutzungsarten (in % der LF, 1979 / 2003)	
Ackerland	0,2 / 0,9 / 2,6
Dauergrünland	99,7 / 99,1 / 97,4
Viehzahlen, Besatzdichte (Rinder, Schafe, Pferde, 1979 / 2003 / 2007)	
Rinderbestand insgesamt; Rinder je Halter	11.498 / 9.986 / 9.241; 31 / 50 / 54
darunter Milchkühe; Milchkühe je Halter	7.109 / 5.742 5.323/ ; 20 / 32 / 36
Schafbestand insgesamt; Schafe je Halter	5 / 80 / 93; 2 / 13 / 16
Pferdebestand insgesamt; Pferde je Halter	76 / 171 / 138; 2 / 4 / 5

Bewaldungsanteil (Quelle: Forststatistiken; Statistisches Landesamt)

Bewaldungsprozent (1965 / 2005)	21	24,6
---------------------------------	----	------

Umweltschutz / Arten und Biotope (Quelle: Naturraumsteckbriefe Nr. 33 Westallgäuer Hügelland)

Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet der Fließgewässer	überwiegend mittel
Gewässerbelastung (1993-97)	überwiegend gering
Stickstoffaustragsgefahr aus den lw genutzten Böden aufgrund des Kulturartenspektrums (1993)	95 % mittel
Flächengewichteter Bodenabtrag auf Ackerflächen	überwiegend mittel
Acker – Gehölzausstattung / Strukturiertheit (Schlaggröße)	k.A., weil geringer Ackeranteil
Biotopanteil Streuobst	überwiegend mittel

Landschaftsbild und Erholungsnutzung (Quelle: Naturraumsteckbriefe Nr. 33, Stat. Landesamt)

Landschaftliche Vielfalt	72 % hoch
Landschaftliche Eigenart	38 % gering, 31 % mittel, 31 % hoch
Anteil zur Erholungsnutzung geeigneter Landschaftsfläche an der verfügbaren Landschaftsfläche	überwiegend hoch
Potentielle Aufenthaltsdichte der Ferien- und Kurbevölkerung	überwiegend hoch
Potentielle Aufenthaltsdichte der Binnennachfrage im Naturraum	überwiegend gering
Anzahl Übernachtungen (1984 / 2004 / 2007)	63.830 / 63.847 / 88.736
Anzahl Beherbergungsbetriebe (1984 / 2004 / 2007)	11 / 5 / 6

Steckbrief Kirchart**Ökologische Standortseignung** (Quelle: Weller 1990)

Teillandschaft / Standortkomplexe	Kraichgau / Sinsheim-Wimpfener Lößhügelland, Sinsheim-Neckarbischofsheimer Muschelkalkhügelland
Hangneigung	0-35 %
Bodenart	schluffiger Feinsand, schluffiger Lehm; steiniger Lehm, toniger Lehm, Feinlehm
Gründigkeit	flachgründig bis sehr tiefgründig
Wärme	mäßig warm bis warm
Wasser-Luft-Haushalt des Bodens	mäßig trocken bis mäßig frisch
Natürliche Nährkraft des Bodens	mittel bis gering / groß bis sehr groß
Kalkgehalt und Azidität	neutral bis kalkreich
Anbaueignung für ...	
Obstbau	mäßig bis sehr gut
Ackerland	schlecht bis sehr gut
Grünland	schlecht bis gut

Entwicklung der Agrarstruktur (Quelle: Statistisches Landesamt)

Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF in ha, 1979 / 2003 / 2007)	1501 / 1870 / 2729
Durchschnittliche Betriebsgröße (in ha LF, 1979 / 2003 / 2007)	24 / 62 / 94
Anteil Haupterwerbsbetriebe (in %, 1979 / 2003 / 2007)	55,7 / 50,0 / 37,0
Hauptnutzungsarten (in % der LF, 1979 / 2003 / 2007)	
Ackerland	95,6 / 97,1 / 96,9
Dauergrünland	4,2 / 2,6 / 2,8
Viehzahlen, Besatzdichte (Rinder, Schafe, Pferde, 1979 / 2003 / 2007)	
Rinderbestand insgesamt; Rinder je Halter	996 / 124 / 77; 32 / 31 / 19
darunter Milchkühe; Milchkühe je Halter	347 / 0 / 0; 12 / 0 / 0
Schafbestand insgesamt; Schafe je Halter	0
Pferdebestand insgesamt; Pferde je Halter	7 / 8 / 17; 1 / 2 / 3

Bewaldungsanteil (Quelle: Forststatistiken; Statistisches Landesamt)

Bewaldungsprozent (1988 / 2004)	16,0	15,9
---------------------------------	------	------

Umweltschutz / Arten und Biotope (Quelle: Naturraumsteckbriefe Nr. 125 Kraichgau)

Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet der Fließgewässer	überwiegend mittel
Gewässerbelastung (1993-97)	mäßig belastet
Stickstoffaustragsgefahr aus den lw. genutzten Böden aufgrund des Kulturartenspektrums (1993)	60 % mittel, 40 % hoch
Flächengewichteter Bodenabtrag auf Ackerflächen	überwiegend mittel
Acker - Gehölzausstattung	überwiegend mittel
Acker - Strukturiertheit (Schlaggröße)	überwiegend mittel
Biotopanteil Streuobst	überwiegend hoch

Landschaftsbild und Erholungsnutzung (Quelle: Naturraumsteckbriefe Nr. 125, Stat. Landesamt)

Landschaftliche Vielfalt	46 % mittel, 37 % hoch, 17 % gering
Landschaftliche Eigenart	53 % gering, 28 % mittel, 19 % hoch
Anteil zur Erholungsnutzung geeigneter Landschaftsfläche an der verfügbaren Landschaftsfläche	überwiegend mittel
Potentielle Aufenthaltsdichte der Ferien- und Kurbevölkerung	überwiegend mittel
Potentielle Aufenthaltsdichte der Binnennachfrage im Naturraum	überwiegend mittel
Anzahl Übernachtungen (1984 / 2004)	k.A.
Anzahl Beherbergungsbetriebe (1984 / 2004)	k.A.

1.3. Zielgebiete für Agroforstsysteme in Mecklenburg-Vorpommern⁹**1.3.1. Anpassung der Kriterien zur Zielgebietsauswahl an die Verhältnisse in Mecklenburg-Vorpommern**

Gebiete mit landwirtschaftlich geringproduktiven Böden (Standortungunst) sind in Mecklenburg-Vorpommern in großem Umfang vorhanden (Vietinghoff 2000)¹⁰. Ertragschwache Ackerstandorte zeichnen sich durch ein geringes Nährstoff- und Wasserbindungsvermögen aus (so genannte „Roggenzwangsstandorte“). Nach der MMK-Standorttypenkartierung umfassen die ackerbaulich genutzten Grenzstandorte in Mecklenburg-Vorpommern etwa 550.000 ha (Ratzke & Mohr 2005)¹¹. Diese Flächen kommen potenziell für Agroforstsysteme in Frage. Ein Teil ist allerdings für die Produktion von furniertauglichem Stammholz von nachrangiger Bedeutung.

Grünland befindet sich in Mecklenburg-Vorpommern überwiegend auf Niedermooren, deren Bewirtschaftung aus ökologischer (Ressourcenschutz, Klimarelevanz usw.) und ökonomischer Sicht (mangelnde Rentabilität) problematisch ist. Agroforstsysteme mit Erle können nur auf wiedervernässten Niedermoorstandorten etabliert werden, gegebenenfalls in Verbindung mit der Gewinnung von Energiebiomasse. Wegen der besonderen Bewirtschaftungsbedingungen, die an eine nachhaltige Nutzung beim Niedermoorgrünland gefordert werden,

⁹ Ergebnisse aus: A. Schäfer 2006: Landschaftsanalyse Mecklenburg-Vorpommern. Unveröffentlichter Bericht, Greifswald, 31 S.

¹⁰ J. Vietinghoff 2000: Perspektive der landwirtschaftlichen Nutzung auf Grenzstandorten. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei, Schwerin

¹¹ U. Ratzke, H.-J. Mohr 2005: Böden in Mecklenburg-Vorpommern : Abriss ihrer Entstehung, Verbreitung und Nutzung. 2. Auflage. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow

kommen für Agroforstsysteme vor allem flachgründige Niedermoorflächen (< 1,2 m Moormächtigkeit) in Frage. In Mecklenburg-Vorpommern beträgt deren Flächenpotenzial etwa 46.000 ha (Schäfer & Joosten 2005)¹².)

Die Aufgabe landwirtschaftlicher Nutzung in Hanglagen ist aufgrund der topographischen Verhältnisse in Mecklenburg-Vorpommern nur in geringem Umfang gegeben, die ackerbau-liche Bewirtschaftung der betroffenen Flächen ist jedoch wegen Wassererosionsgefährdung problematisch (Frielinghaus et al. 2002)¹³.

Von Aufforstungs- und Bewaldungsdruck kann in Mecklenburg-Vorpommern bei einem Waldanteil von 22 % nicht gesprochen werden, im Gegenteil: Ein erklärtes forstpolitisches Ziel der Landesregierung besteht in einer deutlichen Erhöhung des Waldanteils auf den bundesdeutschen Durchschnitt von 30 %.

Ausgeräumte Ackerbaugebiete sind aufgrund der Komplexmeliorationen in sehr großem Umfang und nahezu flächendeckend vorhanden, damit einher gehen eine geringe Konnektivität und reizarme Landschaften.



Abb. C 1.6, 1.7: Ausgeräumte Ackerflächen in Mecklenburg-Vorpommern; Gehölze rund um einen Soll (T. Reeg)

1.3.2. Zusätzliche Entscheidungskriterien

- **Landnutzungsänderungen** wie Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung, Einstieg in Biomasseproduktion, weitere Nutzungsaufgabe vorrangig auf ertragsschwachen Ackerstandorten und Grünland (ökonomische Grenzstandorte, jedoch nur eingeschränkt beziehungsweise mit Bedingungen für Agroforstsysteme mit Wertholz interessant)
- Möglichkeiten von Agroforstsystemen auf **Gunststandorten**: Schlaggrößenoptimierung, indem durch eine Baumpflanzung z. B. in kleinen Zöpfeln die Form der landwirtschaftlichen Nutzfläche für die maschinelle Befahrung optimiert wird; Einbeziehung landschaftsökologischer Anforderungen, die über die gute fachliche Praxis hinausgehen, z. B. durch verbesserten Erosionsschutz oder Biotopverbund; gute Voraussetzungen für Wertholzproduktion
- **Landschaftsökologische Kriterien**: Agroforstsysteme als Strukturelement in ausgeräumten Ackerlandschaften, als extensiv genutzte Pufferzone um Schutzgebiete

¹² A. Schäfer, H. Joosten 2005: Erlenaufforstung auf wiedervernässten Niedermooren. ALNUS-Leitfaden, Greifswald, 68 S.

¹³ M. Frielinghaus et al. 2002: Bodenerosion. 2. überarbeitete Auflage. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow

beziehungsweise Landschaftselemente (Sölle); Schutz vor Wind- und Wassererosion (hoher Anteil gefährdeter Flächen) und vor Nährstoffeinträgen in angrenzende Ökosysteme (Sölle, Fließ- und Stillgewässer sowie in die Ostsee)

- Mecklenburg-Vorpommern mit seinem hohen Anteil windoffener Agrarlandschaften gehört zu den am meisten von **Winderosion** gefährdeten Regionen im norddeutschen Tiefland. Durch Zunahme der Nutzungsintensität hat die Bodenerosion beträchtliche Ausmaße angenommen. Die Bodenverluste betragen zwischen 0,01 und 121 t je ha und Jahr; insgesamt beträgt der mittlere Bodenabtrag in Mecklenburg-Vorpommern etwa 70 Mio. t pro Jahr (nach Frielinghaus et al. 2002). Die Erosionsgefährdung durch Wind betrifft mehr als die Hälfte der ackerbaulich genutzten Böden in Talsand- und Sander-Gebieten in Südwest-Mecklenburg und die übersandeten Grundmoränen (Dann & Ratzke 2004). Der Verlust des fruchtbaren Oberbodens, der zu irreversiblen Beeinträchtigungen führt, bewirkt eine Verringerung der Bodenfruchtbarkeit sowie eine Eutrophierung von angrenzenden aquatischen Ökosystemen (Sölle, Fließ- und Binnengewässer sowie die Ostsee) infolge diffuser Stoffeinträge. In ausgeräumten Ackerbaugebieten können Agroforstsysteme einen Beitrag zur Reduzierung von Wind- und Wassererosion leisten.

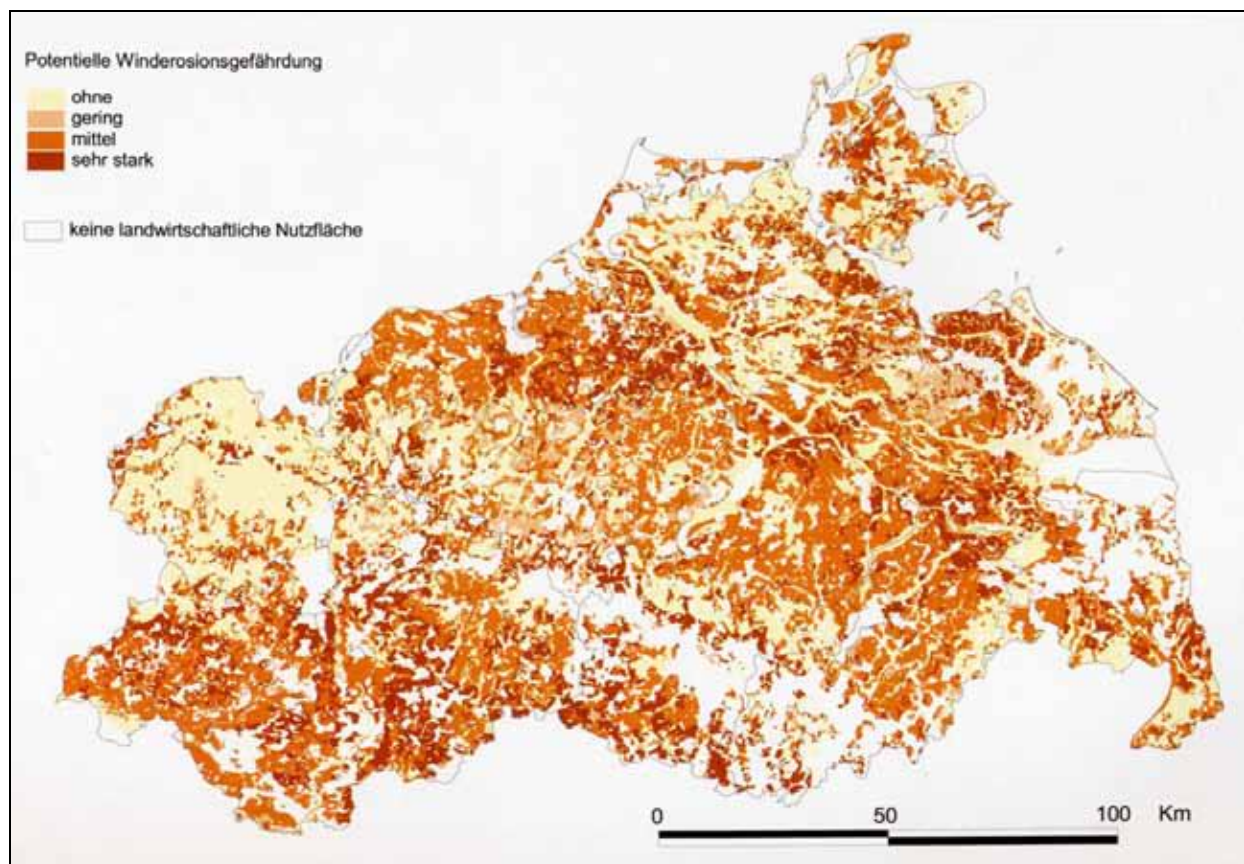


Abb. C 1.8: Potenzielle Winderosionsgefährdung auf landwirtschaftlich genutzten Standorten in Mecklenburg-Vorpommern (Frielinghaus et al. 2002)

- **Erholung und Tourismus / Landschaftsbild:** Landwirtschaft und Tourismus haben im strukturschwachen Mecklenburg-Vorpommern eine relativ hohe Bedeutung. In den flächenhaft vorhandenen ausgeräumten Ackerlandschaften kann durch Agroforstsysteme eine Aufwertung des Landschaftsbildes erfolgen, v. a. in Gebieten, die direkt an touristisch stark frequentierte Orte angrenzen.

1.3.3. Definition von Zielgebieten für Agroforstsysteme

Zur Identifizierung von Zielgebieten in Mecklenburg-Vorpommern mit theoretisch guter Eignung für die Etablierung von Agroforstsystemen können folgende Kriterien dienen:

Kriterium	Ausprägung / Einzelkriterien
Bedeutung der Erholungsnutzung	Bedeutung des Tourismus naturräumliche Eignung für das Natur- und Landschaftserleben Erschließung durch Rad- und Wanderwege Voraussetzungen zur Förderung natur- und landschaftsverträglicher Erholungsnutzungen Anreicherung großer strukturarmer Agrarflächen in reizvoller Umgebung
Bewaldungsprozent	unterdurchschnittliches Bewaldungsprozent
Agrarstruktur	Möglichkeiten für Schlaggrößenoptimierung, z. B. rund um kleinere Fließ- und Standgewässer
Voraussetzungen für Wertholzproduktion	ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung auch für anspruchsvollere Baumarten
Erosionsgefährdung	hohe Gefahr der Wind- oder Wassererosion
Bäume als Pufferzone	Schutzgebiete bzw. schützenswerte Biotope in unmittelbarer Nähe von intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen

Abgrenzung von Ausschlussräumen aus naturschutzfachlichen Gründen

Abhängig vom jeweiligen Schutzzweck können in bestimmten Schutzgebieten keine Agroforstsysteme etabliert werden, v. a. bei strengen Schutzgebietskategorien wie Naturschutzgebieten oder Nationalparks. In Schutzgebieten und gebietsbezogenen Prädikaten auf der Basis nationaler und internationaler Rechtsgrundlagen (bundesweit angestrebter Biotopverbund nach Bundesnaturschutzgesetz § 3, FFH-Richtlinie, Vogelschutzrichtlinie sowie weitere internationale Richtlinien und Übereinkommen) ist grundsätzlich nach naturschutzfachlichen Kriterien zu prüfen, inwieweit eine Verträglichkeit mit Agroforstsystemen gegeben ist und ob durch eine agroforstliche Nutzung wertvolle Lebensräume der Offenlandschaft in ihrer Funktion beeinträchtigt oder zerstört werden. In Bereichen mit einer sehr hohen Bedeutung als Rastplatz für Vögel soll die Anlage von Agroforstsystemen generell unterbleiben; in Bereichen mit einer hohen Bedeutung kann die Etablierung nur dann erfolgen, wenn die Rastplatzfunktion gewahrt wird.

Fazit für Mecklenburg-Vorpommern

Im Laufe der Untersuchungen hat sich gezeigt, dass in Mecklenburg-Vorpommern aufgrund der natürlichen und agrarstrukturellen Charakteristika (ausgeräumte Landschaften, große Betriebseinheiten, Erosionsprobleme etc.) ein großes Potenzial für Agroforstsysteme besteht. Gerade unter diesen Bedingungen wären eine detaillierte Ausarbeitung des Aspektes Grünlandnutzung in Agroforstsystemen auf wiedervernässten Niedermoorstandorten sowie die Entwicklung spezieller auf Mecklenburg-Vorpommern angepasster Systeme (z. B. großflächige Kombination von Baumbiomasse, Wertholz und Ackerbau) interessant.

C 2. Befragung von Stakeholdern

2.1. Methode und Vorgehen

Die für das Projekt entscheidenden Stakeholder aus den Bereichen Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Naturschutz waren seit Beginn des Projektes in die Projektarbeit eingebunden: Einmal jährlich fand sowohl in Baden-Württemberg als auch in Mecklenburg-Vorpommern ein Stakeholder-Workshop hauptsächlich mit Vertretern von Ministerien, Landesanstalten, Verbänden und Forschungsinstitutionen statt. Darüber hinaus wurde je ein Workshop in jeder der vier Beispielgemeinden in Baden-Württemberg organisiert, zusätzlich aufgrund des großen Interesses einer in Donzdorf. An diesen Workshops nahmen – als Interessensvertreter in den konkreten Gebieten – die beteiligten Behörden (Landwirtschafts-, Umwelt- und Forstamt) sowie Naturschutzbeauftragte und Vertreter von Gemeinden, vor Ort tätigen Bauernverbänden und Regionalverbänden teil.

Alle Veranstaltungen waren geprägt von großem Interesse und vielen anregenden Diskussionsbeiträgen. Alle wichtigen Stakeholder konnten zu Wort kommen und nutzten diese Möglichkeit auch. Über jede dieser Veranstaltungen wurde ein ausführliches Protokoll verfasst. Auf der Grundlage dieser Protokolle wurde ein Fragebogen (siehe Anhang) erarbeitet, der alle im Rahmen der Workshops angesprochenen und diskutierten Aspekte aufgreift.

Im Fragebogen wurden hauptsächlich geschlossene Fragen formuliert, so dass auf den Workshops aufgegriffene Themen und geäußerte Ansichten noch einmal quantifiziert werden konnten. Außerdem war die Bearbeitungszeit für die Teilnehmer auf diese Art auf ein Minimum beschränkt. Dies, zusammen mit der Tatsache, dass die Befragten alle das Projekt persönlich kannten, sollte zu einer hohen Beteiligung an der Befragung führen.

Im Mai 2007 wurde der Fragebogen per E-Mail an alle Teilnehmenden der genannten Veranstaltungen (ca. 100 Personen) verschickt. Im Anhang war der Fragebogen einmal als Excel-Datei zur Bearbeitung direkt am Bildschirm und einmal als Word-Datei zum Ausdrucken und Schicken per Fax oder Post. Personen, von denen keine E-Mail-Adresse vorlag, bekamen den ausgedruckten Fragebogen zusammen mit einem frankierten Rückumschlag direkt per Post. Einige Teilnehmer der ersten Veranstaltungen hatten ihre Institutionen inzwischen verlassen und waren somit nicht mehr erreichbar.

Um Rücksendung wurde innerhalb von drei Wochen gebeten. Eine Woche nach Ablauf der Frist trafen, als Reaktion auf eine schriftliche Erinnerung, noch einmal etliche Antworten ein.

Zur Beantwortung wurden folgende Beobachtungen gemacht:

- Die Excel-Datei wurde gerne angenommen, vor allem von „schnell Entschlossenen“: 18 der ersten 20 Antworten kamen im Excel-Format. Ein Nachteil lag darin, dass einige der Teilnehmenden nicht bemerkten, dass die Fragen über mehrere Tabellenblätter verteilt waren; auch die untere Frage auf dem jeweiligen Tabellenblatt wurde z. T. übersehen und erst nach Rückfrage beantwortet.
- Das Versenden des Bogens in zwei verschiedenen Dateiformaten (Word und Excel) führte in einigen Fällen zu Verwirrung; Probleme mit dem Format gab es auch, wenn Befragte die Excel-Bögen ausdrückten. Insgesamt verlief die Befragung jedoch sehr positiv.

Von den 96 versandten und bei den Adressaten angekommenen Fragebögen wurden insgesamt 66 beantwortet zurückgeschickt, davon 35 per Mail und 31 per Fax oder Post. Zwei der ausgefüllten Bögen waren nicht verwertbar. Von den antwortenden Personen stammten 25 aus dem Bereich Landwirtschaft, 15 aus der Forstwirtschaft, 14 aus dem Naturschutz und 9 waren nicht eindeutig einem der drei Themengebiete zuzuordnen. Bei Letzteren handelte es sich z. B. um Personen aus der Landschaftsplanung und Regionalentwicklung, um Landwirte, die auch Wald besitzen, oder um Vertreter der Gemeinden. Die Beteiligung in Baden-Württemberg, wohin engere Kontakte bestehen, war reger als die in Mecklenburg-Vorpommern. Da außerdem in Baden-Württemberg nicht nur die jährlichen Stakeholder-Veranstaltungen stattfanden, sondern zusätzlich die lokalen Workshops in den vier ausgewählten Beispielgebieten, standen in diesem Bundesland mehr zu befragende Personen zur Verfügung.

Die Ergebnisse der Befragung wurden erfasst und v. a. quantitativ ausgewertet. Da 64 eine sehr kleine Grundgesamtheit darstellt, waren statistische Auswertungen nur eingeschränkt sinnvoll. Entsprechende Auswertungen mit SPSS wurden probeweise gemacht. Ansonsten wurden Kreuzvergleiche angestellt, wo interessante Zusammenhänge vermutet wurden, oder verschiedene Antworten der gleichen Person zueinander in Verbindung gesetzt. Auf diese Art wurde z. B. untersucht, ob im Naturschutz bzw. in der Landwirtschaft tätige Personen unterschiedliche Ansichten zum Themenbereich Naturschutz in der Agrarlandschaft haben oder welche Bedeutung Personen, die ökonomische Vorteile als sehr wichtig einschätzen, ökologischen Aspekten beimessen. Aufgrund der geringen Anzahl der Befragten sind solche Auswertungen jedoch in den meisten Fällen nur bedingt aussagekräftig.

2.2. Ergebnisse¹⁴

2.2.1. Gute oder schlechte Standorte zur Etablierung von Agroforstsystemen?

In jeder Diskussion um die Etablierung von Agroforstsystemen ist die Frage des Standorts ein zentraler Aspekt (siehe Abschnitt C 1.1.2.). Da absolut gesehen der Verlust in der landwirtschaftlichen Produktion auf schlechteren Standorten geringer ist, ist die Bereitschaft, auf diesen Bäume zu pflanzen, prinzipiell höher. Bei einer Umfrage unter Ökolandwirten in Baden-Württemberg beispielsweise gaben 15 der 19 befragten Landwirte an, dass sie Agroforstsysteme bevorzugt auf schlechten Standorten anlegen würden, nur drei dagegen würden die besten Standorte wählen (Zipperer 2007)¹⁵.

In der Befragung zeichnet sich bei vielen Fragen nach dem geeigneten Standort ein hoher Anteil – über 10% – an Nichtbeantwortung ab. Dies spiegelt die Probleme wider, denen auch die Forschung sich gegenüber sieht: Agroforstsysteme weisen eine große Variabilität in Bezug auf Baumarten, Pflanzdesign und landwirtschaftliche Kultur auf, so dass verschiedene Systemvarianten differenziert bewertet werden müssen. Auch die Interaktionen innerhalb eines Agroforstsystems sind sehr vielfältig und je nach Boden, Klima, Wasserversorgung etc. sehr unterschiedlich (siehe Abschnitt A 2.6.1.).

¹⁴ Auszüge aus: T. Reeg 2007: Agroforstsysteme als interessante Landnutzungsalternative? Entscheidungsfaktoren für Landnutzer. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung 6: 53-68

¹⁵ S. Zipperer 2007: *Assessment of the economical and ecological potential of agroforestry systems for organic farms in Baden-Württemberg*. Diplomarbeit, Inst. für Pflanzenbau u. Grünland, Universität Hohenheim, 91 S.

Die größte Einigkeit unter den Befragten besteht hinsichtlich eines möglichen Erosionsschutzes: Fast 80 % der Befragten glauben, dass Agroforstsysteme Erosion einschränken können. Dies ist ein weit verbreiteter Ansatz in vielen Ländern, in denen Agroforstsysteme oft gezielt zur Bekämpfung sowohl von Wind- als auch Wassererosion eingesetzt werden.

Relativ deutlich ist das positive Votum der Befragten – knapp 60 % „sinnvoll“ bzw. „sehr sinnvoll“ – auch für Agroforstsysteme auf steilen Flächen. Auch diese Einschätzung ist nicht überraschend, da es aus Landnutzungssicht sinnvoll ist, Bäume dort zu pflanzen, wo die Voraussetzungen für die landwirtschaftliche Produktion am ungünstigsten sind.

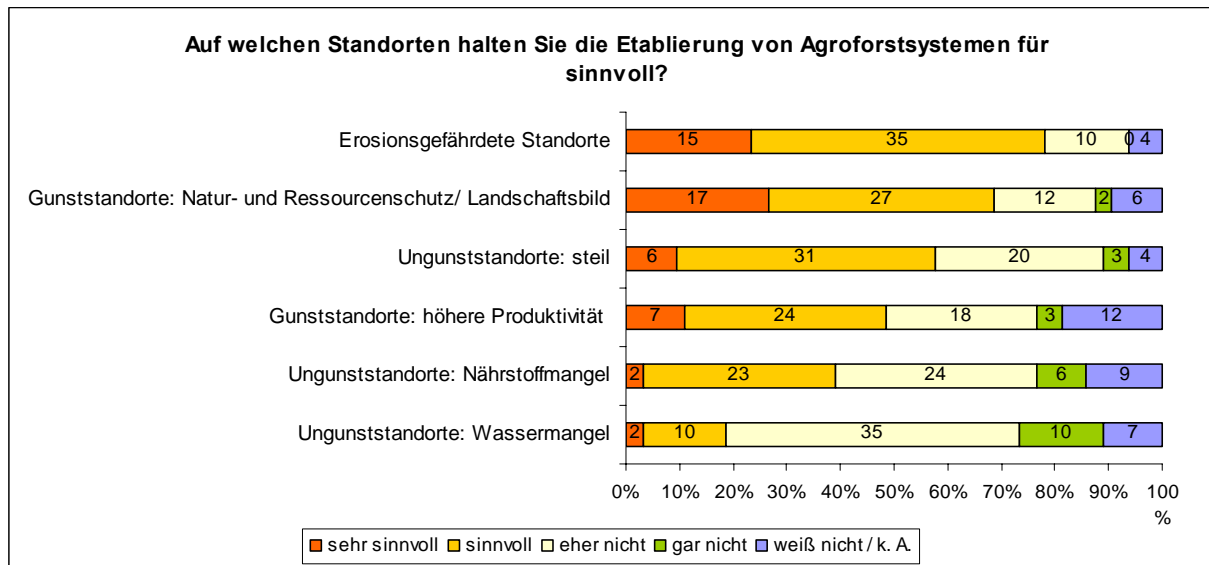


Abb. C 2. 1: Ergebnisse der Stakeholder-Befragung, Teile der Antworten zu Fragen 1 und 2; n=64

Auf Gunststandorten ist die Bewertung schwieriger, und so stimmen 40 % der Befragten sowohl Argumenten, die gegen Agroforstsysteme auf diesen Standorten sprechen, als auch solchen, die dafür sprechen, zu. Sehr viel Zustimmung findet beispielsweise die Aussage, Agroforstsysteme auf guten Standorten seien sinnvoll, da „auf intensiv genutzten Flächen AFS aufgrund ihrer möglichen Beiträge zum Natur- und Ressourcenschutz sowie für das Landschaftsbild besonders wichtig sind.“ In dem Fall steht nicht der Bewirtschafter mit seinen Interessen im Vordergrund, sondern die Leistungen, die für Umwelt und Gesellschaft erbracht werden können. Dieser Aussage stimmen 12 von 15 Vertretern der Forstwirtschaft, jedoch nur 13 von 25 Vertretern der Landwirtschaft zu. Die Gegenargumente „auf guten Standorten ist die Nutzungskonkurrenz zu groß“ und „Bäume stören eine maschinelle Bearbeitung der Fläche in jedem Fall“ halten 42 % bzw. 38 % der Befragten für (sehr) zutreffend.

2.2.2. Betriebliche Strukturen als Entscheidungsfaktor

Die Frage, in welche Art von Betrieben Agroforstsysteme am besten passen, wird in der Befragung nicht eindeutig beantwortet; bei allen Antwortmöglichkeiten gibt es mit über 14% viele Enthaltungen. Am positivsten werden „neuartige Betriebsformen wie Landschaftspflegeverbände oder Gemeinschaftsweiden“ eingeschätzt. Dies kann darauf hindeuten, dass es als einfacher erachtet wird, eine neue Nutzungsart parallel mit passenden Betriebsstrukturen zu etablieren, anstatt sie in bestehende betriebliche Strukturen zu integrieren. „Kleine Neben-erwerbsbetriebe“ und „große Betriebe“ werden fast gleich bewertet.

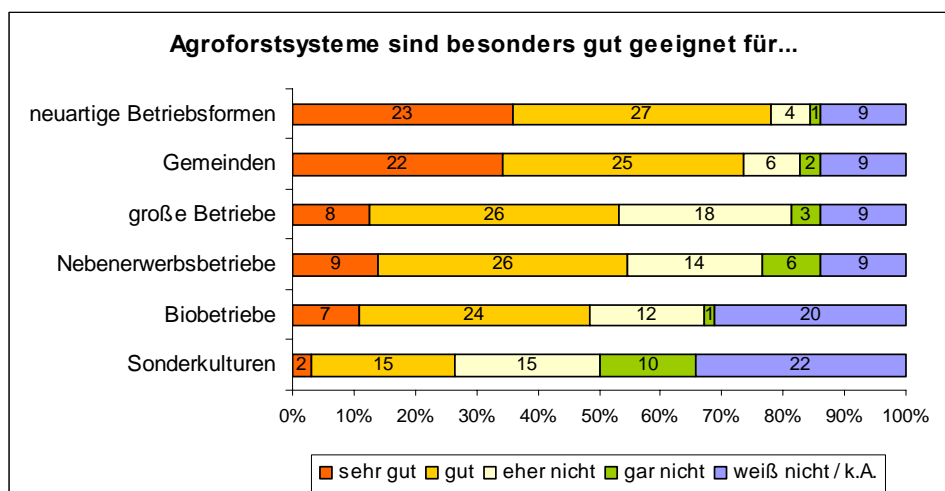


Abb. C 2.2: Ergebnisse der Stakeholder-Befragung, Frage 4; n=64

Grundsätzlich kann ein Agroforstsystem zu jeder Art von landwirtschaftlichem Betrieb passen. Untersuchungen aus verschiedenen Ländern zeigen, dass prinzipiell eher jüngere Landwirte mit größeren Höfen, ausreichend Kapital und ausreichend Fläche bereit sind, etwas Neues auszuprobieren (siehe z. B. Current et al. 1995)¹⁶. Andererseits können Bäume, die neben Holz noch weitere Produkte bieten, zu einer gerade für kleinere Betriebe interessanten Diversifizierung führen. Ist ein Landwirt wiederum von den Einnahmen seines Betriebes nicht abhängig, weil er eine andere Einkommensquelle hat, fühlt er sich eventuell freier, als Hobby ein Agroforstsystem anzulegen. Auch Aspekte wie eine gute Ausbildung oder die Existenz eines Hofnachfolgers beeinflussen die Entscheidung für eine Investition positiv. Wichtig bei der Abwägung für oder gegen ein Agroforstsystem ist auch die Vertrautheit des Landnutzers mit Bäumen und „forstwirtschaftlichem Denken“. Hat der Landwirt selber wertvolle Bäume genutzt, die von seinen Vorfahren gepflanzt wurden, ist die Bereitschaft zu einer erneuten langfristigen Investition in Wertholz bedeutend höher (Mary et al. 1999)¹⁷.

2.2.3. Funktionen von Agroforstsystemen

Kaum einer der Befragten traut Agroforstsystemen eine Verbesserung der Nährstoffbilanz zu. Dies sehen Experten anders (siehe Abschnitt A 2.6.1.). Allerdings ist für eine solche Einschätzung weiteres Wissen über die Wechselwirkungen zwischen land- und forstwirtschaftlicher Komponente notwendig.

Der Beitrag zur Holzversorgung wird von den Befragten im Vergleich zu anderen Aspekten als eher nebensächlich erachtet, ebenso die Möglichkeit, mit Agroforstsystemen einen Ersatz für Wald zu schaffen. Dies macht die unterschiedliche Situation in Deutschland und v.a. Entwicklungsländern deutlich: Dort spielen Agroforstsysteme als Produktionsort sowohl von Brenn- und Nutzholz als auch von anderen Baumprodukten eine wichtige Rolle.

Positive Beiträge zum Naturschutz halten knapp 80 % der Befragten für gut oder sehr gut vorstellbar. Eine ästhetische Aufwertung durch die Integration von Bäumen in die Offenland-

¹⁶ D. Current, E. Lutz, S. Scherr 1995: The costs and benefits of agroforestry to farmers. *The World Bank Research Observer* 10 (2): 151-180

¹⁷ F. Mary, C. Dupraz, E. Delannoy, F. Liagre 1999: Incorporating agroforestry practices in the management of walnut plantations in Dauphiné, France: an analysis of farmer's motivation. *Agroforestry Systems* 43: 243-256

schaft erwartet die große Mehrheit der Befragten. Dies entspricht der bekannten Einschätzung, dass Menschen vielfältige, durch Gehölzstrukturen gegliederte Landschaften als schön empfinden (siehe Abschnitt C 5.1). Bedenken, dass die Landschaft durch Wertholzbäume negativ beeinflusst werden könnte, bestehen offensichtlich kaum.

Eine auch auf besseren Standorten interessante Möglichkeit ist die Optimierung der Form landwirtschaftlicher Schläge, indem ungünstig geschnittene, kleine Teilflächen (z. B. „Zipfel“ am Rande) für eine Baumpflanzung genutzt werden.

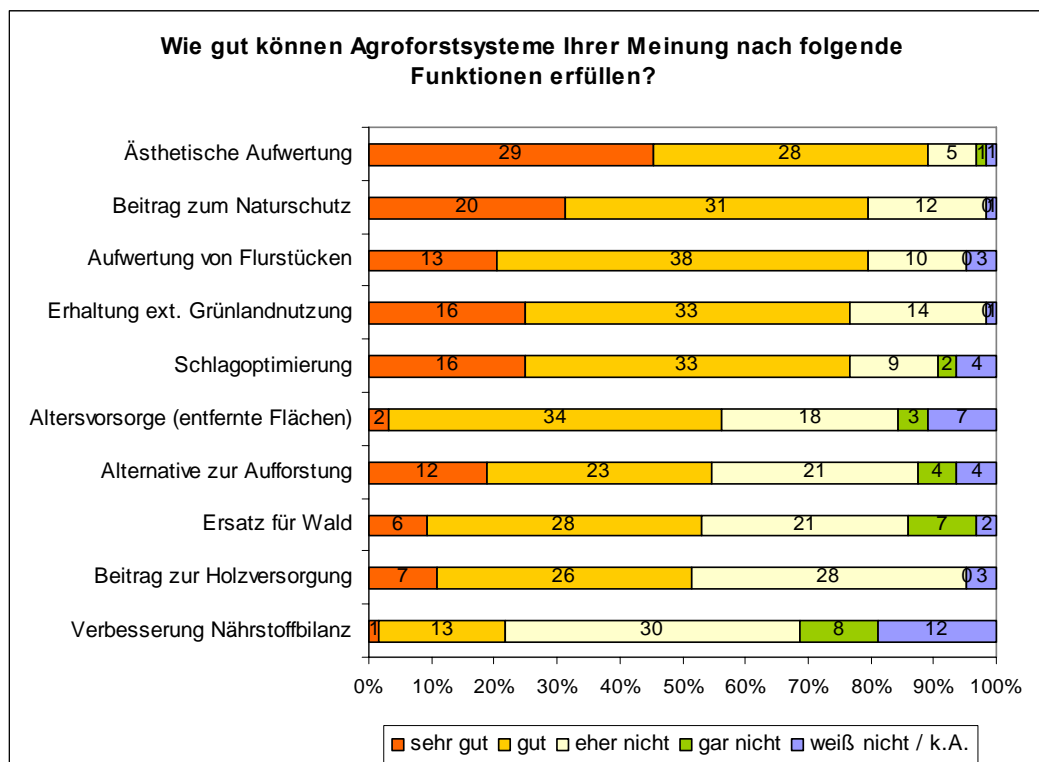


Abb. C 2.3: Ergebnisse der Stakeholder-Befragung, Frage 3; n=64

2.2.4. Eigenschaften und mögliche Vorteile von Agroforstsystemen

Keiner der Befragten ist der Meinung, positive ökonomische Effekte seien unwichtig für den Landbewirtschafter, ebenso wenig ein „geringer Arbeitseinsatz“. Letzteres bedeutet eine Verringerung des Inputs und zählt damit auch zu den ökonomischen Aspekten. In der Befragung von Zipperer (2007) gaben 70 % der befragten Landwirte an, nicht mehr als 10 Stunden zusätzliche Arbeit pro Jahr und ha in ein Agroforstsystem investieren zu wollen. Unbestritten ist, dass wirtschaftliche Erwägungen für den Landnutzer immer ausschlaggebend sind. Damit ein neues Nutzungssystem überhaupt in Erwägung gezogen wird, muss es vom Landwirt als ökonomisch interessant wahrgenommen werden. Entscheidend ist die Rentabilität verglichen mit anderen möglichen Alternativen auf der jeweiligen Fläche.

Erstaunlich gering im Vergleich zu den anderen Punkten wird in der Befragung der dritte ökonomische Aspekt, der „weitere Nutzen für den Bewirtschafter neben Landwirtschaft und Holz“, bewertet. Da ein zusätzliches Produkt wie Nüsse, Früchte, Honig etc. zu zusätzlichen und vor allem zu früheren Einkünften führt, kann es entscheidend zur Rentabilität eines

Agroforstsystems beitragen (Williams & Gordon 1992)¹⁸. In vielen Ländern werden Bäume, deren endgültiges Ziel in der Holzproduktion liegt, danach ausgewählt, welche sonstigen Nutzungen sie ermöglichen, z.B. für Nahrung, Tierfutter, Medizin oder Schutz von Menschen, Tieren und Gebäuden. Auch in Deutschland wäre bei bestimmten Baumarten wie (Wild)Obst oder Walnuss ein zusätzliches Einkommen durch Nicht-Holz-Produkte denkbar. Dies setzt allerdings voraus, dass attraktive Märkte für diese Produkte existieren und dass ihre (oft zeitintensive) Erzeugung in den Betriebsablauf passt.

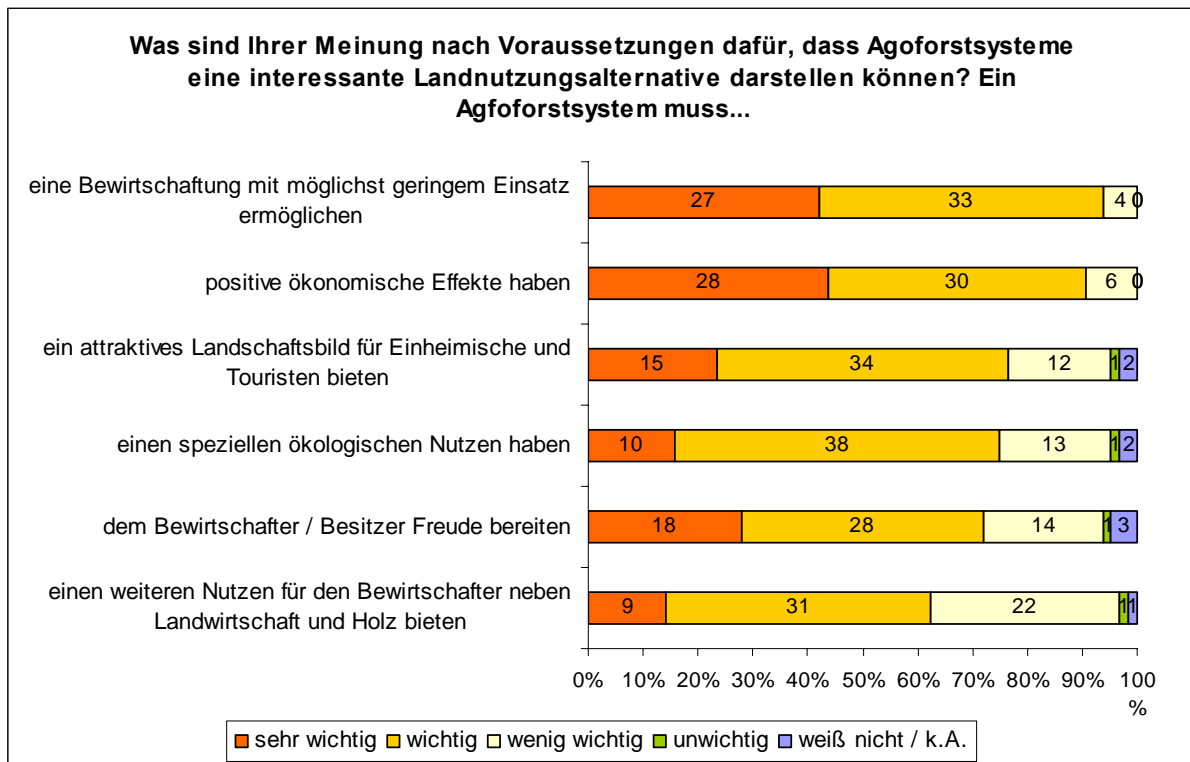


Abb. C 2.4: Ergebnisse der Stakeholder-Befragung, Frage 5; n=64

In der Befragung wird Aspekten wie einer ökologischen und ästhetischen Aufwertung von Agrarlandschaften oder der Freude des Besitzers ebenfalls große Bedeutung beigemessen. Setzt man die Aussagen einzelner Personen zueinander ins Verhältnis, ergibt sich, dass zwei Drittel der Befragten Umweltschutz oder Ästhetik als mindestens genauso wichtig wie die Wirtschaftlichkeit einstufen. Vergleichbare Ergebnisse erbrachte eine Befragung, die unter Landwirten in Frankreich durchgeführt wurde, die Agroforstsysteme angelegt hatten. Gefragt nach ihrer Motivation für die Pflanzung nannte jeder der Befragten mindestens ein „nicht-vermarktbares“ Ziel wie Steigerung der eigenen Lebensqualität und der kommender Generationen, Ästhetik oder Umweltschutz unter den ersten Prioritäten (Etienne & Rapey 1999)¹⁹.

¹⁸ P.A. Williams, A.M. Gordon 1992: *The potential of intercropping as an alternative land use system in temperate North America. Agroforestry Systems* 19 (3): 253-263

¹⁹ M. Etienne, H. Rapey 1999: *Simulating integration of agroforestry into livestock farmers' projects in France. Agroforestry Systems* 43: 257-272

2.2.5. Gestaltung von Agroforstsystemen

Agroforstsysteme sind in der Auswahl und Anordnung der Bäume sowie der Art der landwirtschaftlichen Nutzung sehr flexibel und werden je nach Gestaltung auch in ihren Auswirkungen und ihrer Attraktivität unterschiedlich eingeschätzt.

Die Befragten können sich eine lineare Anordnung von Bäumen entlang bestehender Strukturen wie Raine, Wege, Gräben etc. am besten vorstellen (83 % Zustimmung). Die Vorteile einer derartigen Anordnung sind offensichtlich: Bis auf ein Einzäunen der baumbestandenen Flächen oder einen einzelbaumweisen Schutz vor dem Weidevieh sind keine Änderungen in der Bewirtschaftung notwendig. Bisher „unproduktive“ Kleinstandorte wie Wegränder oder Böschungen werden für die Holzproduktion genutzt.

Ebenfalls viel Zustimmung bei den Befragten findet eine lockere Anordnung der Bäume auf Weideflächen (80%). Aus ästhetischer Sicht entspricht eine solche „parkartige“ Anordnung von verstreuten Baumgruppen und Einzelbäumen dem Ideal einer vielfältigen, harmonischen Landschaft, in der Menschen sich wohlfühlen (siehe Abschnitt C 5.1.). Eine Verbindung von silvopastoralen Systemen mit einer großflächigen, extensiven Beweidung könnte für manche Flächen ein schlüssiges Konzept darstellen.

„Regelmäßige Reihen auf Acker“ können sich 59 % der Befragten vorstellen. Aus Gründen des Landschaftsbildes und des Naturschutzes ist eine unregelmäßige Anpflanzung in Reihen denkbar, d.h. beispielsweise ungleiche Abstände zwischen einzelnen Bäumen oder ganzen Reihen zu wählen, Lücken in der Baumreihe zu lassen oder Bäume unterschiedlichen Alters zu verwenden. Dieser Variante stimmen jedoch nur noch 52 % der Befragten zu, wobei vor allem die aus dem landwirtschaftlichen Bereich stammenden Personen die regelmäßige Anordnung deutlich bevorzugen.

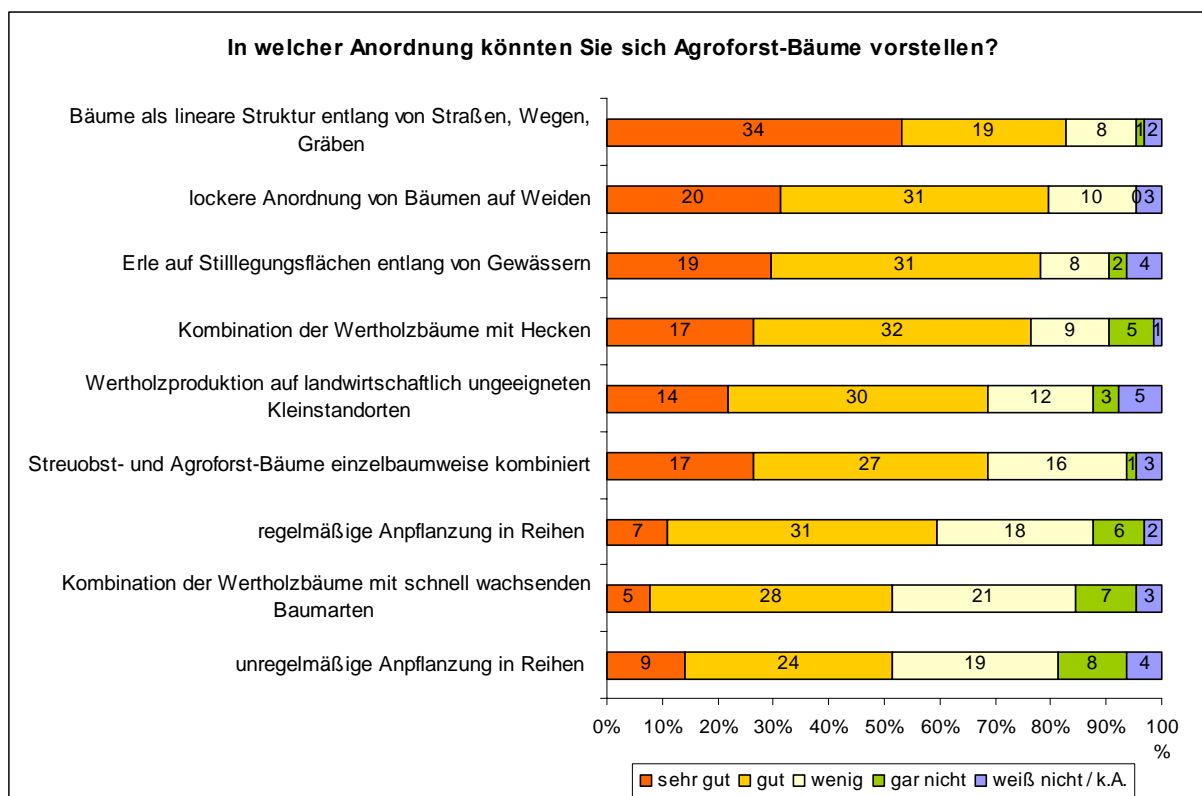


Abb. C 2.5: Ergebnisse der Stakeholder-Befragung, Frage 6; n=64

Eine Kombination der Wertholzbäume mit Hecken könnte den naturschutzfachlichen Wert von Agroforstflächen in vielen Fällen erheblich erhöhen (siehe z. B. Abschnitt C 3.4.1.) sowie die Erosions- und Windschutzfunktion verbessern (siehe Abschnitt A 2.6.1.). Von den Befragten aus allen Bereichen, Landwirtschaft genauso wie Naturschutz, können sich 77 % diese Variante gut oder sehr gut vorstellen. Eine Kombination der Wertholzbäume mit schnell wachsenden Baumarten zur Energieholzerzeugung halten dagegen nur noch 52 % für vorstellbar. In Anmerkungen dazu wurde geschrieben, dann solle man auf die Wertholzbäume lieber ganz verzichten.

2.2.6. Förderung und Unterstützung für die Einführung von Agroforstsystemen

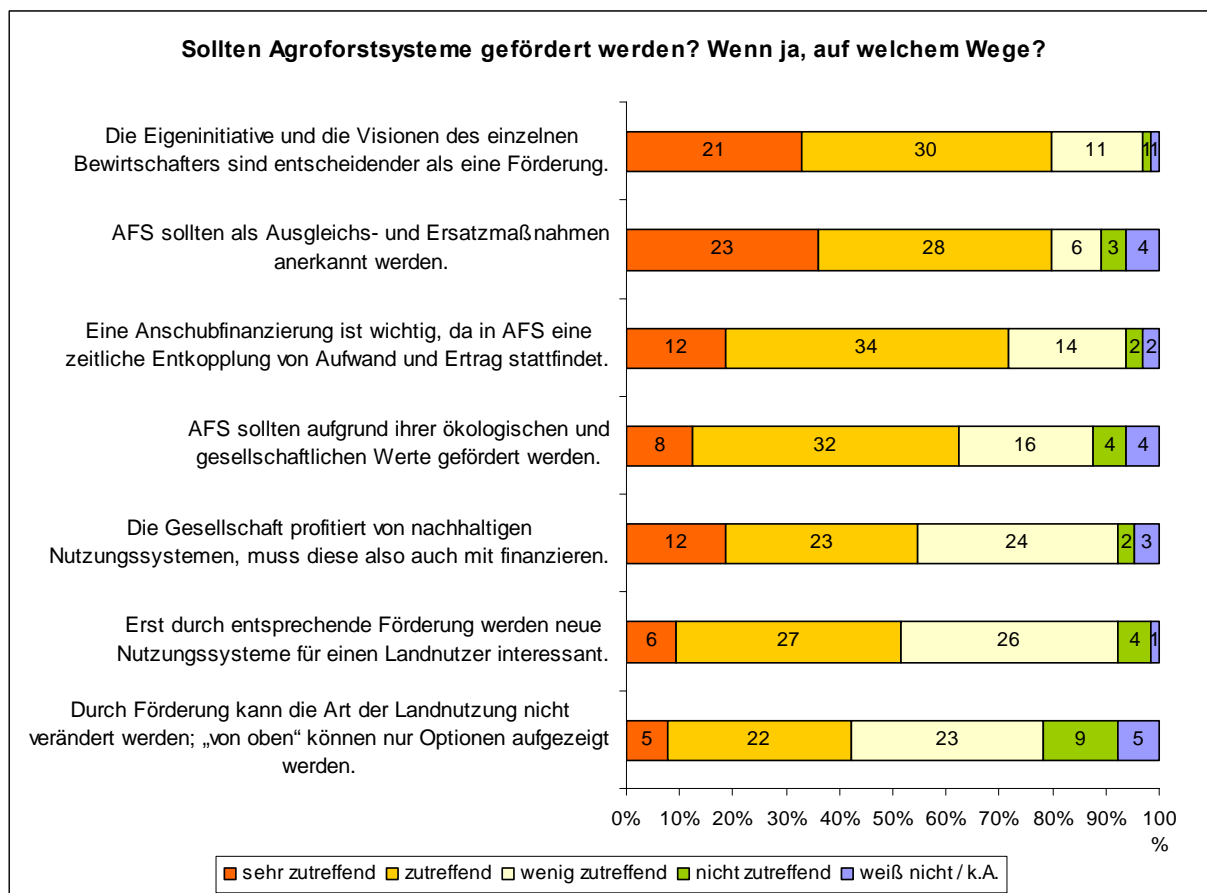


Abb. C 2.6: Ergebnisse der Stakeholder-Befragung, Frage 9; n=64

80 % der Befragten vertreten die Meinung, Eigeninitiative und Visionen des einzelnen Bewirtschafters seien entscheidender als eine Förderung, wenn es um die Umsetzung einer neuen Nutzungsform geht. Mehr als die Hälfte derjenigen, die die Eigeninitiative als sehr wichtig einstufen, bezeichnen aber gleichzeitig eine Art der finanziellen Unterstützung oder Förderung als sehr wichtig. Von allen genannten Vorschlägen, dem Landwirt für die Etablierung von Agroforstsystemen Geld zukommen zu lassen, bekam eine Anerkennung als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme die größte Zustimmung (80 %). In diesem Fall wird eine eindeutige, bewertbare Leistung, die für die Umwelt und damit letztlich für die Gesellschaft erbracht wird, von dieser abgegolten. Die allgemein gehaltene Formulierung „Die Gesellschaft profitiert von nachhaltigen Nutzungssystemen, muss diese also auch mit finanzieren“

findet mit 55 % Zustimmung wenig Anklang; deutlich am wenigsten davon überzeugt sind die Vertreter der forstlichen Seite.

Sipiläinen (1997)²⁰ stellt in einer Untersuchung zur Entscheidungsfindung von finnischen Landwirten fest, dass finanzielle Unterstützung die Landnutzungs- und Investitionsentscheidungen mehr denn je beeinflusst. Gerade bei einer so langfristigen Investition wie der in Wertholz wirkt dies allerdings die Frage nach Art und Dauer der Zahlungen auf. Ein anderer Ansatz, der von Current et al. (1995) bevorzugt wird, sieht vor, anstelle von Förderungen besser Beratung und Material für die Realisierung von Agroforstsystemen zur Verfügung zu stellen.

2.2.7. Chancen für Agroforstsysteme angesichts zukünftiger Entwicklungen

Die Befragten wurden gebeten, den Bedarf an neuartigen Nutzungssystemen und die Chancen für Agroforstsysteme in Bezug auf zukünftige Entwicklungen im Bereich der Landnutzung einzuschätzen. Klimawandel, Rückgang der Streuobstbestände und die Entwicklung auf den Märkten für forstliche Produkte sind die Argumente, die mit 69-78 % Zustimmung als die wichtigsten angesehen werden.

Die aktuelle Klimaänderung hat regional unterschiedliche Auswirkungen. Allgemein können Bäume auf Offenlandflächen Klimaextreme, wie sie in Zukunft vermehrt zu erwarten sind, abmildern. Ob jedoch z.B. bei Trockenstress die positive Beschattung durch die Bäume oder die Wasserkonkurrenz durch die Baumwurzeln stärker ins Gewicht fällt, kann letztlich nur von Fall zu Fall beantwortet werden (siehe Abschnitt A 2.6.1.).

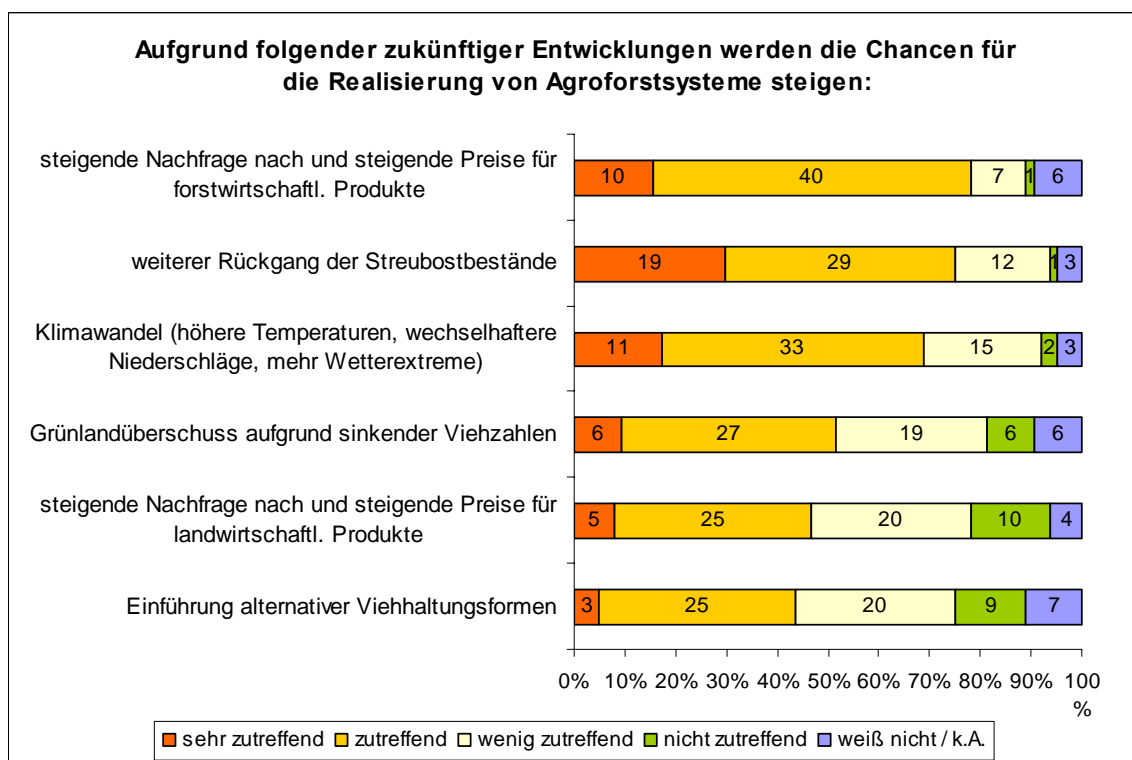


Abb. C 2.7: Ergebnisse der Stakeholder-Befragung, Frage 10; n=64

²⁰ T. Sipiläinen 1997: Aspects of farmers' decision-making - empirical examples of unique or low frequency decisions. In: Öhlmér, B., Lunneryd, D. (Hrsg): Learning in Farmers' Decision Making. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Report 116

Der Rückgang der Streuobstbestände hat in Baden-Württemberg absolut gesehen eine größere Bedeutung als in anderen Bundesländern; im Südwesten betrifft diese Entwicklung große Landschaftsteile, die im vergangenen Jahrhundert von flächendeckendem Obstbau geprägt waren und in denen seit den 1950er Jahren die Anzahl der Hochstammobstbäume oft dramatisch abgenommen hat. Viele Fachleute sehen für moderne Agroforstsysteme mit Wertholzbäumen vor allem dort Chancen, wo diese eine Nachfolgenutzung des traditionellen Agroforstsystems Streuobst darstellen.

Bei der steigenden Nachfrage nach forstlichen Produkten handelt es sich aktuell in erster Linie um energetisch nutzbares Holz, aber auch hochwertige Holzsortimente, v. a. von Lichtbaumarten, könnten angesichts der Personaleinsparungen in der Waldbewirtschaftung früher oder später Mangelware werden. Allerdings steigen mit der Nachfrage nach Energieholz auch die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten zur energetischen Verwertung und deren Preis, wodurch die Attraktivität von Baumpflanzungen wiederum abnimmt. Dies gilt vor allem für Ackerflächen, auf denen andere energetisch nutzbare Pflanzen wie Mais, Raps, Getreide etc. produziert werden können, und dies mit herkömmlichen und den Landwirten bekannten Verfahren.

2.2.8. Abschließende Bewertung

Mit der letzten Frage des Fragebogens wurden noch einmal Einschätzungen zu zukünftigen Entwicklungen zur Beurteilung gestellt.

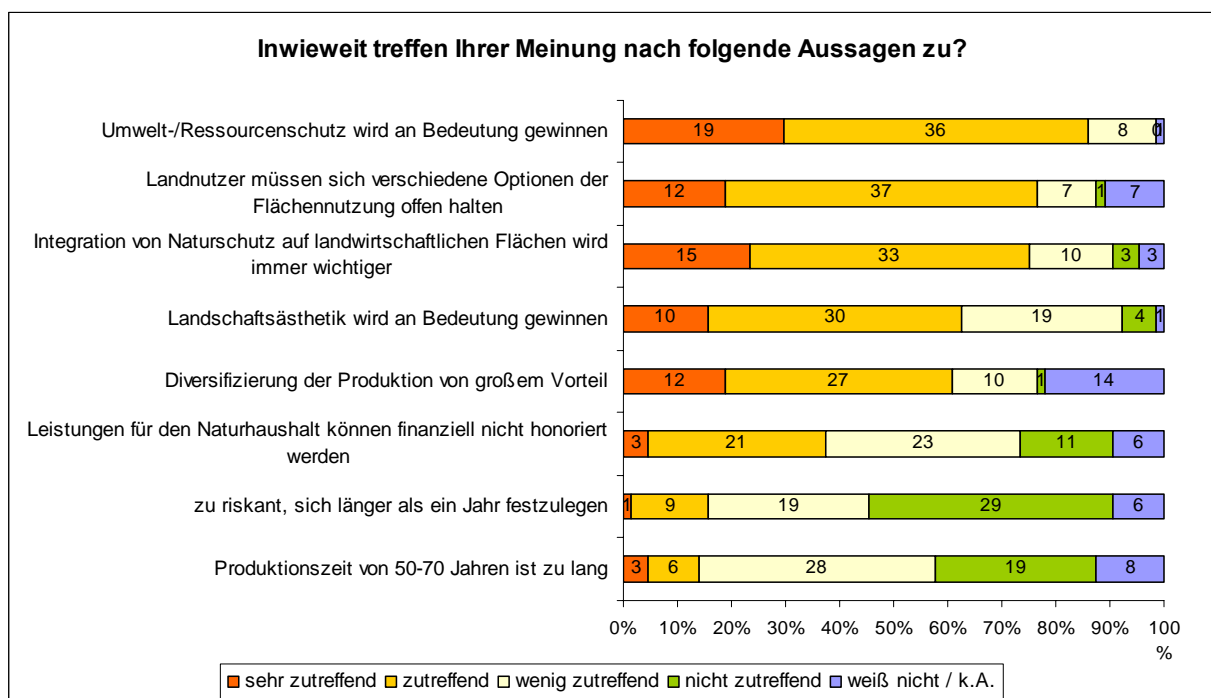


Abb. C 2.8: Ergebnisse der Stakeholder-Befragung, Frage 11; n=64

Die Antworten vermitteln in Bezug auf die Realisierung von Agroforstsystemen ein recht positives Bild:

- Nach Meinung der Mehrzahl der Befragten werden Funktionen der Agrarlandschaft wie Umwelt-, Ressourcen- und Naturschutz sowie ein ansprechendes Landschafts-

bild in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Da Agroforstsysteme zu all diesen Punkten positive Beiträge liefern können, würde diese Entwicklung ihre Umsetzung fördern. Sogar eine Honorierung von Leistungen für den Naturhaushalt hält die Mehrheit der Befragten für möglich.

- Nur wenige aller Befragten stimmten der Aussage, die Produktionszeit für Wertholz sei zu lang, zu. Bei der Antwort „nicht zutreffend“ überwiegen dabei die aus der Forstwirtschaft stammenden Personen; die meisten Vertreter der Landwirtschaft sagten „wenig zutreffend“.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Befragung, dass es zu fast allen Fragen rund um Agroforstsysteme verschiedene Meinungen gibt, dass aber trotzdem der Agroforstwirtschaft als zukünftigem Landnutzungssystem unter bestimmten Umständen gute Chancen eingeräumt werden.

Die Ergebnisse zu den Fragen zum Thema Landschaftsbild werden in Kapitel C 5 dargestellt.

C 3. Naturschutzfachliche Bewertung von Agroforstsystemen

Jedes neue Landnutzungssystem hat Auswirkungen auf Landschaftsbild und -funktionen sowie auf Flora und Fauna der Agrarlandschaft. Aus Naturschutzsicht sollten neu etablierte Nutzungssysteme keine vorhandenen Arten gefährden, nach Möglichkeit weitere Arten fördern und generell dazu beitragen, bestehende Probleme im Zusammenhang mit der Landnutzung zu lösen. Dabei bedingen naturräumliche und agrarstrukturelle Voraussetzungen sehr unterschiedliche Ansätze und Bewertungen, da es je nachdem unterschiedliche naturschutzfachliche Schwerpunkte gibt (vorhandene Arten, gefährdete Arten, Zielarten des Naturschutzes, usw.).



Abb. C 3.1.: Unterschiedliche naturschutzfachliche Bewertung in unterschiedlichen Naturräumen - Beispiel walddreiche Mittelgebirgslandschaft (Simonswald), intensiv genutztes Ackerbaugesbiet (Kraichgau), traditionelles Streuobstgebiet (Hechingen-Boll) (T. Reeg)

Grundsätzlich ist eine naturschutzfachliche Bewertung ein komplexer Vorgang, der einer ganzen Reihe von Faktoren Rechnung tragen muss:

- *Vorhandene Strukturen, Einbettung des neu zu etablierenden Agroforstsystems in die Landschaft* und damit in die umliegenden Lebensräume: Anteil von Wald und Offenland, vorhandene Gehölzstrukturen etc.; Nähe zu vergleichbaren Quellbiotopen, von denen aus eine Einwanderung erfolgen kann
- *Veränderung des Agroforstsystems und seiner Lebensraumeigenschaften* im Laufe der Umtriebszeit der Bäume; im Idealfall nach der Etablierungsphase Übergang in ein Nutzungsgleichgewicht ohne Umtriebszeiten des gesamten Systems
- *variable Gestaltung von Agroforstsystemen* (Auswahl der Baumarten, Abstände zwischen den Baumreihen und einzelnen Bäumen, Pflege des Streifens unter den Bäumen, Bewirtschaftung zwischen den Baumreihen etc.), daher sehr unterschiedliche Ausprägungen mit entsprechend unterschiedlichen Eigenschaften
- *naturschutzfachliches Ziel*: gezielte Förderung bestimmter Leitarten, Förderung möglichst vieler gefährdeter Arten oder eine möglichst große Artenvielfalt auf der Fläche?

3.1. Vorgehen: Gutachten zu voraussichtlichen Auswirkungen auf Avifauna und Coleoptera

Die voraussichtlichen Auswirkungen von Agroforstsystemen auf ausgewählte Artengruppen wurden gutachterlich von Experten dargestellt. Betrachtet wurden die Avifauna sowie die

Coleoptera, jeweils in den beiden Untersuchungsregionen Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern. Da keine Versuchsfelder mit bereits bestehenden, auch älteren modernen Agroforstsystemen zur Verfügung standen, wurden mit Hilfe von Literatur und Datenbanken die vorhandenen Erkenntnissen zu vergleichbaren Landschaftselementen (Hecken, Feldgehölze, Streuobstbestände, Alleen etc.) auf verschiedene Arten von Agroforstsystemen übertragen.

In Baden-Württemberg erfolgte die Bewertung vor allem in Bezug auf die vier ausgewählten Beispielgebiete (siehe Abschnitt C 1.1.3.), für die exemplarisch die Auswirkungen dargestellt werden. In Mecklenburg-Vorpommern wurden allgemeinere Aussagen zu den verschiedenen in diesem Bundesland vorkommenden Arten sowie Lebensraumtypen gemacht. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse aus den vier Gutachten vorgestellt.

3.2. Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Avifauna in Baden-Württemberg, Untersuchung anhand der vier Projekt-Beispielgebiete²¹

3.2.1. Beispielgebiet Simonswald (Mittlerer Schwarzwald)

Das Simonswälder Tal im mittleren Schwarzwald ist zu über 80 % bewaldet, überwiegend mit Nadelbäumen. Die offenen Bereiche mit Viehweiden, extensiv genutzten Wiesen, Gebüschgürteln, kleinen Feldgehölzen und Feuchtgebieten bieten mindestens 20 Vogelarten, die in den Wäldern nicht vorkommen, einen Lebensraum. Elf Arten werden in der Roten Liste geführt. Weitere Aufforstungen in diesen Bereichen sind aus avifaunistischer Sicht in jedem Fall abzulehnen. Die Einrichtung von Agroforstsystemen könnte eine Alternative darstellen, die teilweise den Charakter des Offenlandes erhält.

Eine genauere Analyse der Auswirkungen auf die elf bedrohten Vogelarten des Offenlandes im Simonswälder Tal ergab folgendes Bild:

- Baumpieper, Grün- und Grauspecht würden von der Einrichtung von Agroforstsystemen vermutlich profitieren. Auch für Feldsperling und Gartenrotschwanz sind positive Auswirkungen zu erwarten, wenn geeignete Nistkästen aufgehängt werden.
- Rauch- und Mehlschwalbe sowie Mauersegler verlieren durch Aufforstungen potentielle Jagdflächen. Agroforstsysteme werden sich weniger negativ auswirken, da die offenen Flächen größtenteils erhalten bleiben.
- Für Dorngrasmücke und Neuntöter sind Agroforstsysteme während der ersten fünf Jahre als Lebensraum und zur Brutanlage potentiell nutzbar. Danach bilden sie höchstens gelegentlich genutzte Jagdflächen in den Lebensräumen dieser Arten. Während der Neuntöter die gemulchten oder gemähten Flächen unter den Bäumen noch als Jagdbereiche nutzen kann, sind für die Dorngrasmücke eher die Kronenbereiche zur Nahrungssuche interessant. Über die gesamte Umtriebszeit hinweg bilden Agroforstsysteme in den Lebensräumen von Neuntöter und Dorngrasmücke schlechtere Habitatrequisiten als Offenlandbereiche, aber bessere als Aufforstungen.
- Feldlerche und Wiesenpieper werden sowohl durch Aufforstungen als auch durch Agroforstsysteme nach den ersten Jahren aus ihren Lebensräumen vertrieben.

²¹ F. Hohlfeld 2006: Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Avifauna in Baden-Württemberg. Unveröffentlichter Bericht, Freiburg, 55 S.

Fazit: Eine Erhaltung des Offenlandes würde am besten dazu beitragen, den ornithologischen Wert des Simonswälder Tales zu erhalten. Ist dies nicht möglich, ist Agroforstsystemen aus avifaunistischer Sicht eindeutig der Vorzug vor Aufforstungen zu geben, da sie sich deutlich weniger negativ auf die Vogelwelt auswirken.

3.2.2. Beispielgebiet Hechingen-Boll (Vorland der Schwäbischen Alb)

Die Streuobstwiesen in der Umgebung von Boll sind momentan relativ ungepflegt, eine weitere Nutzung in der bisherigen Form ist eher unwahrscheinlich. Agroforstsysteme bieten hier eine Alternative gegenüber der Umwandlung der alten Streuobstbestände in Wirtschaftsgrünland, die aus avifaunistischer Sicht eindeutig vorzuziehen ist. Bei einer geplanten Flächenumwandlung gibt es allerdings naturschutzfachliche Einschränkungen.

Die Streuobstbereiche in der Umgebung von Boll sind ornithologisch wertvoll; sie stehen als Vogelschutzgebiet nach der Vogelschutzrichtlinie unter besonderem Schutz. Drei im Anhang 1 aufgeführte Vogelarten kommen in den Streuobstflächen vermutlich vor: Grauspecht, Neuntöter und Wendehals. Eine Umwandlung der alten Streuobstbereiche in Agroforstsysteme ist daher nur nach einer Verträglichkeitsprüfung möglich.

Um die Erhaltungsziele der drei genannten Vogelarten auch nach einer Umwandlung zu sichern, ist mindestens Folgendes nötig:

- (1) Die Schaffung und Erhaltung künstlicher Nistmöglichkeiten für den Wendehals ist notwendig.
- (2) Bei der Umwandlung dürfen keine Bruthabitate des Neuntöters (Hecken und Gebüschgürtel) beeinträchtigt werden.
- (3) Die Umwandlung soll sukzessive erfolgen und einzelne ältere Streuobstbäume mit in das neue Agroforstsystem übernehmen, bis sie von selbst absterben.
- (4) Durch einen konsequenten Verzicht auf den Einsatz von Insektiziden in den Agroforstsystemen wird die Nahrungsgrundlage von Wendehals, Neuntöter und Grauspecht erhalten.

Bei Beachtung dieser Vorgaben ist die Genehmigung zur Nutzungsänderung der Streuobstbereiche vermutlich erreichbar, da die Erhaltungsziele der besonders geschützten Vogelarten dann nicht gefährdet werden.

Für die übrigen Vogelarten, die in diesen Flächen leben, ergibt sich ein heterogenes Bild:

- Für Kleinspecht, Klappergrasmücke, Heckenbraunelle, Feldschwirl, Gartengrasmücke und Goldammer ist die Umwandlung eindeutig negativ.
- Für Feldsperling, Star, Gartenbaumläufer, Kohl- und Blaumeise ist sie, wenn genügend künstliche Nisthilfen zur Verfügung stehen, ohne Lebensraumverlust möglich.
- Für Hänfling, Baumpieper, Grünspecht, Rauchschwalbe, Mehlschwalbe, Mauersegler, Wacholderdrossel, Grünfink, Stieglitz, Ringeltaube, Elster, Rabenkrähe, Turmfalke, Mäusebussard und Waldohreule ist die Umwandlung eher unproblematisch.

Insgesamt zeigt sich, dass die Streuobstbereiche in der Umgebung von Boll bei einer naturschutzgemäßen Umwandlung in Agroforstsysteme ihre Funktion als Lebensraum für

viele dort vorkommende Vogelarten behalten. Entscheidend dabei ist sowohl der sachgerechte Einsatz künstlicher Nisthilfen als auch die Erhaltung von Hecken und Gebüschgürteln im Umfeld der Streuobstbereiche. Dennoch wird die Siedlungsdichte der Vögel in Agroforstsystemen kleiner sein als in Streuobstwiesen, so werden einige Vogelarten wie Kleinspecht und Klappergrasmücke als Brutvögel völlig daraus verschwinden. Da Agroforstsysteme Streuobstwiesen also nur teilweise ersetzen können, ist aus avifaunistischer Sicht, falls die Möglichkeit dazu besteht, die Beibehaltung der Streuobstnutzung vorzuziehen. Die setzt allerdings Interesse der Eigentümer bzw. Bewirtschafter an der Nutzung und der Pflege der Obstbäume voraus, da die Bestände ohne Pflege und ohne Nachpflanzungen sonst mehr und mehr verschwinden werden.

3.2.3. Beispielgebiet Kirchart-Bockschaft (Kraichgau)

In der ausgeräumten Ackerlandschaft des Kraichgaus stellen Agroforstsysteme in ornithologischer Hinsicht in jedem Fall eine Bereicherung der Landschaft und des Lebensraumes dar. Bereits nach wenigen Jahren können die gepflanzten Bäumchen als Sitzwarten für einzelne Vögel dienen. Wenn die Bäume jedoch umgeben von Getreide aufwachsen, beschränkt sich der Unterschied zu der einförmigen Umgebung auf die Bäume selbst. Ihr Wert für die Vögel steigt mit dem Alter und ist ab einem Alter von zehn Jahren groß genug, dass einzelne Freibrüter darauf nisten können. Wenn sich aber um die Bäume nur kleine Grünstreifen und in der Umgebung nur Äcker befinden, ist das Nahrungsangebot für die meisten Vogelarten zu gering, weshalb sie die Bäume nur relativ selten als Brutbereiche nutzen werden. Einzelne Goldammern, Grünfinken, Amseln, Ringeltauben und Rabenvögel nisten auch auf solchen Bäumen, wenn sie alt und groß genug sind. Ihr avifaunistischer Wert insgesamt wäre jedoch relativ gering.



Abb. C 3.2.: Bäume unter 10 Jahren bieten eventuell Sitzwarten oder Ruheplätze für Vögel; darüber hinaus werden sie nicht genutzt (F. Hohlfeld)

Wertvoller würden solche Flächen, wenn die landwirtschaftliche Nutzung Heckenstreifen, Buntbrachen und Hochstaudenfluren mit einbezöge. Selbstverständlich sollte auf den Einsatz von Bioziden in den Agroforstsystemen verzichtet werden. Zur Entstehung von Hochstaudenfluren, die zu wichtigen Trittsteinbiotopen werden können, sind mehrjährige Mähpausen in bestimmten Flächenbereichen erforderlich. Ihr naturschutzfachlicher Wert steigt mit der Flächengröße. Durch die gleichmäßige Verteilung von mehr als 5 % Agroforstsysteme über das Untersuchungsgebiet können sie zur Biotopvernetzung beitragen.

Eine Steigerung der Siedlungsdichten der im Gebiet vorhandenen Vogelarten ist dann sehr wahrscheinlich. Ob die Agroforstsysteme von bereits aus dem Untersuchungsgebiet verschwundenen seltenen Vogelarten des Offenlandes wiederbesiedelt werden, hängt von den umliegenden Populationen dieser Arten ab. Je weiter die nächste Population dieser Arten von den neu entstandenen Lebensräumen entfernt ist, desto unwahrscheinlicher ist eine Wiederbesiedelung. Nach Schweizer Untersuchungen ist ein Heckenanteil von mindestens 1 % der Fläche notwendig, damit heckenbrütende Vogelarten diese Flächen überhaupt besiedeln können. Die einzelnen Hecken sollten nicht zu weit voneinander entfernt sein.

Bei der Anlage der Agroforstsysteme sind Varianten mit breiten, ackerbaulich nicht genutzten Bereichen zwischen den Bäumen besser als schmale Baumstreifen zwischen intensiv bewirtschafteten Kulturen. Nur auf breiteren Streifen können Hecken gepflanzt werden und Krautsäume oder Hochstaudenfluren entstehen. Diese Habitatelemente sind ausschlaggebend für die Besiedelung durch Vögel. Am günstigsten wäre die Anlage zusammenhängender größerer Bestände mit Energieholzanbau zwischen den Wertholzträgern. Sie bilden einen lockeren, parkartigen Bestand und sollten nach außen durch Hecken und großzügige Krautsäume zu den Ackerflächen abgegrenzt sein.

3.2.4. Beispielgebiet Argenbühl (Westliches Allgäu)

In dem von einzelnen Höfen stark zersiedelten Untersuchungsgebiet findet eine intensive landwirtschaftliche Nutzung statt. Durch die mehrschürige Bewirtschaftung des Intensivgrünlandes ist die floristische Artenvielfalt gering und der Wert der Flächen als Vogelhabitate nicht groß. Auch die reinen Fichtenwälder bieten nur relativ wenigen Vögeln einen geeigneten Lebensraum. Hecken und Gebüsche wurden in der Vergangenheit durch Flurbereinigungsmaßnahmen beseitigt, alte Streuobstbereiche werden nicht mehr erneuert. Daher sind die Hanglagen im Bereich Argenbühl überwiegend von häufigen und relativ ubiquitären Vogelarten besiedelt.

Die Etablierung von Agroforstsystemen mit integrierten Feldhecken und Beweidung (z. B. in steileren Handlagen) würde zu einer Extensivierung der Landwirtschaft beitragen. Aus avifaunistischer Sicht ergäben sich daraus Verbesserungen für die vorkommenden Heckenbrüter, sofern die Heckenpflanzung und Pflege ernsthaft betrieben wird. Eine wichtige Zielart hierbei ist der Neuntöter. Seine Bestände im württembergischen Allgäu sind durch Lebensraumveränderungen stark rückläufig. Die Stabilisierung und eine allmähliche Zunahme der Bestände ist das Ziel des Leitartenkonzepts Neuntöter. Dazu ist nicht nur die Schaffung von Heckenbereichen als Bruträumen, sondern auch die geeigneter Nahrungsbiotope wichtig. Die Agroforstsysteme sollten also nicht nur Hecken, sondern unbedingt auch extensiv genutzte, kurzgrasige Grünlandbereiche beinhalten, wie sie durch Beweidung entstehen.

Die Integration solcher Agroforstsysteme in die bestehende Naturschutzkonzeption zum Schutz des Neuntöters ist sinnvoll. Auch andere Heckenbrüter wie Goldammer, Garten- und Mönchsgrasmücke würden davon profitieren.

3.2.5. Fazit

Die Analysen der vier Projektgebiete zeigten, dass Agroforstsysteme durchaus einen hohen Wert für die Avifauna besitzen können, die Voraussetzung dafür ist jedoch die konsequente Umsetzung von Naturschutzmaßnahmen.

Im Regelfall ist die Umwandlung von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Agroforstsysteme aus Naturschutzsicht unbedenklich, allerdings gibt es eine wichtige Ausnahme: In offenen Wiesenlandschaften können speziell Wiesenbrüter wie Braunkehlchen, Feldlerche oder Grauammer in ihren Lebensräumen beeinträchtigt und sogar verdrängt werden. Daher empfiehlt sich besonders in extensiv genutzten Wiesenlandschaften eine Verträglichkeitsprüfung vor der Einführung von Agroforstsystemen.



Abb. C 3.3.: Höhlen sollten in Wertholzbäumen nicht entstehen; für Arten, die künstliche Nistmöglichkeiten annehmen, können Agroforstsysteme damit aufgewertet werden (F. Hohlfeld).



Abb. C 3.4.: Der Buchfink ist ein häufig vorkommender, wenig spezialisierter Vogel, der Agroforstsysteme als Habitat gut annehmen würde (F. Hohlfeld).

Genau wie Wälder werden Agroforstsysteme mit steigendem Alter immer wertvoller. Im letzten Jahrzehnt vor der Nutzung bieten sie für mehr Vogelarten Lebensräume als in ihrer ganzen Lebensspanne zuvor, auch wenn Höhlenbrüter ohne künstliche Nisthilfen kaum vorkommen werden. Wenn Agroforstsysteme großflächiger eingeführt und bewirtschaftet werden, könnte ein mosaikartiger Aufbau der verschiedenen Altersklassen nebeneinander dafür sorgen, dass immer alle Altersklassen gleichzeitig vorhanden sind. Der geringeren Eignung von Agroforstsystemen für Höhlenbrüter steht die potentiell bessere Eignung für Vögel der Grenzbereiche zwischen Wald und Offenland gegenüber. Da Agroforstsysteme zunächst eher kleinflächig und in Einzelfällen realisiert werden, ergänzen sie die bestehenden Waldränder und Übergangsbereiche zwischen Wald und Offenland.

3.3. Voraussichtliche Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Laufkäferfauna in den Projekt-Beispielgebieten in Baden-Württemberg²²

Von den in Baden-Württemberg nachgewiesenen Laufkäferarten wurden insgesamt 202 (rund 50 %) als Zielarten für den Naturschutz ermittelt und mit abgestuften Schutzprioritäten versehen (Reck et al. 1996)²³. Wichtigstes Kriterium war die landesweite Gefährdungssituation: Rote Liste und Artenverzeichnis der Laufkäfer Baden-Württembergs (Trautner et al. 2005)²⁴ und „Die Käfer Baden-Württembergs 1950-2000“ (Frank & Konzelmann 2002)²⁵. Da für die hier vorliegende Bewertung keine Erhebungen im Gelände gemacht wurden und somit nicht auf eigene Daten zurückgegriffen werden kann, wird in der Beurteilung auf die im Zielartenkonzept angeführten Arten verwiesen.

3.3.1. Simonswald

In der Gemeinde Simonswald, die einen sehr hohen Waldanteil aufweist, stellt die Offenhaltung der Landschaft ein wichtiges Ziel dar; das eigentliche Problem für diese Flächen ist die Waldzunahme und Verbuschung. Durch die Einrichtung von Agroforstsystemen in diesen Gebieten soll der halboffene Charakter der Landschaft erhalten bleiben bzw. durch eine bereits bestehende oder mögliche Beweidung verwirklicht werden. Allgemeine Aussagen zur Laufkäferfauna betreffen den Bezugsraum Schwarzwald, der gut bearbeitet ist und für den zu einzelnen Teilbereichen ein ausführliches Datenmaterial existiert.

Empfehlungen bei der Anlage von Agroforstsystemen

Da Agroforstsysteme sich einerseits nicht dazu eignen, anspruchsvolle Waldarten in diesen Gebieten zu fördern, und andererseits das naturschutzfachliche Ziel ohnehin in der Offenhaltung der noch nicht bewaldeten Flächen besteht, erfolgt die Einschätzung der Auswirkungen von Agroforstsystemen mit Augenmerk auf die Offenlandarten. Neben den häufigen Arten der halboffenen Habitate (wie *Poecilus*, *Amara*, *Harpalus*) richtet sich die Aufmerksamkeit auf die thermo-mesophilen Arten. Durch entsprechend konzipierte Agroforstsysteme sollen diese Arten gefördert und unterstützt werden. Die Etablierung von Agroforstsystemen bringt eine Veränderung in Richtung Beschattung der Flächen. Zur Beibehaltung des halboffenen Charakters der Landschaft sollte bei der Anlage ein entsprechender Abstand zwischen den Bäumen und den Baumreihen geplant werden. Vorgesehen sind innerhalb der Reihen ein Abstand von 15 m zwischen den Bäumen und die Anpflanzung in Reihen entlang der existierenden Terrassen in einem Abstand von 25 m voneinander.

Als Unternutzung ist Mulchen oder eine Beweidung durch Rinder und/oder Schafe denkbar. Durch Mulchen wird die Feuchtigkeit auf der Bodenoberfläche erhöht; trockenheitsliebende

²² E. Rusdea 2008: Abschätzung der Veränderungen in der Laufkäferfauna bedingt durch eine agroforstliche Nutzung. Unveröffentlichter Bericht, Freiburg, 41 S.

²³ H. Reck, R. Walter, E. Osinski, T. Heini, G. Kaule 1996: *Räumlich differenzierte Schutzprioritäten für den Arten- und Biotopschutz in Baden-Württemberg (Zielartenkonzept). Gutachten im Auftrag des Landes Baden-Württemberg, Inst. f. Landschaftsplanung und Ökologie, Univ. Stuttgart, 1730 S.*

²⁴ J. Trautner, M. Bräunicke, J. Kiechle, M. Kramer, J. Rietze, A. Schanowski, K. Wolf-Schwenninger 2005: *Rote Liste und Artenverzeichnis der Laufkäfer Baden-Württembergs (Coleoptera, Carabidae), 3. Fassung, Stand Oktober 2005. Naturschutz-Praxis, Artenschutz 9, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 31 S.*

²⁵ J. Frank, E. Konzelmann 2002: *Die Käfer Baden-Württembergs 1950-2000. Naturschutz-Praxis, Artenschutz 6, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 290 S.*

Offenlandarten werden nicht gefördert bzw. ziehen sich zurück. Eine Beweidung der Flächen ist vorzuziehen, da durch den Vertritt von Gräsern unterschiedliche Strukturen entstehen können. Vergleicht man ihre Auswirkungen auf die Vegetation, so ist im Falle einer Beweidung mit Schafen der Verbiss größer, aber der Vertritt geringer. Rinder und Pferde fressen das Gras nicht so tief ab und lassen durch Vertritt auch vegetationsfreie Stellen entstehen. Die so entstehenden Kleinstrukturen können z. B. für manche *Bembidion*-Arten interessant sein. Am besten wäre eine kombinierte Beweidung mit Schafen und Rindern.

Bewertung im Vergleich zu Aufforstung oder Nutzungsaufgabe

Die Anlage von Agroforstsystemen ist aufgrund des deutlich geringeren Baumbestandes auf jeden Fall einer Aufforstung der Flächen vorzuziehen. Die lockere Anpflanzung von Laubbäumen innerhalb eines Agroforstsystems kann den halboffenen Charakter des Schwarzwaldes in diesen Bereichen unterstreichen und als Alternative zu einer Aufforstung die Offenlandarten unter den Laufkäfern unterstützen. Das gleiche gilt auch im Vergleich mit Brachfallen und Verbuschen von aus der Nutzung gefallen Flächen.

3.3.2. Hechingen

Auch im Untersuchungsgebiet in Hechingen/Boll soll der halboffene Charakter der Streuobstwiesen erhalten werden. Allgemeine Aussagen zur Laufkäferfauna betreffen den Bezugsraum Südwestliches Albvorland, der überwiegend gut bekannt ist.

Die Einschätzung der Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Laufkäferfauna erfolgt mit Augenmerk auf die Offenlandarten. Dabei kann auf die Ergebnisse einer Studie im Schwäbischen Albvorland bei Weilheim/Teck zurückgegriffen werden, in der die Laufkäferzönosen der Streuobstwiesen entsprechend den unterschiedlichen Managementvarianten Mahd (zwei- und dreischürig), Mulchen (von extensiv: 2-3mal jährlich bis intensiv: 6-7mal pro Jahr), Beweidung (Schafe, Pferde) näher untersucht wurden (Deuschle 2000)²⁶. Die Interpretation der Ergebnisse aus dieser Untersuchung kann auch auf das Untersuchungsgebiet bei Hechingen übertragen werden. Die häufigsten Arten waren ubiquitäre Arten wie *Poecilus cupreus*, *Anisodactylus binotatus*, *Clivina fossor*, deren Dichte auf Mähwiesen signifikant höher war als auf Mulchwiesen. Weitere Arten der Mähwiesen sind: *Calathus fuscipes*, *Amara aenea* sowie *Nebria brevicollis* und *Carabus ulrichii*. Auf den Mulchwiesen wurde *Leistus ferrugineus* registriert. *Pterostichus melanarius* und *Pterostichus vernalis* hingegen besiedelten beweidete Flächen in höherer Dichte.

Empfehlungen bei der Anlage von Agroforstsystemen

Der Abstand zwischen den Bäumen in der Endphase sollte mindestens 20-25 m betragen, um den aufgelockerten Charakter einer lückigen Streuobstwiese zu erhalten und keine waldähnlichen Habitatbedingungen zuzulassen.

Die Unternutzung ist mit Mulchen, Mahd (dreimal jährlich) oder einer Beweidung durch Pferde, Ziegen und/oder Schafe möglich. Diese Nutzungsformen sind für die Mehrheit der Carabiden unterschiedlich attraktiv: Die Laufkäfer präferieren Mähwiesen und Weiden

²⁶ J. Deuschle 2000: *Besiedlungsstrategien und Dynamik der Laufkäferzönosen im Extensivgrünland kleinparzellierter Streuobstwiesen unterschiedlichen Managements*. Dissertation, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim, Verlag Günter Heimbach, Stuttgart, 294 S.

gegenüber Mulchwiesen und Sukzessionsflächen (Deuschle 2000). Mulchen ist aus coleopterologischer Sicht weitgehend negativ zu beurteilen: Es verhindert zwar die Sukzession mit Gehölzen, bildet aber im Vergleich zu Mähwiesen artenarme Zönosen aus und bietet dynamischen Veränderungen nur wenig Raum. Eine Intensivierung der Nutzung mit drei- und mehrschüriger Mahd fördert die ubiquitären Arten und reduziert die dynamischen Prozesse im System. Durch eine zweischürige Mahd hingegen wird die hohe Artenvielfalt typischer Streuobstwiesen erhalten. Wichtig dabei ist, dass das Schnittgut unmittelbar nach der Mahd abgeräumt wird. Nutzungsaufgabe und Sukzession verändern die Zusammensetzung charakteristischer Zönosen des Offenlandes und führen den Bestand in Richtung waldähnliche Verhältnisse und damit zu einem Verlust Wert gebender Arten. Dreischürige Mähwiesen, Mulchwiesen und Sukzessionsflächen sind daher keine Alternative für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Streuobstwiesen im Sinne von vielfältigen Carabidenzönosen (Deuschle 2000).

Im Falle einer Beweidung entscheidet die Art und Intensität über die naturschutzfachliche Wirkung. Bei einer Beweidung mit Schafen ist der Verbiss größer, aber der Vertritt geringer. Eine Beweidung mit Ziegen ist am intensivsten und hat die stärksten Auswirkungen. Pferdeweiden lassen dynamische Prozesse zu und enthalten eine ausgeprägte kleinräumige Strukturdiversität. Die Raumstruktur zusammen mit anderen biotischen und abiotischen Faktoren gehört für Carabiden zu den wichtigsten Faktoren, welche die Habitatwahl beeinflussen und zu einer kleinräumigen Verteilung der Arten führen. Präferenzen für bestimmte Raumstrukturen ihres Lebensraumes wurden eindeutig festgestellt (Meissner 1998)²⁷. Die Empfehlung zur Unternutzung aus Sicht der Laufkäfer lautet daher: extensive Beweidung mit Pferden und eventuell Schafen und damit Erhalt mosaikartiger Strukturen, die ihrerseits eine ausgeprägte Artenvielfalt generieren. Mahd und Beweidungssystem in Kombination ergeben eine ökologisch wertvolle Nutzung der Fläche (Deuschle 2000).

Bewertung im Vergleich zu Nutzungsaufgabe oder Aufforstung

Die Umwandlung von Streuobstbeständen in Agroforstsysteme bringt eine Veränderung des Lebensraumes mit sich. Die relativ kurzen Umtriebszeiten in Agroforstsystemen lassen keine natürlichen Altbäume mit vertrockneten Ästen und Baumhöhlen zu. Die Flächen sollten auf jeden Fall nicht chemisch behandelt werden, auf den Einsatz von Pestiziden muss verzichtet werden. Die Anlage von Agroforstsystemen ist einer Sukzession vorzuziehen, da durch eine entsprechende Unternutzung der halboffene Charakter der Landschaft beibehalten werden kann. Aus coleopterologischer Sicht können durch entsprechend angelegte Agroforstsysteme bestimmte Offenlandarten unterstützt werden. Agroforstsysteme können aber Streuobstwiesen nur teilweise ersetzen, da sie – auch bei einer nachhaltigen Nutzung – nicht die strukturelle Vielfalt und das Mosaik an Kleinlebensräumen bieten; die Beibehaltung der Streuobstnutzung ist der Umwandlung in ein Agroforstsystem aus Käfersicht vorzuziehen.

3.3.3. Kirchartd

Der Bezugsraum Kraichgau/Neckarbecken ist bezüglich der Laufkäferfauna recht gut untersucht. Die Gemeinde Kirchartd verfügt über eine besondere Schutzverantwortung, über besondere Entwicklungspotenziale für Ackergebiete mit Standort- und Klimagunst aus tier-

²⁷ A. Meissner 1998: *Die Bedeutung der Raumstruktur für die Habitatwahl von Lauf- und Kurzflügelkäfer (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae)*. Dissertation, TU Berlin, Institut für Ökologie und Biologie, 184 S.

ökologischer Sicht, insbesondere Käfer. Im Zielartenkonzept werden aus der Gruppe der Laufkäfer und Sandlaufkäfer zwei zielorientierte Indikatorarten erwähnt: *Cicindela germanica* und *Harpalus servus*. (Trautner²⁸ in Reck et al. 1996)

Kubach (1995)²⁹ hat sich speziell mit den Laufkäfern der Äcker und Saumstrukturen des Kraichgaus befasst und in seinem Untersuchungsgebiet im westlichen Kraichgau 99 Arten festgestellt. Hier fand er eine typische Fauna von Ackergebieten (Äcker mit Begleitstrukturen, trockenwarme Offenlandbiotop) mit zahlreichen seltenen und gefährdeten Arten. Dieses Gebiet wurde aufgrund der extrem artenreichen, in Baden-Württemberg einzigartigen Tierwelt der Ackergebiete als landesweites großflächiges Feldvorranggebiet vorgeschlagen (Reck et al. 1996). Vorrangige Ziele laut Zielartenkonzept sind die Sicherung dieser Ackerbaulandschaft (gegen Verbuschung und Sukzession im Zuge der Nutzungsaufgabe in peripheren Randlagen) und die Förderung der besonders schutzbedürftigen Arten (Arten der trockenen, warmen, extensiv genutzten Äcker, der jungen Brachen, der Stufenraine, Kraut- und Wegsäume, Hohlwege, Lößsteilwände). Dazu ergeben sich folgende notwendige Maßnahmen: eine großräumig extensive Ackernutzung (mit abgestufter Intensität: von düng- und pestizidfrei bis zu integriertem Anbau), Anlage und Entwicklung von Gras- und Krautsäumen für Ackerwildkräuter sowie die Einführung von zwei- bis dreijährigen Rotationsbrachen. Durch eine Umsetzung dieser Maßnahmen profitieren vor allem hochgradig geschützte Laufkäferarten (*Harpalus froehlichii*, *Harpalus modestus*, *Brosicus cephalotes*, *Pseudoophonus calceatus* und der extrem seltene *Harpalus albanicus*).

Auf den intensiv ackerbaulich genutzten Flächen im Untersuchungsgebiet im Kraichgau könnten mit der Anlage von Agroforstsystemen Laufkäfer gefördert werden, die nicht nur die offenen, sondern auch halboffene Bereiche bevorzugen und dort Unterschlupf finden. Eine gezielte Förderung von wertvollen, gefährdeten Waldarten kann durch ein Agroforstsystem dagegen nicht erfolgen, da sich Waldbedingungen, wie sie für anspruchsvolle stenöke Waldarten notwendig wären, nicht innerhalb der angedachten Umtriebszeiten einstellen werden. Zudem ist gerade für die Ackerflächen im Kraichgau eine Reihe von wertvollen, schützenswerten Laufkäferarten der trockenwarmen Offenlandbiotop belegt (Kubach 1995). Die Einschätzung der Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Laufkäfergemeinschaft erfolgte dementsprechend hauptsächlich aus der Perspektive der Offenlandarten.

Anhand der Untersuchungen von Kubach (1995) ist anzunehmen, dass trocken- und wärmeliebende Arten auch auf der Untersuchungsfläche bei Kirchardt anzutreffen sind. Auch die Arbeiten von Gärtner (1980) und Spreier (1982) mit Untersuchungsgebieten ebenfalls im Kraichgau haben gezeigt, dass sich hier vermehrt thermo- und xerophile Arten in den Zuckerrübenkulturen und den Heckenanpflanzungen angesiedelt haben.

Empfehlungen bei der Anlage von Agroforstsystemen

Bei einer Breite der Baumstreifens von 2 m, wie sie bei der Anlage von intensiv genutzten Agroforstsystemen angedacht sind, wird keine Entwicklung von Hecken und Saumbiotopen in nennenswerter Größe zugelassen. Ohne Hecken, Gebüsche oder Ackerrandstreifen sind

²⁸ J. Trautner 1996: Sandlaufkäfer und Laufkäfer. – Kap. 30.2.10 in: H. Reck, R. Walter, E. Osinski, T. Heint, G. Kaule (Hrsg.): Räumlich differenzierte Schutzprioritäten für den Arten- und Biotopschutz in Baden-Württemberg (Zielartenkonzept). Inst. f. Landschaftsplanung und Ökologie, Univ. Stuttgart, E117-E118

²⁹ G. Kubach 1995: Verbreitung und Ökologie von Laufkäfern (Coleoptera, Carabidae) auf neu angelegten Saumstrukturen in einer süddeutschen Agrarlandschaft (Kraichgau). Dissertation am Institut für Phytomedizin der Universität Hohenheim, Fachgebiet Entomologie, Cuvillier Verlag Göttingen, 240 S.

lediglich die Bäume als neue Habitatelemente vorhanden, die aber nicht nennenswert zu einer Diversifizierung der Habitate in dieser großflächig ausgeräumten Ackerbaulandschaft beitragen.

Bei einer Breite der Baumstreifen von 10 m in extensiver genutzten Agroforstsystemen können ökologisch sinnvolle Saumstrukturen für die Laufkäfer angelegt werden. Um die Strukturvielfalt zu steigern und heterogene, vielgestaltige Standorte zu ermöglichen, kann der Oberboden am Rande der Baumreihen abgeschabt werden und anschließend selbstbegrünt bzw. eine Wildkrautmischung eingesät werden. Die Einsaat von Buntbrachen mit bestimmten Samenmischungen aus gebietsheimischen Ackerwildkräutern, Pionierpflanzen und Wiesenblumen am Rande der Baumreihen ist zu empfehlen, da damit die Fläche zwischen den Bäumen erheblich artenreicher und heterogener wird (vielgestaltige Standorte ermöglichen auch eine diversifizierte Fauna). Aus gleicher Überlegung lassen sich zwischen den Bäumen Hecken anlegen. Am günstigsten wäre die Anlage von Hecken und breiten Krautsäumen am Rand der Baumstreifen, da sie einen Übergang zu den Gehölzen bilden würden und gerade bei einer intensiven Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Fläche einen Puffer darstellen.

Diese Randstreifen sollten auf jeden Fall pestizidfrei gehalten und auch nicht gedüngt werden. Sie haben direkte Auswirkungen auf eine Reihe von phytophagen Laufkäfern (wie z. B. Arten der Gattungen *Harpalus*, *Amara*). Indirekt werden durch die Förderung von Ackerwildkräutern weitere phytophage Wirbellose begünstigt, welche ihrerseits die Beute der räuberischen Carabiden-Arten darstellen (Nentwig 2000)³⁰. Die Wirksamkeit dieser Ackerschonstreifen wurde schon lange erkannt und durch die Ackerrandstreifenprogramme der Kommunen gefördert.

Zur Unterstützung der stenöken, wärmeliebenden Arten sollten möglichst viele sonnenexponierte Säume vorhanden sein, was optimal bei einer Ausrichtung der Gehölzreihen von Osten nach Westen erreicht wird (widerspricht der aus landwirtschaftlicher Sicht vorzuziehenden Nord-Süd-Ausrichtung, siehe Abschnitt A 3.1.7.). Eine Pflege der Baumstreifen muss in jedem Falle erfolgen, auch bei den samenreichen mehrjährigen Buntbrachen. Durch Mähen der Hochstaudenfluren und anschließender Entfernung des Schnittguts sollte die Sukzession vermieden werden.

Da zur Förderung der Laufkäfer des Offenlandes möglichst wenige Bäume auf der Fläche stehen sollten, sind Systemvarianten mit wenigen, weit voneinander entfernten Baumreihen und breiten Baumstreifen vorzuziehen. Erst bei einem Abstand der Baumreihen von 120-125 m bilden sich klimatisch unbeeinflusste Bereiche zwischen den Gehölzreihen aus, sodass wärmeliebende Offenlandarten nicht gestört werden. Auch der Baumabstand innerhalb der Reihe sollte in der Endphase mindestens 20-25 m betragen.

Bewertung im Vergleich zu anderen Nutzungsalternativen

In den fruchtbaren Ackerbaugebieten des Kraichgaus ist eine Entwicklung hin zu anderen Nutzungen nicht zu erwarten, daher ist hier allein der Vergleich mit der bisherigen ackerbaulichen Nutzung ausschlaggebend.

³⁰ W. Nentwig 2000: *Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder*. Verlag Agrarökologie vaö Bern, Hannover: 293 S.

3.3.4. Argenbühl

Auch auf den Flächen im Untersuchungsgebiet Argenbühl spielen die Waldarten bei der Interpretation der Auswirkungen von Agroforstsystemen keine große Rolle, da sich in den vernetzt angelegten Baumreihen keine typischen Waldarten außer den allbekannten Ubiquisten ansiedeln werden. Die Gefahr für den Lebensraum der Offenlandarten besteht in der Aufgabe der Landnutzung auf marginalen Flächen in den steilen Lagen und in der anschließenden Verbuschung und Waldzunahme infolge von Fichtenaufforstungen. Mit Zunahme der Beschattung gehen die stenotopen Arten des Offenlandes zurück und werden durch euryöke Generalisten ersetzt.

Im Zielartenkonzept für das Gebiet werden zwei Arten aus der Gruppe der Käfer erwähnt, *Pterostichus gracilis* und *Agonum viridicupreum* (ZAK 2006, Zwischenbericht Gemeinde Argenbühl)³¹. Allgemeine Aussagen zur Laufkäferfauna betreffen den Bezugsraum Südwestdeutsches Hügelland, für den umfangreiches Datenmaterial vorliegt, das aber unpubliziert und somit nicht zugänglich ist.

Empfehlungen bei der Anlage von Agroforstsystemen

Für das Gebiet in Argenbühl kann eine agroforstliche Anpflanzung mit heckenreichen Baumgruppen (von etwa zehn Bäumen) und linearen Baumreihen durchaus eine Alternative darstellen für aus der Nutzung fallende Grünlandflächen der Steillagen, durch die der Lebensraum abwechslungsreicher wird. Wenn auf der Fläche einzelne Obstbäume bestehen, sollten diese integriert werden, z. B. die häufig vorhandenen Streuobstbäume in der Nähe der Höfe. Die gepflanzten Hecken müssen mit Hilfe eines umfangreichen Heckenmanagements gepflegt werden. Als Unternutzung im Agroforstsystem soll eine extensive Beweidung durch Rinder stattfinden.

Bewertung im Vergleich zu Nutzungsaufgabe oder Aufforstung

Die Anlage von Agroforstsystemen in der vorgeschlagenen Form ist auf jeden Fall zu befürworten und stellt eine Verbesserung der Habitatbedingungen dar. Auf den bisher bewirtschafteten Flächen waren keine anspruchsvollen Arten zu erwarten. Die Anpflanzung von Laubbäumen in diesen Bereichen kann den Charakter des Offenlandes unterstreichen und auch die Offenlandcarabiden unterstützen, im Gegensatz zu einer Aufforstung oder einer Verbuschung. Die Anlage eines Agroforstsystems stellt für die Laufkäfer kein Hindernis dar, sie können durch die linearen Strukturen wandern (mit einer Beweidung als Unternutzung werden sich keine undurchdringlichen Hecken ausbilden) und ihr Habitat wird nicht zerschnitten. Im Gegenteil, anhand dieser linearen Strukturen kann eine Lebensraumvernetzung stattfinden, interessant für Arten wie *Carabus glabratus* oder *Pterostichus maculatus*.

3.3.5. Abschließende Diskussion

Der Wert eines Agroforstsystems für Laufkäfer zeigt sich anhand der Verbesserung der Habitatqualität für die entsprechende Artengruppe. Die vielseitige Gestaltung von Agroforstsystemen ermöglicht in den unterschiedlichen Regionen, die vorhandenen Lebensräume zu erhalten oder neue Habitatelemente einzubringen.

³¹ ZAK 2006: Informationssystem Zielartenkonzept Baden-Württemberg, www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Ob und inwieweit Laufkäfer gezielt in Agroforstsystemen gefördert werden können und wie sie sich entwickeln, wird sich letztendlich in der Praxis zeigen. Um flächengenaue Aussagen treffen zu können, sind eingehende Geländeforschungen nötig. Ausgewählte Zielarten sollten dauerhaft in den betreffenden Lebensräumen beobachtet werden, um so die Auswirkungen der Veränderungen in der Kulturlandschaft zu ermitteln. Nur ein gezieltes, langfristiges Monitoring der Flächen kann Aufschluss darüber geben, ob die ursprünglichen Ziele erreicht wurden oder nicht. Deswegen sind gerade im Naturschutz langfristige Monitoringprogramme zu initiieren, da nur sie gesicherte Aussagen zur Entwicklung von Carabidenzönosen bringen oder zur Effizienz von Maßnahmen – in diesem die Anlage von Agroforstsystemen – liefern.

3.4. Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Vogelwelt am Beispiel von Mecklenburg-Vorpommern³²

3.4.1. Silvoarable Systeme auf minerogenen Böden

Unter den herrschenden landwirtschaftlichen Rahmenbedingungen in Mecklenburg-Vorpommern ist in Agroforstsystemen ein relativ großer Abstand zwischen den Baumreihen erforderlich, um die maschinelle Bewirtschaftung mit entsprechenden Auslegersystemen zu gewährleisten. Dadurch ergeben sich lineare Gehölzstrukturen und weniger ein flächiges Bestandsbild. Derartige linienhafte Elemente in der Agrarlandschaft (Baumreihen, Alleen, Feldhecken und Knicksysteme) sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen, die als Ausgangspunkt für den zu erwartenden Brutvogelbestand herangezogen werden können. Verwendet wurden, wenn möglich, ausschließlich Bestandsaufnahmen aus Nord- bzw. Nordostdeutschland³³.

Prognosen der Brutbestandsentwicklung nach Altersklassen, auf der Grundlage von Referenzbeständen

Um die Entwicklung von Brutvogelbeständen auf einer Zeitachse zu prognostizieren, werden im Folgenden drei Altersklassen gebildet. Die vorgestellten Ergebnisse sind aus Untersuchungen von Habitaten abgeleitet, die dem jeweiligen Typus von Agroforstsystemen in Struktur und Altersstufe vergleichbar sind.

Initialphase (0-10 Jahre): Trotz fehlender Untersuchungen liegt die Vermutung nahe, dass eine Ansiedlung durch gehölzbrütende Arten aufgrund des geringen Schutz- und Nistpotentials nur marginal stattfindet. Vereinzelt Ansiedlungen von euryöken, strapazierfähigen Arten sind dennoch möglich, wenn auch eher im Bereich urbaner Siedlungsräume. Für Arten der offenen Agrarlandschaft (z. B. Feldlerche) bildet die Initialphase bereits eine Zäsur. Untersuchungen von Rekultivierungen zeigen, dass schon im Habitattyp „Kraut- und Grasfluren mit eingestreuten Gehölzen“ derartige Arten nicht mehr anzutreffen sind, was u. a. auf

³² G. Mathiak 2006: Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Vogelwelt am Beispiel von Mecklenburg-Vorpommern. Unveröffentlichter Bericht, Greifswald, 58 S.

³³ Insbesondere von Bentzien 1975, Flade 1994, Gabriel 2000, Hahn 1966, Handke & Handke 2001, Hippke 1991, Hippke 1998, Kintzel 1987, Kintzel 1972, Krägenow 1968, Pannach 2001, Plath 1985, Plath 1990, Seibert 1967, Sternberg 1985, Ylönen 1980

die zunehmende Anwesenheit von Prädatoren und deren gezielte Beutesuche in derartigen Strukturen zurückgeführt wird. Somit muss in der Initialphase von Agroforstsystemen bei Arten- und Brutpaarzahlen von Werten unterhalb bzw. maximal ähnlich denen in offenen Agrarlandschaften ausgegangen werden.

Artenauswahl: Goldammer, Dorngrasmücke, Sumpfrohrsänger, Schafstelze

Übergangsphase (10-40 Jahre): Die Ergebnisse wurden aus Untersuchungen zu lockeren Baumreihen oder Alleen abgeleitet, die mit Agroforstsystemen in dieser Altersstufe und Strukturausprägung vergleichbar sind. Die Siedlungsdichten in diesen Habitaten zeigen gegenüber der Initialphase einen deutlichen Anstieg und liegen knapp 10 % über den Brutzahlen der offenen Feldfluren. Die im Vergleich zu anderen Habitaten (Feldgehölze, Waldränder) immer noch sehr niedrigen Artenzahlen sind wiederum auf das geringe Nistpotential (Höhlenbrüter) zurückzuführen. Hinzu kommt eine hohe Anfälligkeit (lichte Gehölze) der Baumbrüter gegenüber Prädatoren. Weiterhin fehlen die Strauchbestände und Hochstauden für gebüschbrütende Arten.

Artenauswahl: Schafstelze, Dorngrasmücke, Sumpfrohrsänger, Buchfink

Reifephase (40-70 Jahre, straucharm/-los): In der Reifephase wäre im Mittel eine weitere, wenn auch nur geringe Zunahme der Artenzahlen und Brutpaare zu verzeichnen. Allerdings streuen die Werte der Untersuchungen in Abhängigkeit von Baumart und -alter sowie dem Belastungspotential (Intensität der Straßen- und Feldrainbewirtschaftung, Verkehr) stark. Die geringe Siedlungsdichte gegenüber anderen Habitaten ist vor allem auf die fehlende Strauchschicht zurückzuführen, die sowohl das Bruthabitat der Strauchbrüter darstellt als auch Bodenbrütern zunehmend Deckung und Versteckmöglichkeiten bietet. Zudem steigt mit Sträuchern das Nistpotential für Baumbrüter, da die Strauchschicht einen Deckungsaspekt zum Boden hin bietet.

Artenauswahl: Buchfink, Gartengrasmücke, Mönchsgrasmücke, Fitis, Kohlmeise, Baumpieper, Ortolan

Vergleich zwischen gebüscharmen und gebüschreichen Gehölzstreifen

In der Auswertung wurden die Heckensysteme bezüglich ihrer Ausprägung gemittelt (keine nähere Differenzierung struktureller Qualität). Den Altersklassen „Übergangsphase“ und „Reifephase“ wird somit eine Heckenstruktur zugeordnet, die dem jeweiligen Alter der Bäume in der Altersklasse entspricht (Übergangsphase: schmale, lückige, niedrige Ausprägung; Reifephase: breite, zusammenhängende, höhere Strauchvegetation). Im Vergleich der Altersklassen zeigen sich höhere Werte bei Brutpaaren und Artenzahlen zugunsten der integrierten Strauchvariante. Deutliche Unterschiede zeigen sich aufgrund der gut entwickelten Strukturen im heckenreichen Reifestadium, wobei selbst die heckenreiche Übergangsphase schon mehr Brutpaare beherbergt als das heckenlose Reifestadium. Spätestens im heckenreichen Reifestadium kommt es je nach Beschaffenheit der Hecke zu einer Veränderung der Brutvogelzönose durch das vermehrte Auftreten von Buschbrütern gegenüber den feldbrütenden Arten.

Artenauswahl Übergangsphase: Gartengrasmücke, Klappergrasmücke, Kohlmeise, Buchfink, Goldammer, Neuntöter, Baumpieper

Ältere Baumhecken (Reifephase) liefern zusätzliche Habitatmöglichkeiten für Ringeltaube, Elster, Nebelkrähe und Eichelhäher (Artenauswahl).

Vergleich von Agroforstsystemen mit älteren Beständen (> 70 Jahre)

Agroforstsysteme mit einem Bestandesalter von max. 70 Jahren haben im Vergleich zu älteren Gehölzen (> 70 Jahre) ein deutlich verringertes Gesamtpotenzial für Brutvögel, wie sich aus Siedlungsdichteerhebungen älterer Gehölzreihen (z. B. Alleen) ableiten lässt. Danach kommt es vom Reifestadium eines Agroforstsystems zum Altstadium anderer Gehölze zu einer Verdoppelung der Brutbestände. Dies gilt sowohl für den Vergleich heckenloser als auch heckenreicher Systeme.

Nistökologische Analyse der silvoarablen Agroforstsysteme

Eine vergleichende Betrachtung der Nistökologie der Brutvogelarten gibt einen weiteren Aufschluss über das Besiedlungsspektrum und die Verteilung (Dominanzanteile) der Habitatgilden in den Gehölzen: Es zeigt sich ein vermehrtes Auftreten von Baumbrütern mit zunehmendem Bestandsalter. Das Stagnieren der Höhlenbrüter von der Übergangsphase bis zur Reifephase erklärt sich dadurch, dass nur eurytope Arten (Blaumeise, Kohlmeise) in diesen Gehölzen, in denen ein entsprechendes Nischenangebot noch fehlt, festzustellen sind. Die Strauchbrüter sind bereits ab der straucharmen Übergangsphase in geringer Dichte vorhanden. Dies lässt sich im Wesentlichen auf die Hochstaudensäume zurückführen, die die Arten in geringem Maße besiedeln können. Zusätzlich sind die Arten in der Lage, in den unteren Regionen der noch niedrigen Gehölze Nistplätze wahrzunehmen. Besonders auffällig ist, dass die Bodenbrüter (Strauchsaumbüter) fast kontinuierlich zunehmen können. Ein Grund dafür liegt in den variablen Deckungsmöglichkeiten, die die vielfältiger werdende Saum- und Strauchstruktur bietet. Insgesamt wird ein Trend dahingehend erkennbar, dass die Brutbestände aller vier Brutgilden mit zunehmendem Bestandsalter ansteigen.

Untersuchungen von Alleen und älteren Baumreihen bzw. -beständen zeigen, dass in der Altphase von Gehölzen (> 70 Jahre) der Anteil an Baum- und Höhlenbrütern auch ohne ausgeprägte Strauchvegetation zusammengenommen größer ist als der Gesamtbrutvogelbestand im Reifestadium mit Sträuchern. Auch erreichen die Strauchbrüter in der straucharmen Altphase aufgrund des Gesamtnischenangebotes ein Niveau, das bereits über dem Gesamtbrutvogelbestand der strauchreichen Reifephase liegt. Die höchsten Werte werden in den strauchreichen Altbaumbeständen erzielt.

3.4.2. Silvopastorale Systeme auf minerogenen Böden

Bei dieser Variante von Agroforstsystemen ist der Reihenabstand bedingt durch den geringeren maschinellen Aufwand kleiner anzusetzen. Als Richtwert für eine avifaunistische Bestandsprognose wird nachfolgend eine Entfernung von etwa 20 m zwischen den Reihen zugrunde gelegt. Dadurch entsteht mit zunehmendem Bestandesalter ein mehr flächiger, streuobstwiesenartiger, lichter Gehölzcharakter. Demzufolge können als Vergleichshabitate für die Berechnungen der Erwartungswerte hinsichtlich des Brutvogelbestandes Baumschulen (für die Initialphase), vorrangig jedoch Streuobstbestände (für die Initial-, Übergangs- und Reifephase) dienen, zumal es sich bei einigen der für Agroforstsysteme in Betracht

gezogenen Gehölzarten um Obstbäume handelt (Wildapfel, Wildbirne, Vogelkirsche). Die Daten stammen bei den Vergleichsuntersuchungen aus Nord- bzw. Ostdeutschland.

Prognosen der Brutbestandsentwicklung nach Altersklassen, auf der Grundlage von Referenzflächen

Die Brutbestandsituation für Neuanpflanzungen silvopastoraler Agroforstsysteme verhält sich im Wesentlichen analog zu den silvoarablen Systemen, allerdings kommt es durch die veränderten Lichtverhältnisse und den geringeren Reihenabstand zu einer leicht veränderten Brutvogelzönose. In der Pflanzperiode ist wiederum von sehr geringen Siedlungsdichten auszugehen.

Alle nachfolgenden Altersstadien im Agroforstsystem werden Untersuchungen zu Brutbeständen in jungen (7- und 15-jährig, intensiv bewirtschaftet, sehr straucharm) und mittelalten (ca. 50-jährig, vergleichsweise extensive Nutzung, teilweise mit Strauchschicht) Obstplantagen Ostdeutschlands zugeordnet. Hinzu kommt die eines alten, extensiv genutzten Obstbestandes (60 % der Fläche mit Beerensträuchern unterpflanzt) bei Hamburg. Während die sehr jungen und jungen Bestände noch bei Siedlungsdichten von unter 10 Brutpaaren auf 10 ha liegen, sind in den mittelalten Beständen bereits mehr als doppelt so hohe Bestandswerte zu verzeichnen. Die ältesten Obstbestände, die über dem Alter der in Agroforstsystemen vorgesehen Altersklassen liegen dürften, erreichen Werte von über 50 BP/10 ha. Die Artenzahlen sind in sehr jungen Beständen gering (6 Arten/10 ha), steigen auf etwa 10 Arten/ha in mittelalten Beständen an und erreichen in den alten, stärker strukturierten Obstbaukulturen etwa 20 Arten/ha.

Dennoch geben die Daten nur eingeschränkte Vergleichsmöglichkeiten mit potenziellen Agroforstsystemen, da die Bewirtschaftungsintensität und der Pestizid-/Herbizideinsatz in Obstbaukulturen sehr hoch ist. Zudem ist in den Obstbaubeständen bereits seit den 1960er Jahren ein Umbau der Bestände (von Hochstamm- zu Niederstammformen und zu anderen Formen, z. B. Mittelstämme) festzustellen, weswegen gerade auch für die Prognose auf ältere Aufnahmen zurückgegriffen wurde, in denen die Plantagen noch überwiegend aus Hochstämmen bestanden.

Nistökologische Analyse der silvopastoralen Agroforstsysteme

In den untersuchten Obstplantagen, die hier exemplarisch für silvopastorale Systeme stehen, zeigt sich, dass selbst in den älteren und alten Beständen ohne Nisthilfen Höhlenbrüter kaum Ansiedlungsmöglichkeiten finden. Dort, wo Nistkästen in ausreichender Zahl ausgebracht werden, kommt es zu einer Anhebung bis zur Verdopplung der Brutbestandszahlen, wenngleich in der Regel nur wenige Arten (Kohlmeise, Feldsperling, Gartenrotschwanz, Trauerschnäpper) hinzukommen. Dennoch unterstreicht dies den Wert einer solchen Maßnahme gerade auch vor dem Hintergrund der biologischen Schädlingsbekämpfung. Baumbrüter finden in den Kulturbäumen niederstämmiger Obstplantagen keine und in hochstämmigen Anlagen nur vereinzelt Nistmöglichkeiten vor. Agroforstsysteme mit höher wachsenden Baumarten können hingegen bessere Rahmenbedingungen für Baumbrüter bieten und das Artenspektrum dahingehend erweitern.

Die Bodenbrüter sind in bewirtschafteten Obstbaubeständen stark unterrepräsentiert. In silvopastoralen Systemen hingegen können durch entsprechende Strukturen (Gebüschsäume, Hochstaudenränder) die am Boden brütenden Strauchsaumarten größere Entwicklungspotenziale haben. Arten des Offenlandes fehlen, sofern keine größeren Freiflächen in den Bestand integriert werden. Aus den vorliegenden Untersuchungen geht hervor, dass in den mittelalten und alten Beständen die Strauchbrüter nahezu den Gesamtbestand (mittelalter Bestand) bzw. einen Anteil von > 50 % an der Brutzönose (Altbestand) rekrutieren. In Obstbaubeständen sind Strauchbrüter aufgrund der Rahmenbedingungen (unzureichende Brutmöglichkeiten für Boden- und Baumfreibrüter, fehlendes Nisthilfenangebot für Höhlenbrüter) die primäre Gilde innerhalb dieser Tiergruppe. Ein entsprechendes strukturelles Angebot, von dem in der Folge auch die Strauchsaumarten profitieren können, ist also unabhängig von der primären Flächennutzung entscheidend.

3.4.3. Silvopastorale Systeme auf Niedermoorboden

Unter der Maßgabe, degradierte Moorböden wiederzuvernässen und mit Gehölzen (Schwarzerle, Moorbirke) in Form eines Agroforstsystems zu bestocken, werden nachfolgend Bestandsentwicklungen prognostiziert³⁴. Untersuchungen von Erlen- und Birkengehölzen getrennt nach Altersklassen sind in der Literatur kaum zu finden. Demzufolge lassen sich im Falle der Feucht- und Nassgehölze nur Differenzierungen in „jüngere“ Gehölze (Übergangstadien) und „ältere bzw. alte“ Gehölze (Klimaxstadien) erreichen.

Sukzessionsstadien jüngerer Erlen- und Birkengehölze

Für die Sukzessionsstadien jüngerer Erlen- und Birkengehölze liegen Daten von einer Tagebaurekultivierung mit Erlen (13-jähriger Bestand, rund 50 Bäume/100 m²) und drei weiteren Flächen (Niedermoorsubstrate ohne zeitliche Einordnung) vor. Letztere sind ein Weidendickicht (lückiges Gebüschhabitat mit eingestreuten Wiesen), ein Birken-Vorwaldstadium (Deckungsgrad der Strauchschicht von 40 %) und ein Torfstich (Wasserstellen mit Ufervegetation, partiell auch ältere Baumreihen). Zusammengenommen zeigen diese aufgrund ihrer strukturellen Bedingungen Ähnlichkeiten mit Agroforstsystemen auf Niedermoor für die erste Hälfte der Wachstumsperiode (etwa 0-40 Jahre). Alle vier Varianten zeichnen sich durch einen erhöhten Anteil an Sträuchern aus, ein Vergleich mit strauchlosen Gehölzbeständen lässt sich demnach nur abschätzen. Die Siedlungsdichten müssten aber in diesen Fällen als deutlich geringer angesetzt werden.

Die Siedlungsdichten für junge Strauch- und Baumbestände liegen im Mittel bei 51 Brutpaaren/10 ha. Die Artenzahl ist mit 21 auf durchschnittlich 7,7 ha Flächengröße recht hoch und rührt von dem reichhaltigen Strukturangebot (Seggenbülte, Sträucher, Röhrichte, Jungbäume, kleine Wasserstellen) her. Als Höhlenbrüter sind verbreitete Arten mit geringeren Habitatansprüchen (u. a. Kohlmeise, Blaumeise, auch Weidenmeise) vertreten. Baumbrüter treten nur sehr vereinzelt auf (Ringeltaube, Pirol). Strauch- und Strauchsaumbrüter sind demnach die dominierenden Brutgilden, die im Birken-Vorwaldstadium zusammen 100 %, im Torfstich und im Weidendickicht deutlich über 90 % Anteil am

³⁴ Datengrundlage: Erhebungen von Dahmen 1998, Dittberner 1998, Eichstädt 1987, Flade 1994, Holzapfel et al. 1984, Stegemann 1973

Gesamtbestand erreichen. Lediglich in der Erlenrekultivierung erreichen Baumbrüter und Bodenbrüter zusammen mehr als 20 %.

Siedlungsdichten von Erlen- und Birkenbrüchen Nord- und Mitteldeutschlands (v.a. Altstadien)

Die durchschnittlichen Siedlungsdichten von Erlen- und Birkenbrüchen aus dem Nord- und Mitteldeutschen Einzugsgebiet beziehen sich in der Regel auf ältere Bruchwaldstadien und können Anhaltspunkte für Agroforstsysteme in der zweiten Anbauperiode (ca. 40-70 Jahre) liefern. Da es sich um zusammengefasste Angaben mit Durchschnittswertbildung handelt, können hierzu nur exemplarische Arten herausgegriffen werden, da die Autoren weder zur nistökologischen Verteilung noch zum gesamten Arteninventar Stellung nehmen.

Zusätzlich zu den Strauchgehölzarten (z. B. Fitis, Buchfink, Zilzalp, Rotkehlchen, Gartengrasmücke, Zaunkönig) kommen mit zunehmendem Bestandsalter die an diese Strukturbedingungen adaptierten Arten hinzu. Neben Höhlenbrütern (Weidenmeise, Sumpfmehle, Kleinspecht) und Baumbrütern (Pirol, Greifvögel, Rabenvögel) profitieren auch Bodenbewohner (Waldschnepfe, Kranich) und Arten der etablierten Feuchtwaldränder (Sprosser, Schlagschwirl) von dem altersbedingten, reicher strukturierten Lebensraum.

Agroforstsysteme auf Niedermoor gehören somit unter der Prämisse der Wiedervernässung und einer an extensiven Maßstäben orientierten Bewirtschaftungsform zu den interessantesten Formen der agroforstlichen Nutzung.

3.4.4. Ökologische (inkl. nahrungsökologische) Überlegungen im Hinblick auf Gehölze

Die Bedeutung von Agroforstsystemen für die Avifauna ist von einigen wesentlichen Parametern abhängig: Baumalter, Baumart, Baum- und Baumreihenabstand, Flächengröße und -umriss, Einbettung des Agroforstsystems in den landschaftlichen Kontext, Struktur und Schichtenaufbau des Gehölzes, Ausbildung von Säumen, Boden- und Humusform, Intensität der landwirtschaftlichen Bodennutzung, Bestandspflege und finale Holzentnahme. Daraus resultieren die zwei wesentlichen Faktoren für die Besiedlung von Gehölzen: das Nischenangebot (Brutplätze) und die Nahrungsverfügbarkeit. Grundlegend gilt es aus allgemein ökologischer wie auch speziell avifaunistischer Sicht für Agroforstsysteme, den Ausfall an Nischen und Nahrung infolge des herabgesetzten Bestandsalters durch andere Maßnahmen zu kompensieren.

Positiv wirkt sich indes in Agroforstsystemen das günstige Lichtangebot aus. Die Mehrheit der Wirbellosen-Fauna, die die essentielle Nahrungsgrundlage der Vögel in der Brutzeit bildet, bevorzugt in Mitteleuropa die relativ stark besonnten Randareale der Gehölze. Weiterhin ist die oft linienhafte Anordnung der Gehölzreihen (mit entsprechenden Saumstrukturen versehen) vorteilhaft zu bewerten, da sie eine landschaftsverbindende Wirkung haben und so den Austausch von Populationen mit geringerem Ausbreitungspotenzial begünstigen. Ein elementares Kriterium ist das horizontale Stratenangebot, also eine gut entwickelte Kraut-, Saum- und Strauchschicht. Ein Ausfall eines Stratum bewirkt eine signifikante Verringerung des Arteninventars. Zudem ist die Kraut- und Strauchschicht ein wesentliches Bindeglied bei den jahresperiodischen vertikalen Wanderungen der phytophagen Fauna zwischen der Bodenschicht und der Kronenschicht.

Die Größe der agroforstlich genutzten Fläche ist ebenfalls bedeutsam. In kleineren Agroforstsystemen werden stärker Arten der reich strukturierten Feldfluren dominieren. Größere Systeme hingegen werden stärker durch eurytope Gehölzvogelarten (Amsel, Zilpzalp, Mönchsgrasmücke, Buchfink) besiedelt, ohne dass jedoch echte Waldarten (aufgrund des limitierten Produktionszeitraums) dort einwandern können. Auch die äußere Form von Agroforstsystemen hat Konsequenzen für die Brutvogelbesiedlung: Schmale, gestreckte Agroforstsysteme mit langer Grenzlinie zur umgebenden Ackerlandschaft haben ein höheres Waldrand- und Waldsaumpotenzial, integrieren zu einem gewissen Grad Arten der Feldfluren und haben zusätzlich mehr Landschaft vernetzende Eigenschaften als quadratische, geschlossene Formen.

3.4.5. Nistökologische Verteilungsmuster in Agroforstsystemen

Im Wesentlichen setzt sich das Artenspektrum der Gehölzlandschaft im Sinne von Agroforstsystemen aus Bodenbrütern, Strauchbrütern, den sogenannten Baumfreibrütern (mit Nestern oder Horsten, die auf Ästen oder in Astgabeln offen angelegt sind) und Höhlenbrütern (einschl. Halbhöhlenbrütern) zusammen.

Das Vorkommen von offenen Bodenbrütern (z. B. Feldlerche) bleibt in auf Baumreihenabständen von 30-40 m angelegten Agroforstsysteme ausschließlich auf die Initialphase beschränkt. In offenen Gehölzsystemen mit sehr weitem Baumreihenabstand hingegen sind auch über diesen Initialzeitraum hinaus Brut- und Nahrungsmöglichkeiten gegeben. Die Saumarten (z. B. Sumpfrohrsänger), die höhere Vegetation (hochwüchsige Wildkräuter, Hochstauden) zur Nestanlage benötigen, können z. T. partielle Überschattung vertragen, so dass sie in lichten Agroforstsystemen vertreten sind, jedoch unter der Maßgabe, dass Saumstrukturen hinreichend gewährleistet sind. Zu den Baumfreibrütern in Agroforstsystemen zählen nur relativ wenige Arten (z. B. Ringeltaube, Aaskrähe, Turmfalke, Pirol). Einzelne Brutpaare finden etwa ab der Mitte des Produktionszeitraumes Habitatsmöglichkeiten vor. Die Zahl nimmt dann leicht zu, ohne dabei einen größeren Anteil an der Gesamtsiedlungsdichte erreichen zu können, da sie zur Nest- und Horstplatzanlage auf entsprechend ältere Holzbestände angewiesen sind. Es zeigt sich, dass sowohl für Bodenbrüter als auch für Baumfreibrüter nur eingeschränkte Entwicklungspotenziale in Agroforstsystemen gegeben sind.

Die Höhlenbrüter einschließlich der Halbhöhlenbrüter (z. B. Blaumeise, Kohlmeise, Feldsperling, Gartenrotschwanz) sind ohne künstliche Nistangebote in Agroforstsystemen nur sehr eingeschränkt und ohne unterstützende Maßnahmen erst zum Ende des Produktionszeitraums zu integrieren. Ihr Anteil dürfte zum Ende des Produktionszeitraumes einen Anteil am Gesamtbestand von 10 % kaum überschreiten. Durch das Ausbringen von künstlichen Nisthilfen können die Bestände an Höhlenbrüter mitunter stark angehoben werden.

Die deutlich dominierenden Gruppen in Agroforstsystemen sind die Strauchbrüter (u. a. Grasmücken, Heckenbraunelle, Finkenvogel, Laubsänger, Drosselvogel u. a.) und die Gebüschsaumarten (z. B. Ammern, Baumpieper), die im Bodenbereich um die Gebüsche herum brüten und somit essentiell auf Strauchvegetation angewiesen sind. Beide Gruppen zusammengenommen haben gleichzeitig das größte Entwicklungspotenzial im Hinblick auf die Ausbildung der Strauchsicht bzw. sind am stärksten von dem Fehlen dieses Stratums betroffen. Ihr Anteil am Gesamtbrutbestand ist zwar im Initialstadium von Agroforstsystemen

noch sehr gering, erreicht aber zur Mitte des Produktionszeitraumes unter der Maßgabe einer Gebüschsukzession Maximalwerte (bis zu 100 %), um sich danach im Zuge der weiteren sich etablierenden Brutgilden (Baumfreibrüter, Höhlenbrüter) bei Dominanzen zwischen 70 und 90 % einzupendeln.

Von maßgeblicher Bedeutung für die Qualität von Hecken und Gebüschsystemen als Vogellebensraum ist die Erhaltung eines möglichst über 3 m breiten Wildkrautsaums an den Gebüschrändern. Diese spielen eine wichtige Rolle als Pufferzone gegen den oft hohen Räuberdruck auf die Vogelnester, der in linienhaften Strukturen besonders augenfällig ist. So nutzen Beutegreifer die Heckenzüge oftmals als Orientierungslinie bei der Nahrungssuche. Durch breite und brennesselreiche Säume kann ein effektiver Schutz der Nester gewährleistet werden. Zumindest für die Bodenbrüter in Hecken, die einen großen Teil dieser Artengemeinschaft ausmachen, ist ein hinreichender Fortpflanzungserfolg nur in Verbindung mit breiten Randsäumen realisierbar. Darüber hinaus sind die Säume wegen ihres Insektenreichtums wichtige Nahrungsgrundlage während der Jungenaufzucht. Die Entwicklung eines breiten Angebots von Heckentypen und Hochstaudensäumen in unterschiedlicher Ausprägung innerhalb von Agroforstsystemen ist zu fördern.

3.4.6. Offene Acker- und Grünlandssysteme versus Agroforstsysteme - eine Bilanz

Mit Agroforstsystemen ist in der offenen Agrarlandschaft Mecklenburg-Vorpommerns eine grundsätzliche Aufwertung des strukturellen Angebotes verbunden. Eine Erhöhung des Waldanteils können Agroforstsysteme aufgrund der landwirtschaftlichen Bodennutzung in Verbindung mit dem limitierten Baumalter jedoch aus avifaunistischer Sicht nicht gewährleisten, da Waldvögel mit enger Bindung an gewachsene Waldhabitate nicht von ihnen profitieren.

Agroforstsysteme sind avifaunistisch gesehen in erster Linie Habitate für Strauch- und Gehölzvögel der reich strukturierten Landschaft. Neben zahlreichen ubiquitären und weit verbreiteten Arten (Amsel, Fitis, Zilzalp, Buchfink etc.) können sie zudem je nach Beschaffenheit Nist- und Nahrungshabitate für anspruchsvollere Saum- und Hochstaudenarten (Sumpfrohrsänger, Braunkehlchen, Feldschwirl), Unterholzarten bzw. Arten der Wald- ränder (Rotkehlchen, Mönchsgrasmücke, Gartengrasmücke) sowie Hecken- und Straucharten (Goldammer, Gelbspötter, Dorngrasmücke, Neuntöter) darstellen. So können Agroforstsysteme ein Mittel sein, um die über Jahrzehnte durch Flurbereinigungsmaßnahmen und Ackerflächenvergrößerungen verloren gegangenen Gehölzstrukturen für diese Arten teilweise zu ersetzen.

Agroforstsysteme übernehmen zusätzlich zu ihrer reinen Habitatfunktion für Brutvögel biotopverbindende Eigenschaften in der freien Landschaft bzw. erfüllen Funktionen als Trittsteinbiotope, wodurch der genetische Austausch (v. a. im Hinblick auf Arthropoden) gefördert, lokale Populationen gestützt und ein ausreichendes Nahrungsangebot gewährleistet wird.

Bezüglich der Gefährdungssituation verschiedener Arten ist anzumerken, dass, Gegensatz zu den in Alleen, Baumhecken, Gebüschsystemen, Feldgehölzen, Pappelforsten, Obstbaumbeständen sowie mit Einschränkung in Erlen- und Birkenmoorgehölzen siedelnden Leitartengruppen, jene der offenen Felder und des Feuchtgrünlandes als sehr stark gefährdet gelten. Zwar sind die entsprechenden Landschaftstypen großräumig vorhanden,

jedoch finden die entsprechenden Arten aufgrund von Intensivlandwirtschaft nicht mehr genügend Nahrung und generell nur noch ungünstige Reproduktionsbedingungen vor (Flade 1994)³⁵. Agroforstsysteme können im ungünstigsten Fall eine zusätzliche Beeinträchtigung der Lebensumstände dieser Landschaftsgilde auf lokalem bzw. regionalem Niveau darstellen.

Agroforstsysteme sollten daher so gestaltet werden, dass Arten der Offenlandschaft nicht aus diesen Gebieten vollständig ausgeschlossen werden. Als Anspruchstypus kann stellvertretend für andere Offenlandarten die Feldlerche (*Alauda arvensis*) angeführt werden. Großräumige Untersuchungen ergaben, dass für die Feldlerche als Richtwert ein Korridor von max. 200 m Breite beiderseits von Straßen gilt, in dem von negativen Einflüssen auszugehen ist. Günstig für eine Ansiedlung von Arten der Offenlandschaften wäre demnach bei einer angenommenen Baumreihengesamtlänge von ca. 500 m ein Baumreihenabstand von etwa 200 m, wie er bei linienhaften Anpflanzungen entlang von Besitz- oder Gemarkungsgrenzen bzw. an Feldwegen oder an den Rändern von Ackerschlägen möglich erscheint. In allen enger stehenden Plantagen und Forstbeständen wäre mit Einschränkungen oder Verlusten für die lichtbedürftige und auf Gehölze negativ reagierende Brutvogelfauna des Offenlandes zu rechnen.

Eine kompensatorische Funktion von Agroforstsystemen im Hinblick auf Brachen ist aus avifaunistischer Sicht nicht gegeben. Brachen sind im Gegensatz zu den als halboffen zu bezeichnenden Agroforstsystemen integraler Bestandteil des Offenlandhabitates und beziehen ihren hohen ökologischen Wert aus der Tatsache, dass sie nicht überschirmt werden und einen reichen Blühaspekt besitzen. Aufforstungen dagegen sind Flächen, die langfristig in Wald überführt werden. Auch hier ist keine Übereinstimmung mit den temporären, halboffenen Agroforstsystemen gegeben. Die auf den Literaturdaten basierenden Prognosen lassen den Schluss zu, dass Agroforstsysteme keine echte „Waldavifauna“ aufnehmen können, somit auch keine Alternative zu Aufforstungsmaßnahmen in waldarmen Gebieten sein können.

Im Hinblick auf eine abschließende Bewertung von Agroforstsystemen in Bezug auf den Ausgangszustand (Status quo ante) hat sich eine Argumentation mittels gefährdeter Arten als nicht zielführend erwiesen, da die Arten der offenen Agrarlandschaft zu den am stärksten gefährdeten Brutvogelgemeinschaften Mitteleuropas gehören und fast vollständig durch Gehölzanbau verdrängt werden. Andererseits verzeichnen die quantitativen Strukturwerte wie Siedlungsdichten und Artenzahlen deutlich höhere Werte für die Gehölzsysteme als für das Offenland und belegen das hohe Ansiedlungspotenzial für die Brutvögel reich strukturierter Gehölz- und Feldlandschaften.

³⁵ M. Flade 1994: Die Brutvogelgemeinschaften Mittel- und Norddeutschlands. Grundlagen für den Gebrauch vogelkundlicher Daten in der Landschaftsplanung. IHW-Verlag, Eching: 879 S.

3.5. Ökofaunistische und naturschutzfachliche Bewertung von Agroforstsystemen anhand der Carabidenfauna in Mecklenburg-Vorpommern³⁶

In Mecklenburg-Vorpommern standen in diesem Projekt keine agroforstlich genutzten Flächen als Versuchsfläche zur Verfügung, daher wurden Parallelschlüsse von vergleichbaren Strukturen anhand von Literatur und Datenbankinhalten gezogen. Von den 336 in Mecklenburg-Vorpommern nachgewiesenen Laufkäferarten fanden sich 143 Arten, die in den vorgestellten silvopastoralen oder silvoarablen Agroforstsystemen einen potentiellen Lebensraum finden können.

3.5.1. Carabiden der Feldgehölze

Diese Gruppe profitiert ganz deutlich von einer Etablierung von Gehölzstrukturen auf Ackerflächen. Dies gilt sowohl für sandige Standorte als auch für Äcker auf bindigen Böden, wobei bei letzteren durch das größere Feuchtigkeitspotential des Bodens höhere Dichten zu vermuten sind.

In den ersten Jahren einer jungen Pflanzung (0 bis max. 5 Jahre) können die ersten ubiquitären Arten der halboffenen Landschaft vorkommen. Danach sind einige der ausbreitungsstärkeren Arten, die auch in Wäldern hohe Dichten erreichen, auf der Fläche vertreten. In der Übergangsphase können sie neben typischen Feldarten als dominante Spezies auftreten. Während der Reifephase (Abschnitt vor der Ernte) werden regelmäßig Arten aus dem Lebensraumtyp Feldgehölz angetroffen: Die meisten davon finden in der offenen Landschaft nur ein Auskommen, wenn entsprechend alte Gehölzstrukturen in ausreichender Dichte vorhanden sind. Generell ist davon auszugehen, dass Agroforstsysteme in der Nähe von großen Waldungen eher und besser von dieser Gruppe angenommen werden als vergleichbare, aber von Wäldern weit entfernte Flächen.

Die Arten dieser Gruppe sind alle häufig bis sehr häufig bzw. weit verbreitet: Sie sind selbst in Siedlungen zahlreich zu finden und unterliegen keiner Gefährdung. Eine Förderung der an Feldgehölze gebundenen Artengruppe erhöht in der Regel die Biodiversität einer Fläche, trägt aber nicht zu einer höheren naturschutzfachlichen Qualität der Laufkäferfauna bei.

3.5.2. Carabiden der Gras- und Krautsäume (Ackerschonstreifen)

Diese Artengruppe profitiert von Agroforstsystemen auf Äckern bei gleichzeitiger Etablierung von Gras- und Krautsäumen unter Voraussetzung von deren richtiger Anlage und Pflege. Dieser Lebensraum ist relativ artenreich, da er einen Übergangsbereich zwischen Offenland und Gehölzstruktur darstellt, der vielen Laufkäfern als Rückzugsareal und Brutstätte dient.

Da sich die Gras- und Krautsäume relativ schnell entwickeln (innerhalb von ein bis zwei Jahren), sind die positiven Effekte voraussichtlich schon während der Initialphase zu registrieren. Diese Artengruppe kommt potentiell schon in geringerer Dichte auf Feldern und in deren Umland vor, so dass die neu geschaffene Struktur schnell angenommen werden kann. Dies trifft nicht nur auf die Krautsäume selber zu, sondern wirkt sich bei geeigneter extensiver Bewirtschaftung auch auf die Felder aus. Das Alter der Gehölzstruktur spielt dabei eine

³⁶ Jureck Hampel 2006: Ökofaunistische und naturschutzfachliche Bewertung von Agroforstsystemen anhand der Carabidenfauna in Mecklenburg-Vorpommern. Unveröffentlichte Studie, Greifswald, 87 S.

untergeordnete Rolle, solange die Saumstrukturen weiterhin ausreichend besonnt werden. Lediglich die Gehölzstrukturen selbst werden mit zunehmendem Alter von diesen Arten gemieden.

Die Förderung dieser Artengruppe stellt - neben der Förderung der Ackerarten - im Rahmen von Agroforstsystemen das größte naturschutzfachliche Potential dar, da immerhin sieben der 143 untersuchten Arten in Mecklenburg-Vorpommerns gefährdet sind. Daneben können in diesen Ackerschonstreifen und Säumen seltene Wildkräuter gefördert werden, die wiederum vielen anderen Tieren Nahrung und Lebensraum bieten. Zudem wird dieser Lebensraum von den meisten Kulturfolgern zumindest zeitweise unter verschiedenen Gesichtspunkten (Nahrungserwerb, Fortpflanzung, Rückzugsareal, Überwinterung) aufgesucht.

3.5.3. Carabiden der Äcker mit bindigen Böden

Für diese Carabiden stellt die Anlage von Agroforstsystemen bei gleich bleibender Intensität der Bewirtschaftungsweise einen negativen Eingriff dar, da ihre verfügbare Fläche durch Gehölzaufwuchs verringert wird. Fördernde Maßnahmen sind in erster Linie Ackerrandstreifen, kurzlebige Ackerbrachen und alternative Bewirtschaftungsformen. Werden auf konventionellen Ackerflächen diese Aspekte berücksichtigt, können Agroforstsysteme insofern eine nützliche Funktion für Laufkäfer übernehmen, als sie einen giffreien Raum mit geringerer Bodenbearbeitungsintensität bieten. Ausreichend breite Randstreifen von mindestens 3-4 m beidseitig der Gehölzlinien sollten dafür eingeplant werden.

Der geeignete Lebensraum dieser Arten wird stark durch Baumalter und -höhe beeinträchtigt. Entscheidend ist hierbei natürlich auch die Dichte der Struktur. So werden Gehölze in der Übergangsphase und verstärkt in der Reifephase in der Regel nicht mehr oder nur wenig von Ackerarten besiedelt; bereits in der Bestandsgründungsphase weichen empfindlichere Arten. Wird die Gehölzstruktur von einem Übergangstreifen eingefasst, machen sich auch hier die zunehmende Überschattung und ein verändertes Mikroklima in der Übergangs- und Reifephase für diese Artengruppe negativ bemerkbar. Lediglich in der Initialphase könnten die Arten durch einen biozidfreien und weitestgehend von Bodenbearbeitung verschonten Übergangstreifen profitieren, der von den Jungbäumen noch nicht maßgeblich beeinflusst wird (Schattenwurf, Luftzirkulation).

Durch größere Pflanzabstände (20 m) und Verzicht von Unterpflanzung mit Sträuchern können die negativen Effekte für die reinen Ackerelemente minimiert werden. Dennoch wird der den Gehölzen angrenzende Feldbereich für die empfindlichen und daher meist gefährdeten Offenlandarten als dauerhafter Lebensraum unbrauchbar oder eingeschränkt. In der Reifephase der Bäume kann diese ungünstige Zone mehrere 10 m in das Feld hinein betragen, während weiter entfernte Feldbereiche (ab 100 m Abstand) voraussichtlich nicht von den Gehölzstreifen beeinflusst werden.

Unter den Ackerarten sind eine Reihe gefährdeter Spezies, die durch extensive Bewirtschaftungsformen gefördert werden können. Daher stellen unbewirtschaftete Ackerrandstreifen zusätzliche Rückzugsräume für diese Arten dar. Werden konventionell bewirtschaftete Äcker durch Agroforstsysteme aus dieser intensiven Nutzung herausgenommen, können positive Effekte für die Ackerarten bei entsprechender Gestaltung dieser Systeme erzielt werden.

3.5.4. Carabiden der armen Sandäcker und Ackerbrachen

Diese Carabidenzönosen sind dem vorangegangenen System sehr ähnlich und reagieren demnach empfindlich auf die Bewirtschaftungsform. Auch für diese Standorte kann der Leitspruch „weniger ist mehr“ hinsichtlich der Bearbeitungsintensität gelten. Viele der für diesen Lebensraumtyp charakteristischen Arten reagieren auf Beschattung empfindlicher als andere Offenlandarten. Dies liegt an den Habitatansprüchen dieser Gruppe: Sie sind in der Regel Besiedler von Pionierstandorten oder an andere unbeschattete und mit spärlicher Vegetation ausgestattete Lebensräume angepasst. Bei zunehmender Vegetationsdichte (Feuchtigkeit, Bedeckungsgrad) werden diese Arten von konkurrenzstärkeren Laufkäfern verdrängt. Eine Überschattung von Bäumen wird daher von diesen Tieren nicht toleriert. Dementsprechend muss eine agroforstliche Anbaumethode kritisch betrachtet werden.

In der Initialphase werden die Arten nur wenig beeinflusst, wenn die Bäume in größeren Abständen (20 m) stehen und nicht mit Sträuchern unterpflanzt werden. Der ackerbaulich ungenutzte Bereich zwischen den Bäumen wäre für sie nur begrenzt nutzbar, da generell eine hohe und dichte Vegetation gemieden wird. Lediglich nach der Ernte der Feldfrüchte kommt es zu einem Einwandern der Feldarten in solche Strukturen. Mit zunehmender Höhe (Übergangsphase, Reifephase) werden diese Gehölzstrukturen und deren unmittelbarer Bereich von diesen Laufkäfern gemieden. Sind die Pflanzabstände der Bäume zu dicht (unter 20 m) gewählt, eignen sich auch weite Teile des Feldes als Lebensraum nicht mehr und werden nicht oder nur in geringer Dichte besiedelt.

Die Gefährdungssituation der für Sandäcker typischen Carabiden für Mecklenburg-Vorpommern scheint zunächst nicht bedeutsam. Werden allerdings die angrenzenden Bundesländer mit betrachtet, muss diesen Standorten aus naturschutzfachlicher Sicht eine hohe Bedeutung innerhalb der bewirtschafteten Flächen zugesprochen werden. Dies ist vor allem auch deshalb der Fall, weil ein Großteil gefährdeter Ackerarten bindiger Böden ebenfalls auf diesen Flächen zu finden ist und Ertragsnebenstandorte im Allgemeinen stärker als andere Flächen von Nutzungsänderungen betroffen sind. Offenhaltung bzw. Teiloffenhaltung durch Agroforstsysteme mit extensiver Ausprägung kann daher als eine mögliche Form angesehen werden, diesen wertvollen Lebensraum nicht nur aus landschaftsästhetischen Gründen zu erhalten.

3.5.5. Carabiden des feuchten Grünlands

Bei der Anlage von Agroforstsystemen auf degradierten Niedermoorstandorten wird für die Artengruppe des feuchten Offenlandes ein positiver Trend über eine Vernässung der vormals entwässerten Flächen erreicht. Die typischen und weit verbreiteten Grünlandarten werden dadurch weitestgehend zurückgedrängt, während die Feuchtgrünlandarten verbesserte Lebensbedingungen vorfinden. In der Regel ist dieser Vorgang mit einem Individuenrückgang verbunden, wobei allerdings seltenere Arten zunehmen.

Dabei spielt für die Zönosenausbildung nicht nur der Vernässungsgrad eine Rolle, sondern auch die Bewirtschaftungsintensität. Eine extensive Bewirtschaftung ist für viele dieser Arten eine Grundvoraussetzung. Werden vegetationsfreie Flächen zugelassen bzw. Bereiche mit spärlicher Bedeckung geschaffen, kann ein Lebensraum für weitere bedrohte Arten entstehen. Hohe Vernässungsgrade mit Überstauungen bis mindestens in das Frühjahr hinein begünstigen solche Ausprägungen (z. B. nasse Senken/Mulden). Mit positiven Effekten kann

schon in der Initialphase gerechnet werden, sie halten bis zur Reifephase an, wenn genügend unbeschattete Feuchtgrünlandflächen verbleiben. Die Gehölzstrukturen werden von dieser Artengruppe weitestgehend gemieden, vor allem bei entsprechender Überschattung in der Übergangs- und Reifephase. Auch feuchte Hochstaudenfluren werden nicht von allen Arten aus dieser Kategorie angenommen.

Durch den hohen Flächenanteil noch intakter Feuchtlebensräume in Mecklenburg-Vorpommern sind nur wenige der für Feuchtwiesenstandorte typischen Laufkäfer in irgendeiner Weise gefährdet. Die beiden gefährdeten Arten aus dieser Kategorie können durch vegetationsfreie und sehr nasse Bereiche in den Feuchtwiesen gefördert werden.

3.5.6. Carabiden des mesophilen Grünlands (Streuobstwiesen)

Für diesen Lebensraumtyp gibt es nur wenige spezialisierte und gefährdete Arten. In der Regel dominieren einzelne, weit verbreitete Arten diese Zönosen. Entsprechend gering ist die naturschutzfachliche Bedeutung dieser Flächen für die Laufkäfer. Da die Überschattung für diese Tiere keine vorrangige Bedeutung hat, können auch dichtere Pflanzabstände gewählt werden, wie sie beispielsweise auf Streuobstwiesen vorgefunden werden.

Weit verbreitete mesophile Offenlandarten (Initialphase) werden durch indifferente Arten, die auch in Gärten und heckenreichen Landschaften zu finden sind, im späteren Verlauf (Übergangsphase, Reifephase) abgelöst oder weitestgehend verdrängt. Die Notwendigkeit, diese Arten zu fördern, besteht kaum, da sie ebenfalls zu den „Profiteuren“ der intensivierten Landwirtschaft zu rechnen sind. Trotzdem können durch den höheren Strukturreichtum eines Agroforstsystems zumindest in den ersten Jahren positive Reaktionen der Laufkäferfauna erwartet werden. Beispiele sind verschieden intensiv genutzte Bereiche des Grünlands oder entlang der Baumreihen entstehende Hochstaudenfluren, welche die Diversität erhöhen. In der Reifephase werden allerdings diese Kleinstlebensräume durch zunehmende Beschattung für viele Arten unattraktiv.

Tab C 3.1.: Maßnahmen zur Förderung der verschiedenen Laufkäfer-Artengruppen

Gestaltung: Carabiden...	Abstände zw. den Bäumen	Abstände zw. den Reihen	Gestaltung der Baumstreifen	Sonstiges
... der Feldgehölze	möglichst gering	30-100 m	Hecken um die Bäume, 2-3 m breiter Gras-Krautsaum um die Gehölze	Gesamtbreite Gehölzstruktur 8-10 m
... der Gras- und Krautsäume		40-80 m	3-4 m breite Streifen, die die Gehölzstrukturen erfassen; einschürige Mahd im Juli	Baumlücken lassen; kein Dünger- und Biozideinsatz
... der Äcker mit bindigen Böden	größerer Pflanzabstand (20 m)	mind. 120 m, besser 200 m	ohne oder mit lockerer Strauchpflanzung; ungedüngter Ackerwildkrautstreifen, der einmal im Jahr umgebrochen wird, mind. 4 m breit	
... der armen Sandäcker und Ackerbrachen	größerer Pflanzabstand (20 m)	mind. 150 m	ohne Sträucher; ungedüngter Ackerwildkrautstreifen, der einmal im Jahr umgebrochen wird; mind. 4 m breit	

... des feuchten Grünlands		mind. 15 m		langer Überstau bis in das Frühjahr hinein; extensive Bewirtschaftung
... des mesophilen Grünlands	10-15 m	20-25 m	keine Sträucher	Grünlandnutzung 2-3schurig, einschurig in der Baumreihe

3.5.7. Gefährdungssituation der Laufkäfer in Mecklenburg-Vorpommern

Von den insgesamt 143 analysierten Laufkäferarten stehen 20 Arten in der Roten Liste Mecklenburg-Vorpommerns. Prinzipiell hat Artenschutz auf ertragsorientierten, landwirtschaftlichen Produktionsflächen keine so hohe Relevanz wie in naturnahen Lebensräumen, in denen eher mit stark gefährdeten Arten gerechnet werden kann. Durch agroforstliche Maßnahmen kann der jeweilige Lebensraum nur bedingt aufgewertet werden, in der Regel gilt dies auch nur für naturferne und intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen. Dennoch stellen auf sehr naturfernen Flächen (Intensiväcker, Intensivgrünland) etablierte Agroforstsysteme eine gewisse Verbesserung der Lebensbedingungen dar. Im Gegensatz dazu sind sie auf naturnäheren Standorten eher kritisch zu betrachten, da hier die Negativeffekte überwiegen. Gerade extensiv bewirtschaftete Offenlandflächen gehören hierzu, die sich durch die vielen sensiblen Arten auszeichnen. Durch Agroforstsysteme werden diese Lebensräume zerschnitten und ein Zustrom an ubiquitären Arten erfolgt, was wiederum zum erhöhten Konkurrenzdruck für die gefährdeten Arten führt.

Die 20 in Mecklenburg-Vorpommern gefährdeten, potentiell auf Agroforstflächen vorkommenden Laufkäfer sind nicht gleichmäßig über die verschiedenen vorgestellten Habitattypen verteilt, wie Abbildung C 3.5. verdeutlicht.

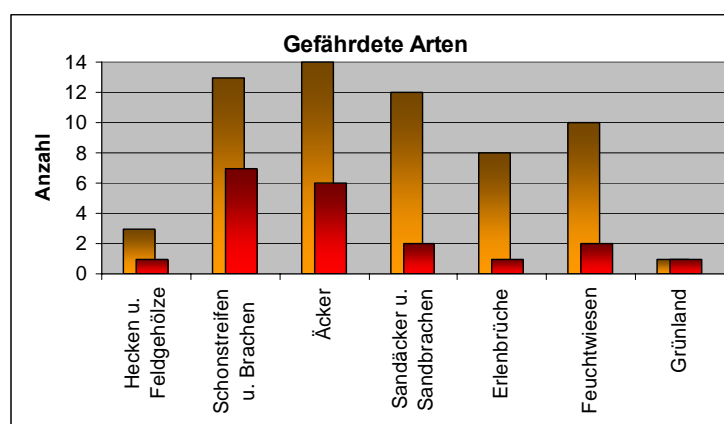


Abb. C 3.5.: Gesamtanzahl der gefährdeten Arten (von den 143 behandelten Laufkäfern) in den Roten Listen der Länder MV, BB, SA, SH, D (orange Balken) und Mecklenburg-Vorpommern (rote Balken) aufgeteilt nach Landschaftstypen

Die meisten gefährdeten, potentiell in Agroforstsystemen vorkommenden Arten rekrutieren sich aus der Gilde der Offenlandarten der Agrarlandschaft, deren Schutz eine vorrangige Bedeutung zukommt. Die von den Gehölzpflanzungen ausgehenden Negativeffekte müssen demnach möglichst gering gehalten werden.

3.5.8. Fazit

Die Mehrheit der gefährdeten Laufkäferarten in Mecklenburg-Vorpommern kann nicht durch Gehölzstrukturen von Agroforstsystemen gefördert werden. Positive Aspekte gehen lediglich durch die Offenhaltung gefährdeter Wirtschaftsflächen aus. In erster Linie sind dies von Bewaldungsdruck bedrohte Ackerlandschaften, vornehmlich auf Grenzertragsstandorten. Profitieren würden davon primär die Laufkäfer armer Offenlandstandorte. Für die Laufkäferzönosen degenerierter und tief meliorierter Grünlandstandorte auf Niedermoorböden würde Agroforstwirtschaft, verbunden mit einer dauerhaften Vernässung, eine Verbesserung des Lebensraumes bedeuten.

Linienartige Gehölzstreifen als kleinflächige Strukturen auf Äckern werden sehr stark durch ihre Umgebungsflächen geprägt und sind von deren Faunenausstattung abhängig. Die Zuwanderungsraten (z. B. durch Waldarten) solcher stark isolierter und relativ kleiner Biotope von außerhalb sind gering und der Arten turnover hoch. Sie dienen daher nur wenigen, zumeist ubiquitären Arten dauerhaft als Lebensraum, Charakterarten gibt es nicht. Von den meisten Ackerarten werden solche Strukturen weder gezielt aufgesucht noch gänzlich gemieden.

Sind die linienartigen Gehölze allerdings durch großflächigere und besonnte Gras- und Krautsäume aufgewertet, finden sich auch seltenere, an solche Strukturen angepasste Arten ein. Die Refugialfunktion dieser Flächen ist allgemein als hoch einzuschätzen, wenn sie bestimmte Kriterien erfüllen (frei von Düngemitteln und Bioziden): Sie sind Rückzugsareal und Quellstruktur vieler Offenlandarten.

Eine Korridorwirkung durch Agroforstsysteme besteht nur für wenige und weit verbreitete Laufkäfer der Offenland-Wald-Übergangsbereiche und für mesophile Waldarten. Diese Korridorwirkung entsteht jedoch nur in breiten und älteren Gehölzsystemen, in denen sich die mikroklimatischen Verhältnisse denen eines Waldes angleichen. Kleinere Gehölzstrukturen oder Pflanzungen ohne Heckeneinfassung sind dagegen deutlich höheren Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen ausgesetzt und werden von diesen Arten nicht als Lebensraum angenommen.

3.6. Beitrag von Agroforstsystemen zu einem Biotopverbund³⁷

Die Baumstreifen eines Agroforstsystems können nicht nur Funktionen als Habitate, sondern auch für den Biotopverbund in Agrarlandschaften erfüllen. Welche Ansprüche die einzelnen Arten an den Lebensraum stellen bzw. zu welchem Wanderungs- und Ausbreitungsvermögen sie befähigt sind, variiert sehr stark. So scheint es weder sinnvoll noch realistisch, für jede Art den „idealen Lebensraum“ schaffen zu wollen. Es gibt aber allgemeine Prinzipien, nach denen man sich richten kann, damit die neu eingebrachten Agroforststreifen zum Biotopverbund beitragen können. Diese betreffen vor allem das Design des Agroforstsystems, und zwar den gewählten Bewuchs des Streifens, die Streifenbreite, die Anordnung im Raum sowie den Abstand zwischen einzelnen Streifen.

³⁷ Ergebnisse aus: C. Heindorf 2007: Problemorientiertes Design silvoarabler Agroforstsysteme in der Agrarlandschaft Kraichgau. Diplomarbeit am Institut für Landespflege, Universität Freiburg, 130 S.

Bäume und weitere Vegetationsschichten

Die Bäume auf den Agroforststreifen können mit verschiedenen Vegetationsformen kombiniert werden und ähneln je nachdem einem anderen Biotoptyp. So sind z. B. mehrere Agroforststreifen, direkt nebeneinander liegend, einer Streuobstwiese ähnlich; ein Bewuchs mit Bäumen und Hecken entspricht dem Biotoptyp Baum- und Strauchhecke; wachsen unter den Bäumen Gräser und Kräuter, so würde dieser eher einem Ackerrain oder einer Allee am Feldrand ähneln.

Grundsätzlich werden bei der Biotopverbundsplanung gleichartige oder verwandte Biotopstrukturen miteinander vernetzt, die sich hinsichtlich ihrer strukturellen Merkmale und bestimmter qualitativer Faktoren ähneln. Die Art der Bepflanzung wird sich also danach richten, welche Biotoptypen miteinander verbunden werden sollen. Denkbar ist, dass die Baumstreifen eines Agroforstsystems – je nach Vegetation – Grünlandbiotope über Acker hinweg verbinden oder Hecken und Feldgehölze miteinander bzw. mit Waldrändern. Um voneinander getrennte Waldstücke miteinander zu verbinden, müssten die Baumstreifen mit dichten Hecken bewachsen und mindestens 10 m breit sein.

Streifenbreite

Die Breite von linearen Strukturen, so genannten Saumbiotopen, ist von großer Bedeutung, da mit zunehmender Breite die negativen Randeinflüsse zum Innenbereich hin abnehmen und sich typische artenreiche Saumbiozönosen ausbilden können. Die geforderten Mindestbreiten sind von Biotoptyp zu Biotoptyp unterschiedlich. So kann ein Gras- und Krautsaum schon bei einer geringen Breite (2-3 m) für typische Saumarten als Lebensraum geeignet sein, ein Waldrand hingegen, bestehend aus Waldsaum und Mantel, sollte je nach Besonnung zwischen 15 und 30 m breit sein (Riedel et al. 1994)³⁸. Generell lässt sich festhalten, dass mit zunehmender Breite von Linearbiotopen die Artenzahl steigt. Die meisten Autoren setzen für Hecken eine Breite von mindestens 5 m voraus. Für typische Waldarten sollte eine Hecke eine Breite von mindestens 8 m, besser 10 m aufweisen, damit sich im Innenraum der Hecke ein waldähnliches Klima einstellen kann und auch diese Arten die neuen Biotope als vorübergehenden Lebensraum (Trittsteinbiotop) oder Wanderweg (Korridor) nutzen können (Jedicke 1994)³⁹.

Anordnung der Agroforststreifen im Raum

Grundsätzlich orientiert man sich bei der Biotopverbundsplanung an den naturnahen Biotopen, die bereits in dem Planungsgebiet vorhanden sind, um diese über die neuen strukturellen Elemente miteinander zu vernetzen. Zusätzlich kann man geomorphologische Strukturen, Wegränder, Bachufer und auch Grundstücksgrenzen für die geplanten Verbindungen heranziehen (Jedicke 1994). Die neuen Strukturelemente sollen außerdem so angelegt werden, dass sie gegebenenfalls bereits bestehende Lebensräume mit adäquaten Pufferbreiten ausstatten. So benötigen z. B. Waldränder, Feldgehölze und Hecken eine

³⁸ B. Riedel, A. Pirkl, R. Theurer 1994: *Planung von lokalen Biotopverbundsystemen. Band 1 Grundlagen und Methoden*. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Ländliche Entwicklung in Bayern. 214 S.

³⁹ E. Jedicke 1994: *Biotopverbund - Grundlagen und Maßnahmen einer neuen Naturschutzstrategie*. Ulmer Verlag, Stuttgart, 287 S.

Pufferbreite von mindestens 1 m gegen landwirtschaftliche Nutzflächen, besser sind 2-5 m (Riedel et al. 1994).

Die Anordnung gleichartiger oder verwandter Biotopstrukturen ist ein weiterer wichtiger Aspekt: Eine parallele Anordnung gleichartiger Strukturen in engem Abstand zueinander fördert die Artenvielfalt und erhöht die Individuendichte. So konnte bei Untersuchungen zur Bestandesdichte von Vögeln festgestellt werden, dass sich beiderseits eines Weges verlaufende Doppelhecken um 50 % artenreicher zeigten als eine unverzweigte Einzelhecke (Puchstein 1980)⁴⁰. Auch Abzweigungen von linearen Hecken (T-Einmündungen) fördern das Artenvorkommen.

Für die Förderung von Arten mit Mehrfachbiotopansprüchen, also Arten, die zweier oder mehrerer unterschiedlicher Biotoptypen für verschiedene Lebensstadien oder bestimmte Aktivitäten bedürfen, ist es jedoch nicht ausreichend, sich auf die Vernetzung gleicher oder verwandter Biotope zu beschränken. Um auch diesen Arten gerecht zu werden, muss der räumliche Kontakt zwischen Biotopen einer Sukzessionsreihe oder Zonationsreihe sowie die Vernetzung von ganz unterschiedlichen Biotoptypen zusätzlich in die Biotopverbundsplanung einbezogen werden (Riedel et al. 1994). Ein Beispiel für verschiedenartige Biotoptypen, deren Kontakt untereinander hergestellt werden sollte, ist das Sommer- und Winterhabitat. So ziehen sich Insekten, die Ackerflächen als Sommerhabitate nutzen, in angrenzende Heckenstrukturen zurück, wenn die Felder abgeerntet werden.

Vorhandene Strukturen befinden sich in Ackerbaugebieten häufig an den Ackerflächengrenzen und Wegen. Deswegen ist es durchaus sinnvoll, sich am Wegenetz zu orientieren und entlang der Wege Agroforststreifen einzubringen. Letztendlich wird damit ein die Ackerflächen umrahmender Korridor geschaffen, der es den Tieren ermöglichen kann, den „feindlichen“ Lebensraum Acker bestmöglich zu umgehen. Ferner können die Agroforststreifen beiderseits der Wege angelegt werden, damit ein möglichst enger räumlicher Kontakt gegeben ist. Sobald sich die Wege kreuzen, entstehen automatisch so genannte T-Strukturen. Gleichzeitig sollen die Agroforststreifen so angelegt sein, dass sie die Pufferbreite von Lebensräumen erweitern und gleichfalls zu einer Lebensraumerweiterung beitragen. Z. B. kann die vorhandene Streuobstwiese durch eine angrenzende Baumreihe in Kombination mit einem Blühstreifen erweitert und vor schädlichen Randeinflüssen (z. B. Düngeeintrag) der angrenzenden intensiv bewirtschafteten Ackerfläche besser geschützt werden.

Streifenabstand/Verbunddistanz

Nicht immer ist es möglich, dass die neuen Biotope in direkter Verbindung zu bereits bestehenden Strukturen entstehen. In diesem Fall sollte zumindest die Schaffung indirekter Kontakte zwischen den Lebensräumen angestrebt werden. Mit einer Maximaldistanz von 50 m zu anderen, möglichst ähnlichen, naturnahen Landschaftselementen wird den meisten mobilen Arten die Möglichkeit eingeräumt, in umliegende Biotope zu- und abzuwandern.

Um die neuen Strukturen möglichst in die räumlich-dynamischen Lebensprozesse einer Vielzahl von Arten einzubeziehen, sind die Abstände der Agroforststreifen untereinander sowie zu anderen, ähnlichen oder gleichwertigen Biotopen essentiell. Hierbei kann es hilfreich sein,

⁴⁰ K. Puchstein 1980: *Zur Vogelwelt der schleswig-holsteinischen Knicklandschaft mit einer ornitho-ökologischen Bewertung der Knickstrukturen*. Corax 8: 62-106

sich an den Aktionsradien verschiedener Tiere zu orientieren. Der Aktionsradius einzelner Arten richtet sich vor allem nach dem Mobilitätsvermögen der Tiere. Der Aktionsradius der Feldlerche (*Passer montanus*) liegt beispielsweise bei 300 m, während die meisten Laufkäferarten (*Carabidae*) einen Aktionsradius von unter 50 m besitzen (Müller 1990⁴¹). Die Orientierung an den Aktionsradien einzelner Tierarten ist vor allem bei der Planung eines zielartengerechten Biotopverbundsystems wichtig. Andererseits kann das Ziel eines Biotopverbunds auch darin liegen, für möglichst viele Arten die Erreichbarkeit von Lebensräumen innerhalb der üblichen Aktionsradien zu gewährleisten und damit ein allgemein funktionsfähiges Biotopverbundsystem zu erreichen. In diesem Fall werden als Maximaldistanzen für Hecken zwischen 200 und 400 m, für Feldraine zwischen 50 und 300 m angegeben (Riedel et al. 1994).

Neben dem Abstand zwischen den Verbundelementen muss berücksichtigt werden, dass die Überwindbarkeit einer Strecke für eine Vielzahl von Arten insbesondere von dem zu über- bzw. durchquerenden Medium und dessen Barrierewirkung abhängt. So ist z. B. die Barrierewirkung von landwirtschaftlichen Nutzflächen umso höher einzuschätzen, je intensiver diese bewirtschaftet werden. Die Barrierewirkung verstärkt sich mit der Höhe und Häufigkeit des Einsatzes von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln und der Häufigkeit der mechanischen Eingriffe auf den Ackerflächen wie Schnitt und Bodenbearbeitung (Riedel et al. 1994).

3.7. Agroforstsysteme aus Naturschutzsicht – abschließende Diskussion und Fazit⁴²

Agroforstsysteme bewirken eine strukturelle Bereicherung der Agrarlandschaft und damit in der Regel eine Erhöhung der Artenzahlen. Für eine qualitative Betrachtung ist jedoch auch die Gefährdungssituation einzelner Artengruppen zu beachten. Viele Arten, die Gehölze besiedeln, kommen häufig vor. Dagegen sind einige Arten der offenen Felder stark gefährdet. So, wie Agroforstsysteme also bestimmten Arten zusätzliche Habitate bieten können, können sie im ungünstigsten Fall eine zusätzliche Beeinträchtigung von gefährdeten Offenlandarten darstellen. In Fällen, in denen (extensives) Offenland beispielsweise als FFH- oder Vogelschutzgebiet klassifiziert ist, ist daher im Einzelfall zu prüfen, ob Agroforstsysteme mit den Pflege- und Entwicklungszielen vereinbar sind. Generell sollte vor der Etablierung neuer Agroforstsysteme geprüft werden, welche gefährdeten Arten im Gebiet vorkommen und wie diese gefördert oder zumindest nicht beeinträchtigt werden können.

Die Bewertung eines neu zu etablierenden Agroforstsystems sollte sich grundsätzlich am ökologischen Ausgangszustand der Fläche orientieren: Die Umsetzung eines Agroforstsystems ist aus Naturschutzsicht nur dann von Interesse, wenn der gegebene Biotopwert gesteigert, zumindest aber nicht verschlechtert wird. Eine Aufwertung kann also vor allem auf intensiv genutzten Flächen erreicht werden, während die zu erwartenden Veränderungen auf wertvollen extensiv genutzten Flächen sorgfältig geprüft werden sollten.

⁴¹ J. Müller 1990: Funktionen von Hecken und deren Flächenbedarf vor dem Hintergrund der landschaftsökologischen und ästhetischen Defizite auf den Mainfränkischen Gäuplatten. Würzburger geographische Arbeiten, Heft 77, 320 S.

⁴² Ausführlicher in: T. Reeg, J. Hampel, F. Hohlfeld, G. Mathiak, E. Rusdea 2009: Agroforstsysteme aus Sicht des Naturschutzes. In: T. Reeg, A. Bemann, W. Konold, D. Murach, H. Spiecker (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley VCH, S. 301-311

Wichtig ist auch, dass ein neues Landnutzungssystem mit seinen Vor- und Nachteilen, seinen Möglichkeiten und Grenzen immer mit den möglichen aktuellen Alternativen verglichen werden muss – also der bisherigen Nutzung, sofern diese realistischerweise fortgeführt wird, oder denkbaren Alternativnutzungen – und nicht mit einem erwünschten Idealzustand. Auch muss jede Fläche im Gesamtkontext der Landschaft und in raum-zeitlichen Zusammenhängen gesehen und bewertet werden. Agroforstsysteme sind in aller Regel ein Nutzungssystem, d. h. der Bewirtschafter legt sie aus betrieblichen Gründen an. So darf auch die Nutzung der Bäume – auch wenn sie in höherem Alter naturschutzfachlich immer wertvoller werden – nie in Frage stehen.

Daneben können sich jedoch in Agroforstsystemen Synergieeffekte ergeben, die Landnutzer und Naturschutz gleichermaßen zu Gute kommen, etwa im Bereich der biologischen Schädlingsbekämpfung. Da Nützlinge häufig komplexere Lebensräume benötigen als Schädlinge, können Agroforstsysteme mit ihren vielfältigen Strukturen diesbezüglich positive Auswirkungen haben. Neben Artenschutzaspekten sind auch Faktoren des Umwelt- und Ressourcenschutzes zu beachten, zum Beispiel im Bereich Wasser- oder Bodenschutz, die letztlich direkt oder indirekt auch dem Landnutzer zu Gute kommen. Zusätzlich sollte eine gesellschaftlich gewünschte ökologische Aufwertung (im Sinne des Natur-, aber auch des Ressourcenschutzes) entsprechend finanziell vergütet werden, damit auch sie für den Landnutzer zu einem ökonomischen Faktor wird. Erst eine finanzielle Unterstützung ermöglicht es auch, gezielte Naturschutzmaßnahmen in Agroforstsystemen umzusetzen.

C 4. Analyse historischer Agroforstsysteme als Grundlage für das Thema Landschaftsbild und Landschaftsgestaltung

4.1. Warum sind historische Nutzungsformen für uns heute relevant?

In Deutschland gibt es zahlreiche Beispiele historischer agroforstlicher Nutzungen (siehe auch Abschnitt A 1.2). Flächen wurden auf mehrere Arten genutzt, entweder in räumlicher oder in zeitlicher Kombination, und auch die Bäume selber waren weit mehr als nur Holzlieferant. Beispiele sind die flächendeckend praktizierte Waldweide, regional geprägte Rotationssysteme (z. B. Reutfeldwirtschaft im Schwarzwald), Schneitelbäume auf Weiden oder die enorme Bedeutung von Eichen und Buchen für die Schweinemast im Wald. Eines der bekanntesten, noch heute existierenden Beispiele sind die Streuobstwiesen.

Agroforstsysteme sind in der Landschaft in Deutschland also nichts grundsätzlich Neues. Bis zur konsequenten Trennung land- und forstwirtschaftlicher Nutzung ab der Mitte des 19. Jahrhunderts waren landwirtschaftliche Nutzungen im Wald genauso üblich wie Bäume auf landwirtschaftlichen Flächen. Die entsprechenden Landschaftsbilder waren in früheren Zeiten prägend, zuerst „unabsichtlich“, doch spätestens seit der Aufklärung wurden Bäume auch gezielt zur Landschaftsgestaltung eingesetzt. Gerade wenn wir uns mit „neuen“ Landnutzungssystemen beschäftigen, sind historische Prozesse höchst relevant; unser heutiges Handeln ist immer auch im geschichtlichen Kontext zu sehen.

Sich mit historischen Aspekten agroforstlicher Nutzungen zu beschäftigen, hat im Zusammenhang mit dem Landschaftsbild daher zwei Ziele. Zum einen gibt es eine Orientierung im Sinne einer Kontinuität der Landschaftsentwicklung: Aktuelle Landschaftsbilder, die Art und Anordnung von Gehölzstrukturen können in ihrer Entstehung und Entwicklung verstanden und interpretiert werden. Daraus wiederum ergeben sich wertvolle Anregungen zur Gestaltung von regional an die Landschaft angepassten, modernen Agroforstsystemen. Zum anderen wurden in der Vergangenheit bereits zum Teil sehr konkrete Empfehlungen zur Landschaftsgestaltung mit Bäumen aufgestellt, die heute von ihrer Gültigkeit nichts verloren haben.

Um diese Verbindung zwischen Vergangenheit und Zukunft herzustellen und um Wissen aus der Vergangenheit aufzugreifen, wurden im TP Landespflege sowohl allgemeine Informationen über historische Agroforstsysteme in Deutschland gesammelt und analysiert als auch spezielle Untersuchungen zu den Beispielgebieten in Baden-Württemberg durchgeführt.

4.2. Historische Agroforstsysteme in Deutschland – ein kurzer Überblick⁴³

Durch die gezielte Einbringung von Holzpflanzen schaffen Agroforstsysteme spezielle Geometrien in der Agrarlandschaft. Früher waren sie wichtige Komponenten der üblichen Intensitätsgradienten, aber auch „Geometriegradienten“ vom Dorf zum Gemarkungsrand: Vom Schachbrett des Obstgartens im Dorf bis hin zum Hutewald auf dem Bergrücken waren

⁴³ Ausführlicher in: W. Konold, T. Reeg 2009: Historische Agroforstsysteme in Deutschland. In: T. Reeg, A. Bemann, W. Konold, D. Murach, H. Spiecker (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley VCH, S. 313-324

Agroforstsysteme Teil der unterschiedlich intensiv betriebenen Nutzungen und wiesen dementsprechend eine unterschiedlich strenge Anordnung der Bäume auf.

Von den zahlreichen unterschiedlichen Formen früher praktizierter Nutzungen sollen hier einige Beispiele in aller Kürze genannt werden:

Schneitelwirtschaft: Die Schneitelwirtschaft war über eine sehr lange Zeit eine dominante Nutzungsform. Je nach Gehölzart und regional oder lokal spezifischer Nutzungsform entstanden bizarre Baumgestalten, die um die Orte herum das Landschaftsbild prägten. Die wichtigsten geschneitelten Gehölzarten in Mitteleuropa waren Esche und Ulme, diesen folgten Berg- und Feldahorn.

Zeidelwesen: Die Gewinnung von Wildhonig hatte in vielen Gebieten von alters her eine große Bedeutung. Zu diesem Zweck wurden in so genannte Beutkiefern rechteckige Höhlungen in 4-6 m Höhe geschlagen, in denen die Bienenvölker hausten. Zwischen den frei stehenden Beutkiefern lagen die beweidete Heide, manchmal auch Äcker und Wiesen.

Kopfholkultur: Sehr weit verbreitet war bis in die jüngere Vergangenheit die Kopfweidenkultur, beziehungsweise die Kopfholkwirtschaft generell. In 3- bis 6-jährigem Rhythmus wurden die Bäume (meistens Weiden) geschnitten und für verschiedene Zwecke genutzt, z. B. Flechtmaterial, Binderuten, Zaunmaterial, Stangen, Brennholz, Laubfutter, Gerberlohe usw..

Obstbau: Der Obstbau mit Hochstämmen war ein sehr weit verbreitetes Agroforstsystem und ist es noch. Bereits in der Landgüterordnung Karls des Großen von etwa 795 wird ein hoher Stand der Obstkultur dokumentiert. Im 18. Jahrhundert wurde der Obstbau von vielen Landesherrn gefördert. Auch Allmenden wurden, v. a. im 19. Jahrhundert, mit Obstbäumen (manchmal auch Waldbäumen) bepflanzt, um sie zu „verbessern“, d. h. ihren ökonomischen Wert und ihre Produktionsleistung zu erhöhen.



Abb. C 4.1, 4.2: Geschneitelte Birke; Kopfweide (W. Konold)

Die **Landesverschönerung** stand im Zentrum des aufklärerischen Denkens, das sich im Bild der Landschaft bemerkbar machte. Bei der Umsetzung der Verschönerung des Landes spielten die Gehölze und deren Anordnung im Raum eine absolut dominierende Rolle. Neben landeskulturellen Wirkungen von Bäumen im Offenland (Erosionsschutz, Sicherung von Gewässerufern, Verbesserung der Luft etc.) wurden im 19. Jahrhundert auch zahlreiche

andere Aspekte bedacht (z. B. von Heinrich von Cotta⁴⁴ oder Wilhelm Heinrich Gwinner⁴⁵): Man könne verschiedene Nutzhölzer einfacher erziehen, gleichzeitig aber auch die Schönheit des Landes erhöhen.

Es gibt für Deutschland also zahlreiche Erfahrungen im Miteinander von Baum und Ackerfrucht bzw. Baum und Weidevieh, dazu aus früheren Jahrhunderten wertvolle Hinweise auf geeignete Baumarten oder sogar -sorten, auf Pflanzabstände und auf die Pflege der Bäume. Im Landschaftsbild waren Agroforstsysteme etwas Normales und durchaus Geschätztes. Seit der Aufklärung wurden sie gezielt gestalterisch eingesetzt, indem „das Schöne mit dem Nützlichen verbunden“ wurde – ein Ansatz, den auch wir heute bei der Anlage neuer Agroforstsysteme beherzigen sollten.

4.3. Historische Agroforstsysteme in Baden-Württemberg – Analyse verschiedener Beispielgebiete

In den folgenden Abschnitten soll anhand der vier Projekt-Beispielgebiete sowie des zusätzlichen Untersuchungsgebiets Kaiserstuhl ein Überblick über historische Nutzungen von Bäumen in der Landschaft in Baden-Württemberg gegeben werden. Für den nördlichen Kaiserstuhl, der ansonsten kein Beispielgebiet des Projektes war, wurden im Rahmen einer Diplomarbeit historische Analysen durchgeführt, die hier in einer kurzen Zusammenfassung zusätzlich zu den schon bekannten Untersuchungsgebieten dargestellt werden.

Für die Analysen wurden historische Karten, Fotografien und schriftliche Quellen ausgewertet.

4.3.1. Simonswald: Typische Nutzungen und Vorkommen von Baumstrukturen im mittleren Schwarzwald⁴⁶

Anhand der zur Verfügung stehenden Quellen konnte ein differenziertes Bild der Nutzung von Bäumen in der Landschaft des Simonswälder Tales ab dem 18. Jahrhundert gezeichnet werden. Nachdem zu Zeiten der ausgedehntesten Nutzung im 16. und 17. Jahrhundert nur noch ein Drittel der ursprünglichen Wälder vorhanden war, sind heute aufgrund fehlender Rentabilität der landwirtschaftlichen Nutzung rund 80 % der Simonswälder Gemarkung wieder bewaldet.

Die untersuchten Karten stammen aus den Jahren 1778, 1784, 1830 und 1904 und geben einen Überblick über vorhandene Bäume in der Landschaft außerhalb des Waldes. In den Karten dargestellte Elemente sind Grenzbäume, wegbegleitende Bäume sowie Baumflächen in Siedlungsnähe mit verschiedenen Unternutzungen.

Grenzbäume, straßenbegleitende Bäume: In den untersuchten Karten sind Einzelbäume verzeichnet, die dem Lauf von Grenzen und Wegen folgen. Grenzbäume stellten in erster

⁴⁴ H. v. Cotta 1819: *Die Verbindung des Feldbaues mit dem Waldbau oder die Baumfeldwirtschaft*. Arnold'sche Buchhandlung, Dresden, 56 S.

⁴⁵ W.H. Gwinner 1848: *Praktische Anleitung für Ortsvorsteher und Gutsbesitzer zur Holzzucht außerhalb des Waldes*. Stuttgart, 48 S.

⁴⁶ Ergebnisse für Simonswald, Hechingen, Argenbühl und Kirchartd aus: L.S. Jäger 2007: *Bäume in der Landschaft – historische Agroforstwirtschaft*. Diplomarbeit am Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim, 92 S.

Linie eine Ergänzung zu den Grenzsteinen dar und erleichterten die Orientierung im Gelände. Straßenbäume erfüllten ebenfalls eine Funktion als Orientierungshilfe, zudem waren sie Schattenspender für Mensch und Tier und dienten häufig auch dem Obstertrag, weswegen ihre Pflanzung vielerorts durch Verordnungen gefördert wurde.

Baumflächen in Siedlungsnähe: In allen untersuchten Karten sind an die Siedlungen angrenzend Haus- und Obstgärten dargestellt, was die Bedeutung der Obsterzeugung für die Ernährung der Bevölkerung unterstreicht. Teilweise sind in den Karten unterschiedliche Schraffuren für diese Flächen verwendet worden, was auf verschiedene Nutzungsarten wie Wiese/Weide oder Gartenfläche/Baumwiese hinweist.



Abb. C 4.3: Bäume im Siedlungsbereich mit unterschiedlichen Flächennutzungen (Plan über den Herrschaft-Kastelbergschen Bann Bleybach 1778 am GLA Karlsruhe)

Es muss davon ausgegangen werden, dass Karten als eine Abstraktion der Landschaft nur einen gewissen Teil der vorhandenen Bäume darstellen. Daher darf aus der fehlenden Darstellung eines Baumes in der Karte nicht auf sein Fehlen in der Landschaft geschlossen werden, da es sein kann, dass dieses Element nicht kartographisch erfasst wurde (Schwineköper 2000)⁴⁷. In Simonswald weisen die Schraffuren von Wiesen, Weiden und Äckern bei allen untersuchten Karten keine Darstellung von Bäumen auf. Dass jedoch auch hier nur als besonders wichtig oder markant eingestufte Bäume berücksichtigt wurden, zeigt die Erläuterung zu einer (sonst nicht berücksichtigten) Karte aus dem Jahre 1825. Darin wird geschildert, dass Felder, Wiesen und Weiden mit Bäumen bestanden waren, die unter anderem zur Gewinnung von Feuerholz genutzt wurden.

Anhand von Literaturquellen wurde ersichtlich, dass in Simonswald bis zum Ende des 19. Jahrhunderts keine strikte Trennung der Landnutzungen bestand. Zwischen Land- und Forstwirtschaft existierte eine Vielzahl von Übergangsformen. Neben den schon erwähnten Bäumen auf Grünland- und Ackerflächen waren beispielsweise kombinierte Nutzungen wie Waldweide und Reutfeldwirtschaft weit verbreitet. Auch wurden junge Eichen, deren Rinde für die Lohegewinnung benötigt wurde, als Rebpfähle verwendet (Weinbau wurde in Simonswald bis 1914 betrieben).

Das Prinzip der Reutfeldwirtschaft, die Acker-, Weide- und Niederwaldnutzung auf der gleichen Fläche vereinte, folgte einem bestimmten Bewirtschaftungszyklus, der etwa 15 Jahre umfasste. Eine Beschreibung aus Simonswald aus dem Jahre 1595 schildert, dass eine mit Bäumen bestandene Fläche zuerst gerodet und anschließend als Weide genutzt

⁴⁷ K. Schwineköper 2000: *Historische Analyse*. In: W. Konold, R. Böcker, U. Hampicke (Hrsg.): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. 1. Erg. Lfg. 3/00. Ecomed, Landsberg

wurde. Wurde der Aufwuchs zu hoch, erfolgten ein erneuter Hieb und das Abbrennen der Fläche, wobei die Asche als Dünger diente. Es folgte eine zwei- bis dreijährige Ackernutzung mit Roggen, Hafer und auch Kartoffeln. Wichtiger noch als die Nutzung des Brenn- und Geräteholzes aus Birke, Hasel und Eiche war dabei der Zugewinn an Fläche für die landwirtschaftlichen Betriebe. Trotz des Verbotes dieser Wirtschaftsform durch die vorderösterreichische Forstordnung 1667 hielt man in Simonswald an der Reutfeldwirtschaft fest, auch vom Kloster St. Peter wurde die „landwirtschaftliche Zwischennutzung“ geduldet. Diese Form der Bewirtschaftung wurde dabei in einem Umfang betrieben, der deutlich die Landschaft geprägt haben muss: Um die Mitte des 19. Jahrhunderts wurde auf schätzungsweise 50 % der Simonswälder Gemarkungsfläche Reutfeldwirtschaft praktiziert. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts waren noch 28 % der Flächen Reut- und Weidfeld. Erst in die 1930er Jahre wurde diese Bewirtschaftungsform in Simonswald aufgegeben.

Auch andere historische Nutzungen von Bäumen finden in der untersuchten Literatur Erwähnung. Allorts vertreten war das Schneiteln von siedlungsnah wachsenden Weiden, Eschen, Ulmen, Linden und Bergahorn zur Gewinnung von Viehfutter. Weiterhin prägte der Obstbau das Bild der Landschaft um Simonswald, wobei vor allem die Höhenlage das Vorkommen verschiedener Obstsorten bestimmte. Vom Schwarzwald her kommend fanden sich in den höheren Lagen (bis etwa 1000 m üNN) in den 1930er Jahren Kirschalleen, deren Früchte in erster Linie zu Herstellung von Kirschwasser genutzt wurden. Allgemein stellten Kirschen das wichtigste Obst im mittleren Schwarzwald dar. Kernobstbäume standen in größerer Ausdehnung in den tiefer gelegenen, breiten Talabschnitten unterhalb 700 m üNN.

Schon zur Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die um die Siedlungsflächen herum gelegenen Hochstammanlagen als landschaftsprägend beschrieben. Dabei handelte es sich hauptsächlich um Obstgärten, die in erster Linie der Selbstversorgung dienten. Nach offiziellen Obstbaumzählungen gab es 1933 in Altsimonswald 8.052 ertragsfähige Obstbäume, darunter 2.670 Apfelbäume. 1951 waren es 5.971 Obstbäume aller Ertragsklassen, darunter Apfel-, Birn-, Kirsch-, Pflaumen-, Zwetschgen-, Walnuss-, Mirabellen- und Pfirsichbäume. Bis 1965 nahm der Bestand der ertragsfähigen Obstbäume auf 5.783 ab.

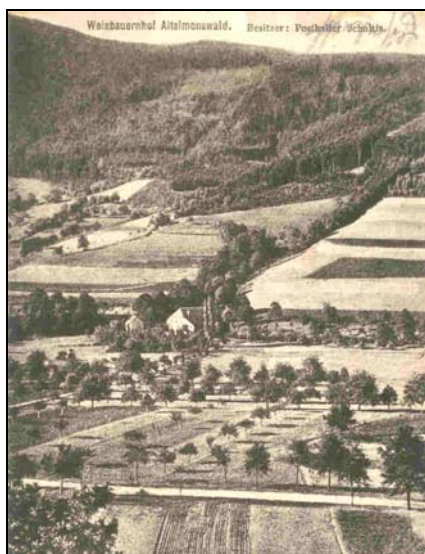


Abb. C 4.4: Waisbauernhof Altsimonswald. Aufnahme aus dem frühen 20. Jahrhundert (Bildarchiv Wehrle, Simonswald)

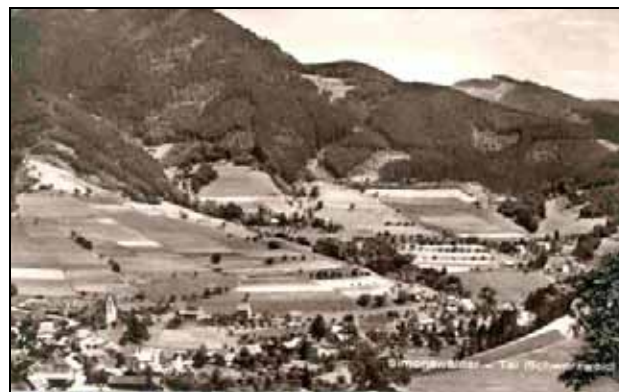


Abb. C 4.5: Altsimonswald 1967 (Bildarchiv Wehrle, Simonswald)

Neben den beschriebenen Bäumen in der Landschaft stand bei den meisten Höfen in Simonswald ein alter Hofbaum, häufig eine Linde. Eine 400 jährige Gerichtslinde stand bis 1979 im Ort.

Die untersuchten historischen Fotografien ergänzen die aus Karten und Literatur gewonnenen Erkenntnisse. Aufnahmen von 1885 zeigen Altsimonswald eingebettet in Streuobstwiesen, zudem befinden sich hinter den Gebäuden Gärten und Baumwiesen. Auch Baumpflanzungen am Hang sind zu sehen, jedoch sind keine Bäume auf oder zwischen Ackerflächen abgebildet. Bilder aus dem frühen 20. Jahrhundert belegen Baumpflanzungen entlang von Straßen und auf Flächengrenzen. Auf Fotos aus den 1960er Jahren sind hangparallele Baumreihen sowie ein flächiger Baumbestand in der Talsenke zu sehen. Auch sind häufig Wege mit Bäumen bestanden.

4.3.2. Hechingen/Boll: Historische Nutzungen von Bäumen im Vorland der Schwäbischen Alb

Unter den für dieses Gebiet analysierten Karten befindet sich ein Stich von Matthäus Merian, der die Gegend um Boll im Jahre 1662 zeigt. Interessant ist die Darstellung von Einzelbäumen und linearen Baumstrukturen im Offenland, die auf gezielte Pflanzung und Nutzung von Bäumen hinweist. So finden sich etwa vereinzelt Bäume auf Äckern und Wiesen sowie im direkten Anschluss an das Dorf Boll. Über die Art der Bäume kann nur spekuliert werden. Zumindest bei den siedlungsnahen Exemplaren dürfte es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um Obstbäume handeln. Ganz sicher der Obstproduktion dienten Baumgärten, die auf dem Stich durch Hecken eingeeht dargestellt sind. Weiter finden sich auffallend viele lineare Baumstrukturen in der Ebene, meist beidseitig entlang von Wegen und Bächen. Es ist zu vermuten, dass auch ein Teil dieser Bäume eine Nutzung erfuhr (Obsternte, Schneitelung etc.) und möglicherweise auch mit dieser Intention gepflanzt worden war.

Aus dem Jahr 1862 existieren zwei Karten von Boll: eine Gemarkungskarte und ein Ortsplan. Beide zeigen, dass Äcker nur sehr selten bzw. gar nicht mit Bäumen bestanden sind. Der Grund hierfür sind möglicherweise die schlechten Wuchsbedingungen der Alb: Vermutlich wollte man die durch Klima und schlechte Böden bedingten geringen Erträge nicht noch zusätzlich durch die Pflanzung von Bäumen mindern. Auf Wiesen hingegen sind dichtere Baumbestände sowie Einzelbäume verzeichnet. Auch findet sich ein Gürtel von Baum- oder Obstgärten um die Siedlung herum. Die Freiflächen innerhalb Bolls sind ebenfalls mit Bäumen bestanden.

Während die untersuchten Karten nur einen Einblick in vorhandene Strukturen erlauben, finden sich in der Literatur detailliertere Hinweise zu den Nutzungen der Bäume. Es zeigt sich, dass auch in Boll die Waldweide eine gängige Nutzungsform darstellte. Der Gemeinde standen bestimmte Nutzungsrechte im Klosterwald zu. Neben der schon erwähnten Weidenutzung durften Stockholz, Waldobst sowie Eicheln gesammelt werden. Dieses Recht bestand bis zur Säkularisation 1802, allerdings ist anzunehmen, dass die Nutzungen in der Folge fortgeführt wurden.

Häufige Erwähnung in der Literatur findet auch die Linde, die als Haus- und Hofbaum weit verbreitet war und der eine besondere Bedeutung zukam. Neben einer erhofften Schutzwirkung durch die Bäume (z. B. Fernhalten von Insekten) wurden Linden direkt genutzt, etwa als „Hausapotheke“ (z. B. für Lindenblütentee).

Im 19. Jahrhundert wurde viel Wert auf die Pflege und Nutzung der Bäume im Offenland gelegt, was sich in zahlreichen Zeitungsartikeln zu diesem Thema niederschlug. Öffentlich angepriesen wurde etwa die Pflanzung von Bäumen auf Weidflächen, um deren Wert zu erhöhen. Auch wurde angeregt, Kirschbäume auf Gemeindeflächen zu pflanzen, da sie von den sonstigen Äckern zu dieser Zeit immer häufiger entfernt wurden. Für die Landwirtschaft brachten Kirschen einen willkommenen Ertrag, da die Fruchternte auf eine Zeit fiel, in der die Landwirte wenig Feldarbeit und wenig Verdienst hatten. Dennoch wusste man um die ertragsmindernde Wirkung der Bäume auf Futter- und Feldfrucht, was auf den armen Standorten der Alb häufig Rodungen zur Folge hatte. Diese Tatsache spiegelt sich auch in den untersuchten Karten von 1862 wider. Eine Vielzahl der Bäume stand jedoch an Gräben, Bächen, Wegen und Waldrändern, wo sie weniger störten und daher häufiger stehen blieben. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde in Boll ein Baumaufseher für die Pflege der Gemeinde- und Straßenbäume eingestellt. Zur gleichen Zeit galten für Obst- und Baumfrevel empfindliche Strafen, was den Stellenwert der Bäume für die Gesellschaft deutlich macht. Namentlich Boll wurde für seine Bemühungen um Obstpflanzungen öffentlich gelobt, da hier der Anordnung, jeder Bürger solle einen Baum auf einer Allmendfläche pflanzen und pflegen, vorbildlich nachgekommen wurde.

Ein besonderes Kapitel in der Nutzungsgeschichte Bolls stellt die versuchte Etablierung einer Seidenraupenzucht dar. Ein erster Anlauf wurde in den 1850er Jahren unternommen, die Pflanzung von den für die Raupen benötigten weißen Maulbeerbäumen wurde von einzelnen Akteuren gefördert. Bereits nach einigen Jahren allerdings wurden die Bestrebungen wieder aufgegeben, vermutlich aufgrund des für die Seidenraupenzucht wenig geeigneten Klimas der Alb. Ein zweiter Anlauf wurde in den 1930er Jahren unternommen, diesmal u. a. für die Produktion von Fallschirmstoff. Bei Hechingen wurden zu diesem Zweck Maulbeerbäume in Hecken gepflanzt, doch auch diese Bemühungen scheiterten bald an den klimatischen Verhältnissen.

Tab. C 4.1: Veränderung der Obstbaumzahlen in Boll

Jahr	Obstbäume (alle Ertragsklassen)
1900	4469
1913	5097
1951	5793
1965	4574

Trotz der nicht optimalen Bedingungen im Alvorland spielte auch der Obstbau in der Vergangenheit eine wichtige Rolle für die Ernährung der Bevölkerung. Häufig wurden die an Hochstämmen erzeugten Früchte für den Winter getrocknet oder zu Schnaps gebrannt. Aufgrund der schlechten Böden und des rauen Klimas wurden allerdings bereits 1855 Zweifel am Sinn des Obstbaus laut. Infolge von Rationalisierungsgedanken in der Landwirtschaft verschwanden auch in Boll bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts noch vorhandene Bäume auf Ackerflächen gänzlich. Viele der alten Regionalsorten gingen durch die Konzentration auf wenige, marktkonforme Sorten verloren, und mit Hochstämmen bestandene Obstwiesen wurden aufgrund der fehlenden Rentabilität immer seltener.

Auf den ausgewerteten Fotografien aus Boll finden sich einige der schon besprochenen Baumstrukturen wieder. Ein Bild von 1928 zeigt Alleen (teils mit Obstbäumen), junge

Baumpflanzungen auf einer Freifläche (der Topographie folgend angeordnet) und Streuobstwiesen. Zwischen landwirtschaftlichen Flächen finden sich Einzelbäume sowie Baumgruppen und Baumreihen. Auch auf Bildern aus den 1930er Jahren sind Baumreihen zu sehen, zudem der den Ort umgebende Gürtel aus Obstwiesen und großflächig mit Obstbäumen bestandene Wiesen unterhalb der Burg Hohenzollern. Dieser Bereich ist auch auf einer Aufnahme aus dem Jahr 1960 abgebildet, sie zeigt die Landschaft nahezu unverändert.

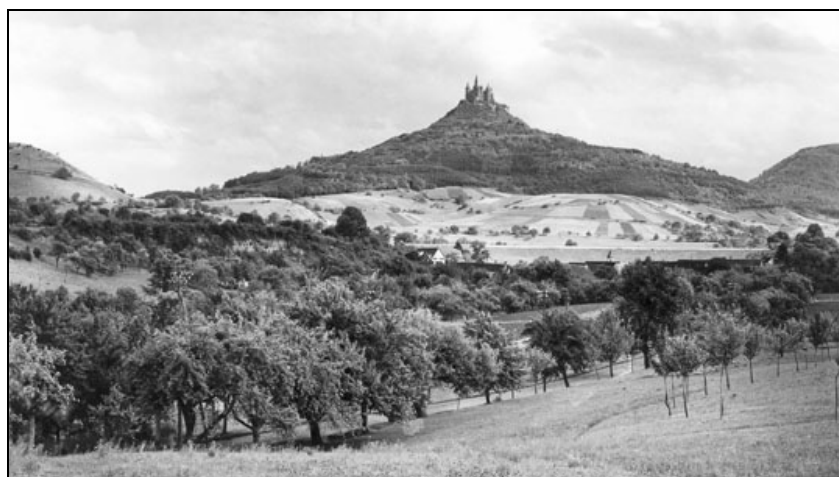


Abb. C 4.6: Burg Hohenzollern 1928. Verschiedene Formen der Baumanordnung in der Region: Allee, Streuobstwiese, Einzelbäume (Landesmedienzentrum Stuttgart, Aufnahme: Botner)

4.3.3. Argenbühl: Historische Baumnutzungen im westlichen Allgäu

In der Flächengemeinde Argenbühl lag das Hauptaugenmerk der Untersuchungen auf der Ortschaft Ratzenried, da die Quellenlage für diesen Ort besonders gut ist und somit ein recht genaues Bild der Verhältnisse in der Vergangenheit gezeichnet werden konnte. Die älteste Landschaftsdarstellung war eine Zeichnung von Ottmar Sternegger aus dem Jahre 1580, die das Schloss Ratzenried mitsamt der Umgebung zeigt. Das Bild, das die Landschaft aus der Vogelperspektive aus nördlicher Richtung zeigt, erlaubt leider keine exakte Interpretation der Flächennutzungen im Offenland. Dennoch sind einige Baumstrukturen verzeichnet, die Hinweise auf historische Nutzungen geben. So finden sich Bäume (vermutlich Obstbäume) im direkten Anschluss an die eingezeichneten Siedlungen. Die Grenzen der Besitztümer sind in der Zeichnung durch Zäune markiert, die sehr häufig von Büschen und Bäumen begleitet werden. Diese „Friedhag“-Strukturen kamen in der Gegend häufig vor, wobei aus der Karte nicht hervorgeht, ob diese bewusst angelegt wurden oder zufällig aufkamen. Verstreut im Offenland finden sich einzelne Baumgruppen sowie Einzelbäume (möglicherweise auf beweideten Flächen), entlang eines Baches stockt ein flächiger Baumbestand.

Die „Wangener Landtafel“ von 1617 (gefertigt von J.A. Rauch) sowie ein 1647 auf Basis dieser Karte entstandener Kupferstich zeigen ebenfalls verschiedene Baumstrukturen in der Landschaft. Um die abgebildeten Dörfer herum sind wiederum Gürtel aus Bäumen gezeichnet. Außerhalb des klein parzellierten Waldes finden sich im Offenland Einzelbäume, Baumgruppen, flächige lichte Bestände, Alleen sowie weitere in Reihe gepflanzte Bäume. So stockt unterhalb der Erhebung Ratzenrieds ein lockerer, deutlich vom Wald unterscheidbarer Baumbestand, der vermutlich eine Baumwiese darstellt. Eine interessante Holzformation ist an einer Weggabelung zu finden: 1617 als „blattlose Bäume“ dargestellt, ist 1647 ein lichter

Gebüsch- oder Holzbestand verzeichnet. Die abweichende Darstellung könnte ein Hinweis auf eine Nutzung wie etwa die Schneitelwirtschaft sein. In beiden Karten dargestellt ist ein kahler Baum nahe der Herrschaftsgrenze bei „Fallereich“, der ebenfalls der Futterlaubgewinnung gedient haben könnte. In der Landschaft vorhandene Grenzlinien werden abschnittsweise von Bäumen begleitet, ebenso die eingezeichneten Zäune.

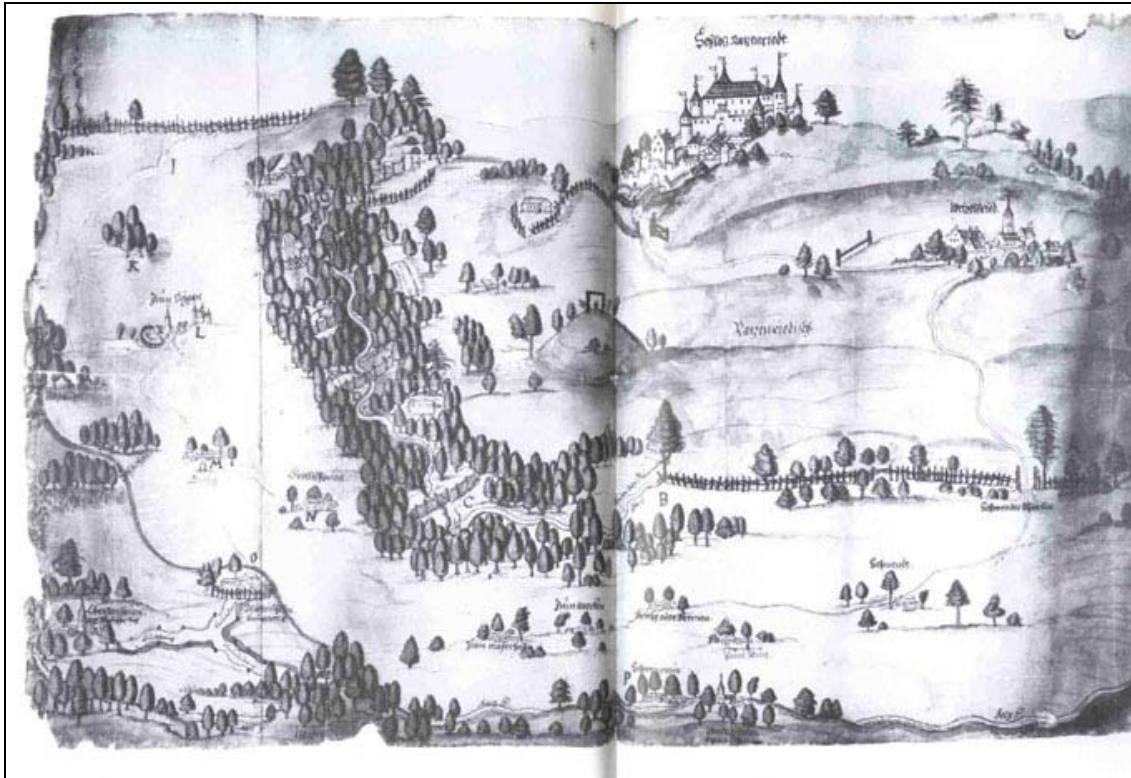


Abb. C 4.7: „Augenschein des Schlosses Ratzenried“ von 1580 (Quelle: Büchele 1986)⁴⁸

Auch eine Herrschaftskarte von 1760 zeigt viele Bäume in der direkten Nachbarschaft zu den Ortschaften. Lichte Bestände, die der Signatur nach aus Nadelbäumen gebildet wurden (ebenfalls von Wald unterscheidbar), könnten durch Beweidung beeinflusst sein. Im Offenland sind ansonsten Laubbäume verzeichnet, wobei große Teile der Flächen baumfrei sind. Häufiger befinden sich Bäume als lineare Strukturen entlang von Wegen und Grenzlinien. Im Jahre 1770 entstand eine Karte vom Dorf Ratzenried. Sie zeigt einen am Ort gelegenen „Baumgarthen“, der möglicherweise neben Laub- auch Nadelbäume enthielt. Im Offenland sind mehrere Einzelbäume verzeichnet, von denen die meisten erstaunlicherweise auf Ackerflächen stehen. Auf Grünland sind hingegen keine Bäume dargestellt.

Die ausgewertete Literatur ergänzt die aus den Karten gewonnenen Ergebnisse. So wird beispielsweise beschrieben, dass der Wald der Gemarkung gemeinschaftlich beweidet wurde. Ausführliche Informationen liegen zum Obstbau vor, der im Allgäu trotz der ungünstigen klimatischen Verhältnisse seit langer Zeit betrieben wurde. Einen leichten Aufschwung musste er schon im 17. Jahrhundert erlebt haben, als der Weinbau drastisch an Bedeutung verlor und viele der Weinberge mit Obstbäumen bepflanzt wurden. Im 19. Jahrhundert dann sorgten staatliche Förderungen für die Besetzung der Straßenränder sowie sonstige Pflanzungen von Obstbäumen, scharfe Gesetze gegen Baumfrevler und die Gründung von Obst-

⁴⁸ B. Büchele 1986: *Ratzenried – Eine Allgäuer Heimatgeschichte*, Band 1. Leutkirch, Rud. Roth & Cie KG, 358 S.

bauvereinen für weiteren Auftrieb. Dennoch muss berücksichtigt werden, dass aufgrund der klimatischen Verhältnisse der Obstbau im Allgäu im Vergleich zu anderen Regionen Baden-Württembergs in einem vergleichsweise geringen Ausmaß betrieben wurde. Streuobstwiesen kamen zum Ende des 19. Jahrhunderts im Oberamt Wangen auf lediglich 0,1 % der Fläche vor, Holzwiesen machten 1 % aus.

Einen Einfluss auf den Obstbau in Argenbühl hatte auch die räumliche Nähe zur Bodensee-Region, aus der Obst in größeren Mengen importiert werden konnte. In Ratzenried wurde schwerpunktmäßig Kernobst angebaut, aber auch Kirschen und Zwetschgen kamen vor. Ein großer Teil der Bäume stand an Straßen und Wegen, die ertragsschwachen Ackerflächen wollte man in der Regel nicht zusätzlich beeinträchtigen. Dass zumindest in früheren Zeiten dennoch Bäume auf Feldern belassen wurden, zeigt die oben erwähnte Karte aus dem Jahre 1770. Doch auch zu späteren Zeiten muss es noch vereinzelt Bäume auf Ackerflächen gegeben haben und müssen Menschen an deren Erhaltung interessiert gewesen sein. So schildert ein Zeitungsartikel aus dem Jahre 1845 den schonenden Umgang mit Bäumen auf Ackerland, beispielweise wird empfohlen, ellipsenförmig um den Stamm herum zu pflügen.

Neben der Waldweide und den Obstbäumen werden für Ratzenried einige weitere genutzte Baumstrukturen in der Landschaft beschrieben. Feuchte Flächen waren mit Pappeln und Weiden bestanden, die in Ortsnähe vermutlich auch genutzt wurden. An Bachläufen, Triften und Wegen wuchsen häufig Hecken- und Gehölzgruppen, in denen auch Baumarten wie Vogelbeere, Elsbeere, Faulbaum und Traubenkirsche vorkamen. Hecken dienten darüber hinaus in vielen Fällen der Flächenbegrenzung (sog. „Friedhecken“, die in der Region häufig waren). In den Hecken wuchsen oft zufällig oder gewollt einzelne größere Bäume. Aus der Mitte des 19. Jahrhunderts liegen in diesem Zusammenhang Empfehlungen vor, wilde Kirschen in Hecken zur Herstellung von Kirschwasser zu verwenden.



Abb. C 4.8: Luftaufnahme von Ratzenried 1925

Außer Friedhecken waren auch einzelne Grenzbäume in der Landschaft anzutreffen. An Gewässern standen neben Hochstämmen Weiden, Pappeln und Erlen, die zur Uferbefestigung gepflanzt und gepflegt wurden. Schneitelbäume (Eschen, Weiden, Birken) waren in früheren Zeiten in der Nähe der Höfe stark verbreitet, heute findet diese Form der Nutzung nur noch in Ausnahmefällen statt. Wie auch in den anderen Untersuchungsgebieten sind heute noch alte Linden und Nussbäume, aber auch Eichen und Kastanien vertreten, die als Hofbäume dienen oder dienten. Eine historische Luftaufnahme des Dorfes Ratzenried von

1925 (Abbildung C 4.8) zeigt, dass zu dieser Zeit im Ort praktisch an jedem Haus und in jedem Garten Bäume standen. Auch sind eine Obstwiese am Ortsrand sowie eine Allee zu sehen, die teilweise aus Obstbäumen gebildet wird.

4.3.4. Kirchartd: Beispiel aus dem Kraichgau

Im kollinen Bereich zwischen Schwarzwald und Odenwald gelegen, ist der Kraichgau traditionell stark landwirtschaftlich und obstbaulich genutzt. Begünstigend wirken dabei das milde Klima und die Lössbedeckung. Als Quellen für Hinweise auf historische Nutzungen von Bäumen wurden Literatur und Fotografien ausgewertet; historische Karten der Gemarkung lagen hingegen nicht vor.

In der Literatur wird auf die vielfältigen Landnutzungen des Kraichgaus in der Vergangenheit hingewiesen. Bäume spielten dabei hauptsächlich im Obstbau eine Rolle. Standorte der Bäume waren in der Nähe der Ortschaften gelegene Obstgärten sowie die Ränder von Straßen und Hohlwegen. Aufgrund von Nahrungsengpässen, die in der durch Realteilung geprägten, strukturschwachen Region auftraten, kam dem Obstbau mit seinen verschiedenen Nutzungsformen (Tafelobst, Dörrobst, Most, Schnaps, Nüsse) eine besondere Rolle für die Ernährung der Bevölkerung zu. Es ist anzunehmen, dass Obstbäume daher in der Vergangenheit stärker das Landschaftsbild prägten als es heute der Fall ist. Zahlreiche Flurbereinigungen sowie Rationalisierungen in der Landwirtschaft ließen die Obstbaumbestände des Kraichgaus im 20. Jahrhundert stark schrumpfen.

Luftaufnahmen von Kirchartd aus den Jahren 1935 bis 1974 bestätigen in erster Linie die aus der Literatur gewonnenen Erkenntnisse zum Obstbau: Trotz der guten ackerbaulichen Eignung der Böden spielen Obstbäume vor allem auf den älteren Fotos eine wichtige Rolle im Landschaftsbild. In der Peripherie der Siedlungsfläche finden sich zahlreiche Obstbaumbestände, zudem sind Straßen und in mehreren Fällen auch Flächengrenzen mit Obstbäumen bestanden. In den 1970er Jahren hat der Anteil der mit Bäumen bestockten Flächen sehr deutlich abgenommen, was unter anderem durch die Ausdehnung der Siedlungsflächen und durch Flurbereinigungsmaßnahmen zu erklären ist.

4.3.5. Geschichte einer baumgeprägten Landschaft: Die Entwicklung des Obstbaus im nördlichen Kaiserstuhl⁴⁹

Für das Untersuchungsgebiet im nördlichen Kaiserstuhl ging es neben der Frage der Realisierbarkeit von Agroforstsystemen in der obst- und weinbaulich geprägten Landschaft auch um die Entwicklung des Obstbaus in dieser Region. Weitere, oben angeführte Nutzungen von Bäumen wie etwa das Schneiteln waren hingegen nicht Gegenstand der Analyse. Um Erkenntnisse über ehemalige Landschaftszustände im nördlichen Kaiserstuhl zu gewinnen, wurden schriftliche Dokumente, Luftbilder, Karten und Fotografien ausgewertet.

Im Kaiserstuhl spielte seit langer Zeit der Anbau von Walnüssen und Obst eine große Rolle. Erstere erlangten zur Zeit der Römer größere Verbreitung in Süddeutschland, ihr Vorkommen im Kaiserstuhl ist seit dem 14. Jahrhundert schriftlich belegt. Die Nüsse waren wichtiges

⁴⁹ Ergebnisse aus: M. Oelke 2008: Wertholzerzeugung mit Obsthochstämmen im nördlichen Kaiserstuhl – neue Nutzung eines traditionellen Landschaftselements? Diplomarbeit am Institut für Landespflege, Universität Freiburg, 96 S.

Nahrungsmittel für die Bevölkerung, und auch das Öl erfuhr vielfältige Verwendungen. Obst wurde zur Selbstversorgung vermutlich schon seit einigen Jahrhunderten produziert, ein geregelter Anbau und ein entwickeltes Zuchtwesen sind allerdings erst ab dem Ende des 18. Jahrhunderts dokumentiert.

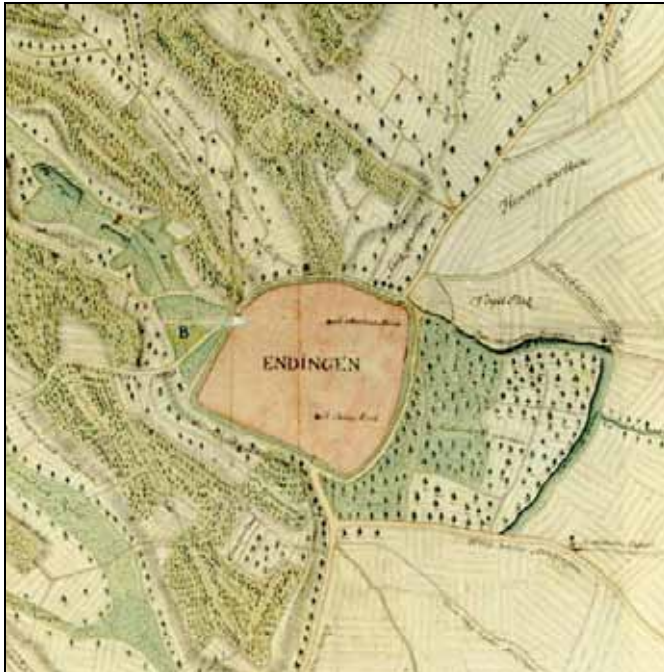


Abb. C 4.9: Obstgärten und -wiesen, Alleen und Flurbäume um Endingen im 18. Jhd. Ausschnitt aus dem „Plan über den Bann der Vorderösterreichischen Stadt Endingen“ am GLA Karlsruhe (Quelle: Oeschger 1988)⁵⁰

Da die Böden und das Klima in der Region des Kaiserstuhls bestens für Acker- und Weinbau geeignet sind und Flächen aufgrund der Realteilung stets knapp waren, wurden Bäume in früheren Zeiten üblicherweise mit anderen Landnutzungen kombiniert. Am Rande des Kaiserstuhls fanden sich in der Ebene Baumwiesen und Obstgärten, ein großer Teil der Bäume stockte jedoch in den Weinbergen an Böschungen, Parzellengrenzen und auch zwischen den Reben. Dies war möglich, da die Rebarbeiten allesamt ohne Maschinen auskamen und die Reben an Holzpfählen erzogen wurden. Dadurch konnten sie problemlos um die Bäume herum gepflanzt werden. Obstbäume dienten in den Weinbergen als Schattenspender während der Pausen der Arbeiter und als Unterstand bei schlechtem Wetter. Zudem lieferte diese kombinierte Nutzung einen zusätzlichen Ertrag, der schon besonders früh im Jahr zur Verfügung stand. Nachteilig erwies sich allerdings der Schattenwurf, unter welchem Ertrag und Qualität des Weins litten. Einzelne Obstbäume stockten auch verstreut auf Ackerflächen. Nussbäume, die Straßen und Wege säumten, boten Mensch und Tier im Sommer Schatten.

Die Obstproduktion erfuhr wie auch andernorts aufgrund von neuen Absatzwegen im 19. Jahrhundert am Kaiserstuhl einen deutlichen Aufschwung und eine zunehmende Professionalisierung. Für die Landwirtschaft des Kaiserstuhls stellte der Obstbau bald ein wichtiges wirtschaftliches Standbein dar. Zur Mitte des 20. Jahrhunderts erlebte die Landwirtschaft, Obst- und Weinbau eingeschlossen, eine zunehmende Intensivierung und Rationalisierung. Mehr und mehr kamen Maschinen zum Einsatz und neue Produktionsverfahren etablierten sich. Dies hatte zur Folge, dass zwischen den Reben und auf Ackerflächen

⁵⁰ B. Oeschger 1988: *Endingen am Kaiserstuhl – die Geschichte der Stadt*. Selbstverlag der Stadt Endingen, 784 S.

stehende Bäume mit der Zeit entfernt wurden, es kam zu einer klaren Trennung der Landnutzungen. Im Kaiserstuhl war man zudem bemüht, die starken Nachteile der Parzellierung und des Streubesitzes durch Umlegungsverfahren zu verringern und somit eine effizientere landwirtschaftliche Produktion zu ermöglichen. Im Untersuchungsgebiet wurden zwischen den Jahren 1946 und 1996 Flächenumlegungen auf insgesamt 661 ha durchgeführt, was zur Folge hatte, dass viele Standorte der Bäume wie Parzellenränder und Böschungen verloren gingen. Obstwiesen und -gärten am Rande der Siedlungen fielen zudem in einigen Fällen Baumaßnahmen zum Opfer, so beispielweise in Endingen. Im Kernobstbau begann man in Süddeutschland ab der Mitte des 20. Jahrhunderts, von der Produktion an Hochstämmen zu moderneren Niederstammanlagen überzugehen.



Abb. C 4.10: Obstbäume auf Ackerterrassen im Kaiserstuhl in den 1950er Jahren (Aufnahme: Creutzburg)



Abb. C 4.11: Obstbäume in den Weinbergen der Gemarkung Kiechlinsbergen in den 1950er Jahren (Quelle: Bröse 1960)⁵¹

Die beschriebenen Prozesse in der Landnutzung und im Obstbau führten zu deutlichen Änderungen des Landschaftsbildes im nördlichen Kaiserstuhl, die neben der Literatur auch in Luftbildern und historischen Landschaftsaufnahmen dokumentiert sind. Die heute noch verbliebenen Walnuss- und anderen hochstämmigen Obstbäume in der Landschaft werden aufgrund der fehlenden Rentabilität der Bewirtschaftung nur noch selten genutzt, was sich in insgesamt stark abnehmenden Baumbeständen niederschlägt.

⁵¹ B. Jäger, S. Bröse 1960: *Der Kaiserstuhl, des Weingotts stiller Garten*. Thorbeke Verlag, 35 S.

C 5. Agroforstsysteme im Landschaftsbild

5.1. Ästhetische Bedeutung von halboffenen Landschaften⁵²

Locker mit Bäumen bestandene Flächen entsprechen einem Idealbild von Landschaft, das unabhängig von Kultur, Alter und Herkunft von den meisten Menschen geschätzt wird. So werden Gehölze in der Agrarlandschaft wie Windschutzpflanzungen, Obstbäume, Hecken, Einzelbäume oder Baumgruppen von Befragten in vielen Untersuchungen zur Bewertung von Landschaftselementen sehr positiv beurteilt (z. B. Wöbse 2002)⁵³.

Nohl (2001)⁵⁴ nennt als die „relevanten Auslöser landschaftsästhetischer Erlebnisse“ Vielfalt, Gliederung, Eigenart, Ferne und Naturnähe, da diese Eigenschaften einer Landschaft dem Bedürfnis des Menschen nach Information, Orientierung, Heimat, Lesbarkeit und Freiheit entsprechen. Gehölze als visuell auffällige, landschaftsästhetisch besonders attraktive Elemente erfüllen dabei zahlreiche Funktionen: Sie erhöhen die Vielfalt in offenen Agrarlandschaften; gerade in ausgeräumten Ebenen haben sie einen großen visuellen Wirkraum und bringen eine dritte Dimension in die Landschaft. Daneben bieten sie eine eigene zeitliche Vielfalt durch die verschiedenen jahreszeitlichen Aspekte und ihr Wachstum im Laufe der Jahre.

Gehölzreihen dienen als lineare Leitstrukturen, die eine Landschaft gliedern. Auch zur empfundenen Naturnähe (die nicht gleichzusetzen ist mit Naturnähe im ökologischen Sinn) tragen Gehölze stark bei; so werden beispielsweise alte Alleen häufig als „deutlich naturnah“ erlebt (Nohl 2001). Gerade in Agrarlandschaften, die durch eine intensive Nutzung geprägt und unter Umständen sehr monoton sind, stellen sie damit ein positiv besetztes Element dar. Die Eigenart schließlich, die unter anderem für das Heimatempfinden und die Identifikation von Menschen mit einer Landschaft entscheidend ist, wird auch durch charakteristische Anordnungsmuster und Abfolgen oder durch „prägnante Nutzungsformen“ geprägt (Jessel 1998)⁵⁵, zu denen sicher auch agroforstliche Nutzungsweisen zählen.

5.2. Moderne Agroforstsysteme im Landschaftsbild

Nutzungssysteme, die Bäume auf landwirtschaftlichen Flächen integrieren, erscheinen also in vielen Landschaften als sehr geeignet, wichtige ästhetische Qualitäten zu fördern. Was ist nun bei der konkreten Gestaltung von Agroforstsystemen zu beachten, um tatsächlich positive Auswirkungen zu erzielen, und unter welchen Umständen können sie auch nachteilige Effekte haben?

Prinzipiell sind die verschiedenen Komponenten eines Agroforstsystems – landwirtschaftliche Nutzfläche, Bäume in Reihe oder in anderer Anordnung, Streifen mit Hecken, Stauden

⁵² Ausführlicher in: T. Reeg 2009: Agroforstsysteme mit Wertholzbäumen im Landschaftsbild. In: T. Reeg, A. Bemann, W. Konold, D. Murach, H. Spiecker (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley VCH, S. 325-334

⁵³ H.H. Wöbse 2002: *Landschaftsästhetik*. Eugen Ulmer Verlag, 304 S.

⁵⁴ W. Nohl 2001: *Landschaftsplanung - Ästhetische und rekreative Aspekte*. Patzer Verlag, Berlin, Hannover: 248 S.

⁵⁵ B. Jessel 1998: *Das Landschaftsbild erfassen und darstellen – Vorschläge für ein pragmatisches Vorgehen*. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 30 (11): 356-361

oder Gras – in der Landschaft nichts Neues. Trotzdem können moderne Agroforstsysteme auf den Betrachter ungewohnt wirken, vor allem aus folgenden Gründen:

- Hoch geastete Wertholzbäume weisen eine andere Baumgestalt auf als übliche Solitärbäume oder Obsthochstämme.
- Je nach Anordnung der Bäume bzw. der Baumreihen können Agroforstsysteme sehr schematisch, streng geometrisch, plantagenartig wirken. Zusammen mit den geasteten Stämmen kann so ein Bild von „Künstlichkeit“, Monotonie und intensiver Nutzung entstehen, das von den meisten Menschen eher negativ empfunden wird.



Abb. C 5.1: 10-jähriges Agroforstsystem in Südfrankreich, Hartweizen mit Pappel. Die Bäume stehen hier dichter, als es für Deutschland angedacht wurde, trotzdem vermittelt das Bild einen Eindruck der streng geometrischen Anordnung in Verbindung mit hoch geasteten Bäumen (T. Reeg)

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, die voraussichtliche Wirkung moderner Agroforstsysteme auf Besucher der Landschaft zu ermitteln, bezogen auf verschiedene Landschaften sowie unter Berücksichtigung der zeitlichen Aspekte. Des Weiteren sollten konkrete Hinweise zu einer ästhetisch ansprechenden Gestaltung der Systeme gegeben werden.

5.3. Methoden und Vorgehen

In Bezug auf das Landschaftsbild gilt das gleiche wie für die naturschutzfachliche Bewertung: In Ermangelung bestehender Versuchsflächen musste hauptsächlich auf Erkenntnisse zu vergleichbaren Landschaftsstrukturen zurückgegriffen werden. Dies geschah im Rahmen einer Literaturstudie. Daneben erfolgten eigene Erhebungen. Im WP Landschaftsbild wurde also in drei Schritten vorgegangen.

1. Literaturlauswertung: Relevante Untersuchungen, etwa in Form von sozialempririschen Befragungen, gibt es zum einen aus anderen Ländern wie Frankreich oder Australien, in denen Agroforstsysteme schon vor Jahrzehnten etabliert wurden. Aus Deutschland sind Studien zur Bewertung des Landschaftsbildes von Interesse und darin besonders die Bewertung verschiedener Gehölzstrukturen. Daneben gibt es aus den 1950er Jahren Arbeiten zur Landschaftsgestaltung, in denen viele bei der Pflanzung von Gehölzen zu beachtende Aspekte angesprochen werden.

2. Fragen im Fragebogen für Stakeholder (siehe Kapitel C 2): Im Rahmen des Fragebogens war das Landschaftsbild eines unter vielen Themen. Explizite Fragen zum Landschaftsbild

gab es nur wenige, entsprechende Aspekte tauchten aber in mehreren Fragen auf. In dieser Befragung wurde somit die Meinung verschiedener Personen aus den betroffenen Bereichen Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Verwaltung und Naturschutz erhoben.

3. Experteninterviews: Um Ergebnisse aus den ersten beiden Punkten zu vertiefen und zu erweitern, wurden mit acht Personen, die im Bereich Landschaftsästhetik, Landschaftsplanung und Landschaftsbildbewertung tätig sind, Experteninterviews zum Thema Landschaftsbild durchgeführt. In den Interviews ging es um die voraussichtliche Wirkung von Wertholzbäumen in der Landschaft sowie um Aspekte, die bei der Etablierung von Agroforstsystemen beachtet werden sollten.

5.3.1. Experteninterviews

Im Mai und Juni 2007 wurden acht Interviews zum Thema „Agroforstsysteme im Landschaftsbild“ mit folgenden Personen durchgeführt:

- Dr. Isabel Augenstein, Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung; Dissertation zum Thema „Zur Berücksichtigung des landschaftsästhetischen Potentials in der planerischen Umweltvorsorge: Entwicklung eines GIS-gestützten Verfahrens am Beispiel des Regierungsbezirkes Dessau“
- Barbara Fiselius, Landschaftspflegeverband Main-Kinzig-Kreis e.V., Gelnhausen; Projekte v. a. zu Streuobstbeständen, z. B. das „MainÄppelHaus Lohrberg“, ein Informationszentrum rund ums Thema Streuobst
- Gottfried Hage, Büro Hage + Hoppenstedt Partner für Raumplanung und Landschaftsarchitektur, Rottenburg; beteiligt u. a. an der Strategieentwicklung für das neue Biosphärengebiet Schwäbische Alb
- Babette Köhler, Stadt Freiburg, Projektgruppe Integrierte Stadtentwicklung; Aufstellung des Flächennutzungsplans 2020 und Fortschreibung des integrierten Landschaftsplans, Veröffentlichungen zur Erfassung und Bewertung des Landschaftsbildes
- Prof. em. Gustav Oberholzer, Universität der Bundeswehr München, Institut für Geoinformation und Landentwicklung, Professur Landentwicklung; Veröffentlichungen zur Weiterentwicklung der Kulturlandschaft
- Prof. Wolfgang Riedel, Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Landschaftsplanung und Landschaftsgestaltung
- Prof. Uta Steinhardt, FH Eberswalde, Fachgebiet Landschaftsökologie und Landnutzungsplanung
- Dr. Bernd Tenbergen, Landschaftsverband Westfalen-Lippe, Münster; Arbeiten und Publikationen zu den Hecken im Münsterland

Nachdem mit dem Fragebogen ein relativ weiter Kreis von Personen erreicht worden war, wurden bei den Interviews die Vorteile von Expertenbefragungen genutzt: dichte Informationsgewinnung, wenig aufwendiger Forschungsprozess, praktische Anbahnung und Abwicklung der Gespräche, persönliche Motivation der Befragten. Als Experten wurden

dabei Personen verstanden, die sich aufgrund ihrer Ausbildung sowie ihrer Tätigkeit intensiv mit verschiedenen Aspekten des Themenfeldes Landschaftsbild beschäftigen, die also „für das Fach- und Themengebiet als relevant erachtete Akteure“ (Bogner & Menz 2005a)⁵⁶ darstellen. Die Interviewpartner wurden sowohl aufgrund ihrer Tätigkeit als auch der räumlichen Verteilung in ganz Deutschland ausgewählt. Daraus ergaben sich regionale und thematische Schwerpunkte in den Interviews. Daneben wurde darauf geachtet, dass Personen aus verschiedenen Tätigkeitsebenen vertreten waren: von Wissenschaftlern, die sich mit Fragen der Landschaftsentwicklung und -gestaltung auseinandersetzen, bis zu Personen, die direkt mit Landschaftsplanung oder Öffentlichkeitsarbeit beschäftigt sind.

Das Fach- und Erfahrungswissen der befragten Personen zum Thema Landschaftsbild sollte (von ihnen) auf eine bestimmte Fragestellung konzentriert werden, nämlich auf die ästhetische Erscheinung von Wertholzbäumen im Offenland. Bei den Interviews handelte es sich um leitfadengestützte offene Interviews. Ein leitfadenorientiertes Gespräch wird sowohl dem „thematisch begrenzten Interesse des Forschers an dem Experten wie auch dem Expertenstatus des Gegenübers“ gerecht (Meuser & Nagel 2005)⁵⁷. Die im Gesprächsleitfaden zusammengestellten Fragen wurden, je nach Verlauf des Gespräches z. T. in unterschiedlicher Reihenfolge, allen Interviewpartnern gestellt. Darüber hinaus ergaben sich je nach regionalem oder fachlichem Hintergrund des jeweiligen Experten unterschiedliche Schwerpunkte, auf die näher eingegangen wurde. Zu Beginn eines jeden Interviews wurde das Projekt *agroforst* und das Konzept der Agroforstwirtschaft in Deutschland kurz vorgestellt. Anhand der Visualisierungen, die jeweils eine Fläche in den vier Beispielgebieten in Baden-Württemberg im aktuellen Zustand sowie mit per Fotomontage eingefügten Bäumen in drei unterschiedlichen Altersstufen zeigen (siehe Kapitel B 5), wurden Details dieser Nutzungsart und ihre möglichen Erscheinungsbilder verdeutlicht.

Das Ziel der Interviews bestand darin, Ideen, Ansichten und Empfehlungen zu Fragen rund um (Agroforst)-Bäume in der Landschaft zu sammeln. Es handelte sich also um „systematisierende Experteninterviews“, in denen der Experte, der über Fachwissen verfügt, das der Forscher nicht hat, diesem objektive Tatbestände sowie seine Sicht der Dinge erläutert (Bogner & Menz 2005b)⁵⁸. Die Auswertung der Interviews erfolgte nicht getrennt nach Personen, da keine Meinungen verglichen, sondern vielmehr eine inhaltliche Synthese aus allen Aussagen gezogen werden sollte.

Die Interviews fanden jeweils in Arbeitsräumen der befragten Person statt. Die Gespräche wurden auf Tonband aufgezeichnet, zusätzlich wurden Notizen gemacht. Alle Interviews wurden transkribiert und anschließend mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (Bortz & Döring 2006)⁵⁹. Dazu wurden Kategorien mit jeweils mehreren Subkategorien gebildet. Die Kategorien waren durch die Fragen des Leitfadens vorgegeben; eventuell

⁵⁶ A. Bogner, W. Menz 2005a: *Expertenwissen und Forschungspraxis: die modernisierungstheoretische und die methodische Debatte um die Experten*. A. Bogner, B. Littig, W. Menz (Hrsg.): *Das Experteninterview*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2. Aufl.: 7-30

⁵⁷ M. Meuser, U. Nagel 2005: *ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht. Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion*. In: A. Bogner, B. Littig, W. Menz (Hrsg.): *Das Experteninterview*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2. Aufl.: 71-94

⁵⁸ A. Bogner, W. Menz 2005b: *Das theoriegenerierende Experteninterview – Erkenntnisinteresse, Wissensformen, Interaktion*. In: A. Bogner, B. Littig, W. Menz (Hrsg.): *Das Experteninterview*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2. Aufl.: 33-70

⁵⁹ J. Bortz, N. Döring 2006: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer Verlag Heidelberg, 4. Aufl., 897 S.

nötige Subkategorien ergaben sich aus den Antworten und wurden theoretisch durch Ergebnisse aus der Literatur gestützt.

5.4. Ergebnisse zur Bedeutung und Wirkung von Bäumen in Agroforstsystemen

Im Folgenden werden Ergebnisse aus der Literaturrecherche, der Stakeholder-Befragung sowie den Experteninterviews miteinander verknüpft, um einzelne thematische Komplexe aufzugreifen.

5.4.1. Bedeutung von Bäumen in Agrarlandschaften

Bäume in offenen Landschaften sind auffällige Strukturelemente, die für das Landschaftsbild eine wichtige Rolle spielen (siehe Abschnitt C 5.1.). Diese Bedeutung gründet sich auf verschiedene theoretische Ansätze, die auch in Aussagen der Interviews wiedergefunden werden konnten:

Tab. C 5.1: Antworten (in Stichworte gefasst) auf die Interview-Frage: „Welche Bedeutung haben Bäume im Offenland allgemein?“

Bedeutung von Bäumen im Offenland	<ul style="list-style-type: none"> - Anthropologie: Erinnerung an Savanne; arkadische Landschaften (halboffen, Gehölzgruppen, Einzelbäume, Weidelandschaften) - Emotionales / Funktionales: Schutz vor Regen und Sonne (Schatten), angenehmeres Kleinklima, „ich bin nicht der sengenden Glut oder dem peitschenden Regen ausgesetzt“; Schutz, Geborgenheit, sich sicher fühlen können; unter Bäumen vespern - Gliederung, Orientierung: strukturierendes Element der Kulturlandschaft, Dreidimensionalität, auf weite Entfernungen sichtbar, Gliederung des Raumes, Orientierung; Gehölze als Umgrenzung; in monotonen Landschaften Haltepunkte / „Festpunkte, wo ich mein Auge festmachen kann“ - Landschaftsästhetik, Landschaftserleben: landschaftliches Erleben und Abwechslung im Jahreszeitenwechsel, blühende Bäume, Erlebnis von Ernte, Reife, Frucht im Herbst; etwas Ästhetisches, Herausragendes; Abwechslung, Attraktion, Anziehungswirkung, mehr Belebtheit, Wechsel zwischen Schatten und Licht; „man sieht nicht gleich alles“ - Symbolische Bedeutung: „einzelne Bäume hatten immer schon etwas Heiliges“; „reines Grünland oder Acker ist eine sehr wirtschaftsbetonte Landschaft, die einen eigentlich nicht mehr anspricht“
--	--

Anthropologischer Ansatz: Die ursprünglich von Orians (1986)⁶⁰ formulierte „Savannen-Theorie“ besagt, dass Menschen sich in Landschaften wohlfühlen, die dem menschlichen „Ur-Habitat“ der afrikanischen Savanne am meisten ähneln, also halboffene Landschaften mit einzelnen Bäumen und Gehölzgruppen. Ausprägungen von Landschaftselementen, die typisch für fruchtbare Savannenlebensräume sind, werden auch heute noch von Menschen unterschiedlichster Hintergründe (Kultur, Wohnort, Alter etc.) als attraktiv empfunden, da sie die Erfüllung der menschlichen Grundbedürfnisse nach Nahrung, Wasser, Versteck und Ausblick versprechen. So zeigte sich beispielsweise in empirischen Untersuchungen eine

⁶⁰ G.H. Orians 1986: *An ecological and evolutionary approach to landscape aesthetics*. In: E.C. Penning-Roswell, D. Lowenthal (Hrsg): *Landscape meanings and values*. London, Allen & Unwin: 3-25

Vorliebe vieler befragter Personen für Bäume mit großen Kronen und kurzen Stämmen, der typischen Form von Bäumen in fruchtbaren Savannen (Sommer & Summit 1995)⁶¹.

Ein aus der Antike stammendes Landschaftsideal, das vor allem in der Romantik oft verklärt wurde, sind die „arkadischen Weidelandschaften“, also ebenfalls halboffene Landschaften mit vereinzelt Bäumen oder Baumgruppen und Weidetieren. Diese Landschaften werden teilweise auch in der Gegenwart als ein Idealbild für „schöne Landschaft“ gesehen.

Emotionales / Funktionales: Auch heute noch erfüllen Bäume im Offenland bestimmte Funktionen für den Menschen: Sie schützen vor Sonne, Regen sowie Wetterunbilden und vermitteln damit das Gefühl von Schutz und Geborgenheit. Mit diesem Wetterschutz verbunden ist die Vorstellung des Picknicks unter einer großen Baumkrone. Daneben bieten Gehölze nichtvisuelle Landschaftseindrücke wie (essbare) Früchte und Blütengeruch.

Gliederung, Orientierung: Eine weitere Funktion von Gehölzen ist die Gliederung der Landschaft. Dieser Aspekt hat einerseits eine ästhetische Komponente: Bäume als deutlich dreidimensionale, auf weite Entfernungen sichtbare Elemente der Kulturlandschaft geben dieser Struktur, können Räume begrenzen und gerade in monotonen Landschaften dem Auge einen Fixpunkt bieten (Nohl 2001). Andererseits geht es um die ganz praktische Seite der Orientierung in einer Landschaft: Bäume im Offenland erlauben eine leichtere Orientierung als offene Landschaften ohne Bäume, beziehungsweise eine bessere Sicht und freiere Bewegung als ein geschlossener Wald mit Unterholz. So wirkt eine halboffene Landschaft einladender und weniger bedrohlich, als ein dichter Wald es unter Umständen tut (Ulrich 1986)⁶².

Landschaftsästhetik, Landschaftserleben: Erkenntnisse aus der Umweltpsychologie zeigen, dass als schön empfundene Landschaftsbilder durch Vielfalt und eine überschaubare Komplexität charakterisiert sind. Ergeben sich immer wieder neue Ausblicke und kann der Besucher nicht alles auf einmal erfassen, wird er dazu angeregt, weiter in die Landschaft vorzudringen (Kaplan & Kaplan 1989)⁶³. Die Neugier wird geweckt und die Motivation erhöht, sich in der Landschaft zu bewegen und das zu entdecken, was man auf den ersten Blick nicht sieht. Daneben können Bäume an sich eine Attraktion darstellen, die die Landschaft belebt und das Erleben der Jahreszeiten in der Landschaft verstärkt, von den Blüten im Frühjahr bis zur Frucht im Herbst. Neben dieser zeitlichen Abwechslung werden Landschaften prinzipiell durch Bäume vielfältiger und abwechslungsreicher, so z. B. durch den Wechsel von Licht und Schatten oder die bereits genannte vertikale Dimension.

Symbolische Bedeutung: Bäume können eine starke symbolische Bedeutung in Mythos, Tradition und Religion sowie in historischen Zusammenhängen, wie z. B. die Gerichtslinden in vielen Dörfern, haben. Daneben repräsentieren sie für viele Menschen in sehr stark von der menschlichen Nutzung geprägten Landschaften als ein „natürlich“ empfundenes Element die Natur.

⁶¹ R. Sommer, J. Summit 1995: *An Exploratory Study of Preferred Tree Form*. *Environment and Behavior* 27: 540-557

⁶² R.S. Ulrich 1986: *Human responses to vegetation and landscape*. *Landscape and Urban Planning* 13: 29-44

⁶³ R. Kaplan, S. Kaplan 1989: *The Experience of Nature - A Psychological Perspective*. Cambridge, New York, Melbourne, Cambridge University Press, 340 S.

Die genannten Aspekte verdeutlichen das weite Spektrum der Bedeutungen von Bäumen im Landschaftsbild. All dies kann mit hineinspielen, wenn Menschen beispielsweise in Befragungen verschiedene Landschaftselemente bewerten sollen und dabei Gehölze fast immer sehr gut abschneiden.

5.4.2. Bedeutung des ästhetischen Aspektes von Agroforstsystemen

Mit Hilfe des Fragebogens sollte herausgefunden werden, welches Gewicht dem Erscheinungsbild von Agroforstsystemen in der Landschaft im Vergleich zu produktionstechnischen oder ökonomischen Aspekten überhaupt beigemessen wird.

Im Rahmen der Frage „Wie gut können Agroforstsysteme folgende Funktionen Ihrer Meinung nach erfüllen?“ erhielt die Antwortmöglichkeit „Ästhetische Aufwertung von Agrarlandschaften“ die meiste Zustimmung (siehe Abschnitt C 2.2.3.): 45 % der Befragten waren der Meinung, Agroforstsysteme könnten „sehr gut“, 44 % „gut“ zu einer ästhetischen Aufwertung beitragen. Immerhin 63 % der Befragten glauben, dass die Landschaftsästhetik in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird (Abschnitt C 2.2.8.).

Bei der Frage „Was sind Ihrer Meinung nach Voraussetzungen dafür, dass Agroforstsysteme eine interessante Landnutzungsalternative darstellen können?“ kam die Antwort „ein attraktives Landschaftsbild für Einheimische und Touristen bieten“ immerhin an dritter Stelle nach „eine Bewirtschaftung mit möglichst geringem Einsatz ermöglichen“ und „positive ökonomische Effekte haben“ (siehe Abschnitt C 2.2.4.).

Den Auswirkungen von Agroforstsystemen auf das Landschaftsbild wird also große Beachtung geschenkt. Vor dem Hintergrund, dass fast die Hälfte der Befragten aus dem Bereich Landwirtschaft kam, hat das Landschaftsbild auch aus Sicht der Landbewirtschaftler einen recht hohen Stellenwert. Bestätigt wird dies beispielsweise durch Ergebnisse von Untersuchungen in Frankreich oder Australien (z. B. Etienne & Rapey 1999⁶⁴ oder Mead 1995⁶⁵), in denen deutlich wird, dass neben rein betrieblichen Überlegungen durchaus auch das Landschaftsbild eine Entscheidung für ein Agroforstsystem positiv beeinflussen kann.

5.4.3. In welchen Landschaften und unter welchen Voraussetzungen passen Agroforstsysteme gut bzw. nicht in eine Landschaft?

Die befragten Experten waren sich darüber einig, dass es in Deutschland eigentlich keine Agrarlandschaft gibt, in die Bäume grundsätzlich nicht passen würden. Begründet wurde dies auch damit, dass ursprünglich überall Bäume vorkamen bzw. immer noch vorkommen. Besonders auf ausgeräumten landwirtschaftlichen Flächen werden Bäumen fast immer als ein landschaftlicher Gewinn gesehen. Als einzige Ausnahme dieser Regel wurden Landschaften genannt, deren Eigenart – beispielsweise weite, offene Ebenen – sich nicht mit Agroforstsystemen verträglich. Die Frage, ob dazu auch ausgeräumte Ackerbaugebiete zählen könnten, deren Eigenart in der Weite der Landschaft liegt, wurde nicht eindeutig beantwortet.

⁶⁴ M. Etienne, H. Rapey 1999: *Simulating integration of agroforestry into livestock farmers' projects in France. Agroforestry Systems* 43: 257-272

⁶⁵ D.J. Mead 1995: *The role of agroforestry in industrialized nations: the southern hemisphere perspective with special emphasis on Australia and New Zealand. Agroforestry Systems* 31: 143-156

Tab. C 5.2: Antworten auf die Interview-Frage: „In welchen Landschaften würden Agroforstsysteme besonders gut ins Landschaftsbild passen, oder gibt es auf der anderen Seite Landschaften, in die sie Ihrer Meinung nach gar nicht passen würden?“

Wo passen Agroforstsysteme?	<ul style="list-style-type: none"> - in Landschaften, in denen Einzelbäume auch historisch vorkommen (in Mitteleuropa weithin verbreitet) → landschaftliche Eigenart, historische Kontinuität - „in Deutschland, wo wir immer diese Gehölmischung mit offenen Flächen hatten, kann ich mir das an ganz vielen Stellen sehr gut vorstellen“; „Mir fällt keine Landschaft, keine Teillandschaft ein oder ein Landschaftstyp, in dem ich mir keine Bäume vorstellen könnte oder wo sie nicht hinpassen sollten.“ - auf landwirtschaftlichen Nutzflächen immer - „jeder Baumbestand in einer offenen Fläche bringt einen zusätzlichen ästhetischen und Erholungswert“ - „dringend in den großen ausgeräumten Ackerflächen, wo das Auge irgendwas braucht, das eine Struktur gibt“
Wo passen Agroforstsysteme nicht?	<ul style="list-style-type: none"> - wenn es nicht zu dem passt, was schon da ist (Eigenart, Dimension) - evtl. auch in ausgeräumten Ackerbaugebieten - neu geschaffene Eigenart der großen Schläge?? - bis auf extreme Standorte eigentlich überall

Das Relief sowie die Art und die Anzahl bereits vorhandener Gehölze haben einen großen Einfluss darauf, wie Agroforstsysteme wirken. Wie auch die Experten sind fast alle Teilnehmer der Befragung der Meinung, dass Agroforstsysteme prinzipiell in jede Landschaft mehr oder weniger gut passen – einzige Ausnahme sind „natürlich wirkende“ Landschaften (siehe unten).

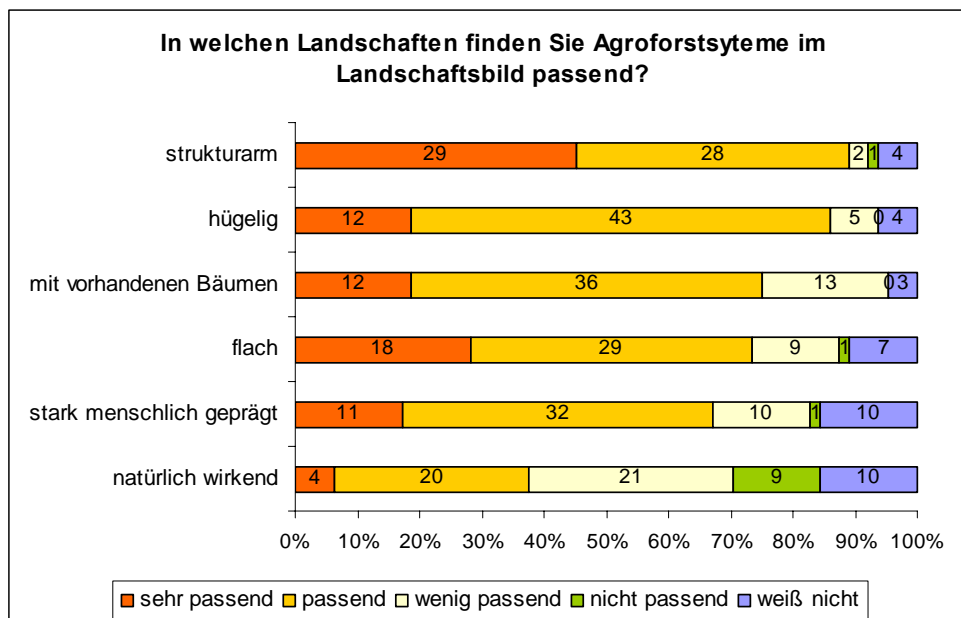


Abb. C 5.2: Ergebnisse der Stakeholder-Befragung, Frage 7; n=64

Entscheidend für die Wirkung auf den Landschaftsbesucher ist der Blickwinkel, mit welchem er die Agroforstsysteme in der Landschaft sieht. Einfluss darauf hat beispielsweise die

Distanz sowie die Ausrichtung zu Wegen und Straßen (Cook & Cable 1995)⁶⁶. Dabei spielt das Relief eine große Rolle: In flachen Landschaften werden Baumreihen zweidimensional wahrgenommen, während sich in hügeligem Relief zum einen unterschiedliche Blickwinkel ergeben und es zum anderen mehr Möglichkeiten der Gestaltung gibt, wie z. B. Baumreihen entlang von Höhenlinien, Betonung von Kuppen etc.. Prinzipiell sind Agroforstsysteme am Hang visuell wirksamer als in der Ebene.



Abb. C 5.3, 5.4: Visuelle Wirkung einer Windschutzpflanzung auf kurze Distanz – und in der gleichen Landschaft von einer Anhöhe aus gesehen (T. Reeg)

Die Fragen nach „menschlich geprägten“ und „natürlich wirkenden“ Landschaften zielten darauf ab, herauszufinden, ob Agroforstsysteme eher als ein „künstliches“ oder „natürliches“ Landschaftselement angesehen werden. Bei beiden Antwortmöglichkeiten gab es viele Enthaltungen, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass die Ausdrücke sehr ungenau sind und eine vielfältige Interpretation zulassen. Aus der mehrheitlichen Ablehnung von Agroforstsystemen in „natürlich wirkenden Landschaften“ könnte darauf geschlossen werden, dass sie tendenziell eher als ein nicht naturnahes Strukturelement angesehen werden.

5.4.4. Ästhetische Aufwertung von strukturarmen Agrarlandschaften

Aus ästhetischer Sicht sind sich fast alle Befragten einig: Agroforstsysteme könnten einen großen Beitrag dazu leisten, ausgeräumte Landschaft aufzuwerten, indem vertikale Strukturen eingebracht werden. In der Umfrage sagten knapp 70 % der Befragten aus, sie hielten die Etablierung von Agroforstsystemen auf Gunststandorten für denkbar, da diese „wichtige Beiträge zum Natur- und Ressourcenschutz und für das Landschaftsbild“ leisten könnten (siehe Abschnitt C 2.2.1.). In strukturarmen Landschaften finden knapp 90 % aller Befragten Agroforstsysteme „sehr passend“ oder „passend“ (siehe oben). Auch die Experten hoben die mögliche Bedeutung von Agroforstsystemen bei der ästhetischen Aufwertung gerade der intensiv genutzten Gebiete hervor.

Agroforstsysteme bieten eine gute Möglichkeit, solche Landschaften aufzuwerten, z. B. wenn sie im Umlandbereich von Städten liegen und damit im Naherholungsbereich, oder wenn sie an viel besuchte Ferienregionen grenzen (siehe auch Abschnitt C 1.2.2.). Wenn nun aber ein Landwirt tatsächlich auf intensiv genutzten Ackerflächen Agroforstsysteme anlegt, wird er dies in Reihen tun, so dass er die Fläche weiterhin problemlos bewirtschaften kann.

⁶⁶ P.S. Cook, T.T. Cable 1995: *The scenic beauty of shelterbelts on the Great Plains. Landscape and Urban Planning* 32: 63-69

Außerdem wird er die Baumstreifen so schmal wie möglich halten wollen, um den Verlust an landwirtschaftlich nutzbarer Fläche klein zu halten. Dies steht im Widerspruch zum ästhetischen Empfinden, dass Bäume nicht zu schematisch angeordnet sein sollten (siehe Abschnitt C 5.5.). Auch die Baumstreifen erfüllen eine wichtige ästhetische Funktion, wenn eine Blümmischung eingesät ist, auf ihnen Brachvegetation oder Gebüsch aufkommen.



Abb. C 5.5: Großer Ackerschlag im Kraichgau (M. Brix)



Abb. C 5.6: Silvoarables Agroforstsystem im Kraichgau (Fotomontage von Ursula Kretschmer, Quelle: Reeg 2009⁶⁷)

In vielen Fällen würden Bäume in strukturarmen Landschaften eine Aufwertung des Landschaftsbildes bewirken. Aufgrund der ökonomischen Zwänge kann jedoch ohne zusätzliche Gelder nicht erwartet werden, dass Landwirte ihre Agroforstsysteme unter ästhetischen Gesichtspunkten anlegen. Manchmal allerdings kann durch Kleinigkeiten schon eine große Wirkung erreicht werden – hier ist die Kommunikation zwischen Landwirten, Touristikern und Landschaftsplanern gefragt.

5.5. Ergebnisse zur ästhetisch attraktiven Gestaltung moderner Agroforstsysteme

Die Teilnehmer der Befragung sollten ihre Meinung zu der Aussage „Agroforstsysteme können in der Gestaltung so variiert werden, dass sie in jede Landschaft passen“ äußern. 58 von 64 Befragten fanden diese „zutreffend“ bzw. „sehr zutreffend“, keiner antwortete mit „nicht zutreffend“. Dies zeigt zum einen, dass Agroforstsysteme in jede Landschaft passen können, zeigt aber auch, dass die jeweils passende Gestaltung eine große Rolle spielt.

Bis zu einem gewissen Grad wird diese durch die landwirtschaftliche Nutzung vorgegeben. Trotzdem bleiben auch auf maschinell bewirtschafteten Flächen zahlreiche Möglichkeiten, mit den Bäumen eines Agroforstsystems Landschaft gezielt zu gestalten. Dabei können einerseits bekannte (Gehölz-)Muster in der Landschaft aufgegriffen, fortgeführt und evtl. weiterentwickelt werden. Genauso können ungewohnte Landschaftsbilder entstehen, als

⁶⁷ aus: T. Reeg 2009: Agroforstsysteme mit Wertholzbäumen im Landschaftsbild. In: T. Reeg et al. (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Verlag Wiley-VCH, S. 325-334

„Ausdruck einer neuen Form nachhaltiger Landnutzung in Verbindung mit neuen Gestaltungselementen“ (Konold & Reidl 2006)⁶⁸. Denkbar sind also auch aus gestalterischer Sicht neue, innovative Ansätze.

Die Wertholzbäume eines Agroforstsystems werden weder sehr alt noch zu individuell auffälligen Baumgestalten. Daher wirken Agroforstbäume weniger als Baumindividuen, sondern in erster Linie als Teil eines Musters in der Landschaft. Entscheidend für die Wirkung auf das Landschaftsbild sind damit die Art und der Charakter des Musters.

Die wichtigsten von den Experten genannten Grundsätze einer landschaftsangepassten und ästhetisch attraktiven Gestaltung von Agroforstsystemen waren folgende:

Moderne Agroforstsysteme sollten

- zum Charakter der Landschaft und zu den vorherrschenden Dimensionen passen,
- an bestehende Strukturen und an das Geländere relief angepasst sein,
- Landschaft gliedern, ohne sie zuzustellen, Sichtbeziehungen offen halten,
- eine extensive Nutzung erfahren, da sie umso vielgestaltiger würden, je weniger intensiv die Nutzung sei,
- nicht direkt an naturnahe Strukturen (z. B. einen gewachsenen Waldrand) angeschlossen werden, da die Kombination von natürlichen und formalen Strukturen unorganisch wirke.

Wichtig war vielen der Experten die Betonung, dass Agroforstsysteme nicht „zu formal“, zu schematisch wirken sollten. Auch auf Ackerflächen könne eine Auflockerung der Pflanzung erfolgen durch

- eine unregelmäßige Anordnung, verschiedene Abstände zwischen Bäumen bzw. Baumreihen,
- verschiedene Baumarten mit unterschiedlichen Silhouetten,
- Variation des Baumalters.

Als „ästhetisches Idealbild“ wurden silvopastorale Systeme genannt, die eine Beweidung mit verstreuten Gehölzgruppen kombinieren: Einzelbäume in aufgelockerter Anordnung in der Landschaft, harmonisch verteilt, schön arrangiert, „wie natürlich gewachsen“, die nebenbei dem Vieh als Schutz dienen. Auch eine Kombination von Bäumen und Hecken, z. B. in Form von Gebüsch um die (geasteten) Stämme herum, könne zum Eindruck von mehr Natürlichkeit beitragen.

Eine formale Anordnung der Bäume wie etwa große, nach dem gleichen Schema bepflanzte Ackerschläge lehnten die Experten grundsätzlich eher ab. In monotonen Landschaften sollten Bäume vielmehr vorhandene Strukturen (Gewässerläufe, Grabenränder, Topographie, Wege und Straßen) betonen, um diese Landschaft wieder erkennbar und einzigartig zu machen, anstatt noch eine weitere eintönige Struktur in Form einer flächigen Baumpflanzung hinzuzufügen. Prinzipiell jedoch könnten die Bäume eines Agroforstsystems

⁶⁸ W. Konold, K. Reidl 2006: Kulturlandschaft in Baden-Württemberg - Entstehung und Bedeutung, Überlegungen zu Pflege und Entwicklung. Naturschutz-Info 1/2006: 44-49

große Ackerschläge gliedern, das Landschaftsbild bereichern und Habitate in der Agrarlandschaft, wie z. B. Sölle in Ackerflächen, als Lebensraum aufwerten und gegen die landwirtschaftliche Nutzung abpuffern. Gezielt eingesetzt werden könnten sie, um in der Nähe von Wegen mehr Abwechslung ins Landschaftsbild zu bringen oder um Strukturen in der Horizontlinie (z. B. einen Weg oben auf einem Hügel) hervorzuheben.



Abb. C 5.7, 5.8: „Gewachsene“ Baumstrukturen auf Grünland im Südschwarzwald (T. Reeg); halboffene Weidelandschaft in Thüringen (Quelle: Reeg et al. 2009⁶⁹)

Aus Produktionssicht sind auf Ackerflächen parallel verlaufende Reihen unerlässlich. Regelmäßig-geometrische Muster in der Landschaft sind von Nuss- oder Obstbaumbeständen, von Hecken und Windschutzpflanzungen bekannt und müssen sich trotz ihrer Formalität nicht negativ auf das Landschaftsbild auswirken. Wichtig ist, dass die Oberflächenformen der Landschaft berücksichtigt werden, indem z. B. Reihen zwar parallel, aber nicht zwangsweise schnurgerade, sondern Höhenlinien folgend angelegt werden. Ansonsten können flächige „Plantagen“ eintönig und uninteressant wirken, vor allem wenn der Baumstreifen sehr schmal gehalten ist und damit die intensive Nutzung der Gesamtfläche deutlich erkennbar im Vordergrund steht.

Die von den Experten häufig als erstrebenswert genannte „größere Natürlichkeit“ kann z. B. durch weitere (nicht gepflegte) Gehölze zwischen den Wertholzträgern entstehen. Auch unregelmäßig verteilte Bäume in aufgelockerter Anordnung verstärken den Eindruck der Naturnähe und der Zufälligkeit. Auf diese Weise kann ein als angenehm empfundener Kontrast zur „gestalterischen Strenge von Ackerlandschaften“ geschaffen werden (Oberholzer 2000)⁷⁰, zumal Landschaftsbesucher Bäume an sich in der Regel als ein „natürliches Landschaftselement“ einordnen. Grundsätzlich werden unregelmäßige Formen als vielfältiger und naturnäher erlebt (Nohl 2001).

Von den Experten wurde betont, dass in bestimmten Fällen auch formale Strukturen ihren Reiz haben können und manche Landschaftsbereiche genau davon leben; ein Beispiel ist die ästhetische Wirkung von Alleen, die als „Schmuck des Landes“ bezeichnet und deren touristisches Potenzial hervorgehoben wurde. Wenn sie also gezielt eingesetzt werden, werden auch formalen Anordnungen eine große gestalterische Wirkung und eine ausgeprägte Eigenart zugesprochen. So hat z. B. eine Allee als „architektonisches Element“ die Eigenschaft, dass sie den Landschaftsbesucher auf ein Ziel zuführt, zu einem Dorf, einer

⁶⁹ T. Reeg, M. Brix, M. Oelke, W. Konold 2009: *Baumlandschaften – Nutzen und Ästhetik von Bäumen in der offenen Landschaft*. Jan Thorbecke Verlag, Ostfildern, 112 S.

⁷⁰ G. Oberholzer 2000: *Die Weiterentwicklung der Kulturlandschaft. Landespflege in der Flurbereinigung Teil V. Schriftenreihe Geodäsie und Geoinformation Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, Heft 68*

Kapelle oder einem anderen besonderen Ort. Dieses „Hinführen“ ist nur bei einem bestimmten Rhythmus der Pflanzung (gleiche Bäume, gleiche Abstände) gegeben, der zudem die Reihung der Bäume „unendlich“ wirken lässt (Wöbse 2002).

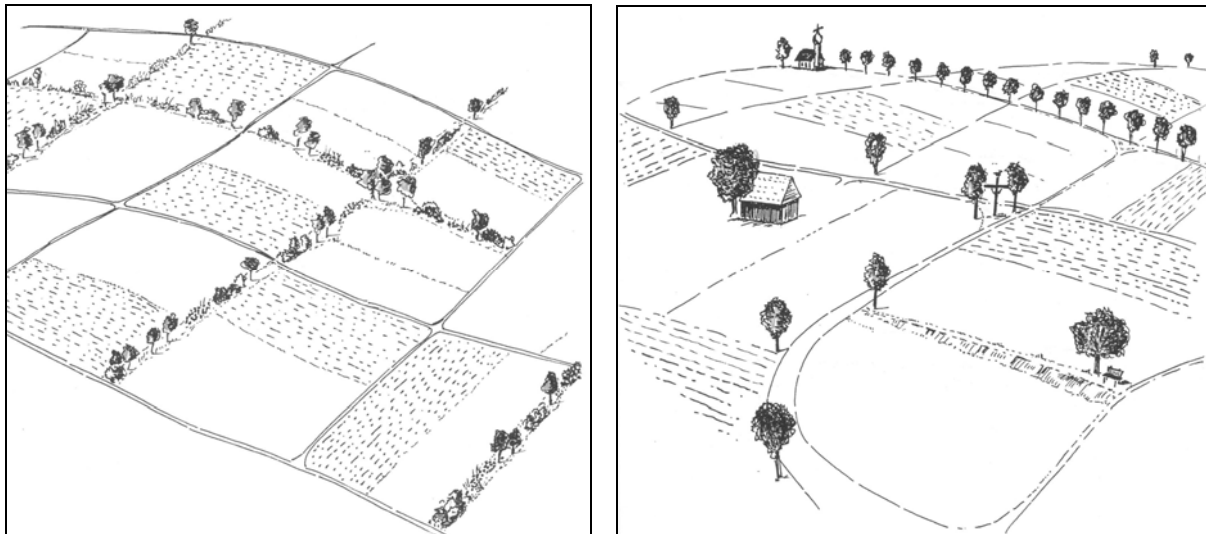


Abb. C 5.10, 5.11: Aufgelockerte Heckenstrukturen mit eingestreuten Einzelbäumen mit dem Ziel, einen „mehr natürlichen Charakter“ zu erhalten (links); Kapelle und Baumallee als „architektonische Einheit (rechts) (Skizzen: G. Oberholzer 2000)

Die Ergebnisse der Stakeholder-Befragung bestätigten diese Aussagen zum Teil. Die Design-Möglichkeiten „Bäume als lineare Struktur entlang von Straßen, Wegen, Gräben“ sowie „lockere Anordnung von Bäumen auf Weiden“ wurden als am attraktivsten beurteilt; auch eine Kombination der Wertholzbäume mit Hecken fand relativ große Zustimmung. Regelmäßige Reihen standen am unteren Ende der Skala, unregelmäßige interessanterweise jedoch noch weiter unten. In diesem Punkt widerspricht das Ergebnis der Befragung den Expertenansichten, bei denen Punkte wie unterschiedliche Baumarten, Abstände und Alter der Bäume als positiv hervorgehoben wurden.

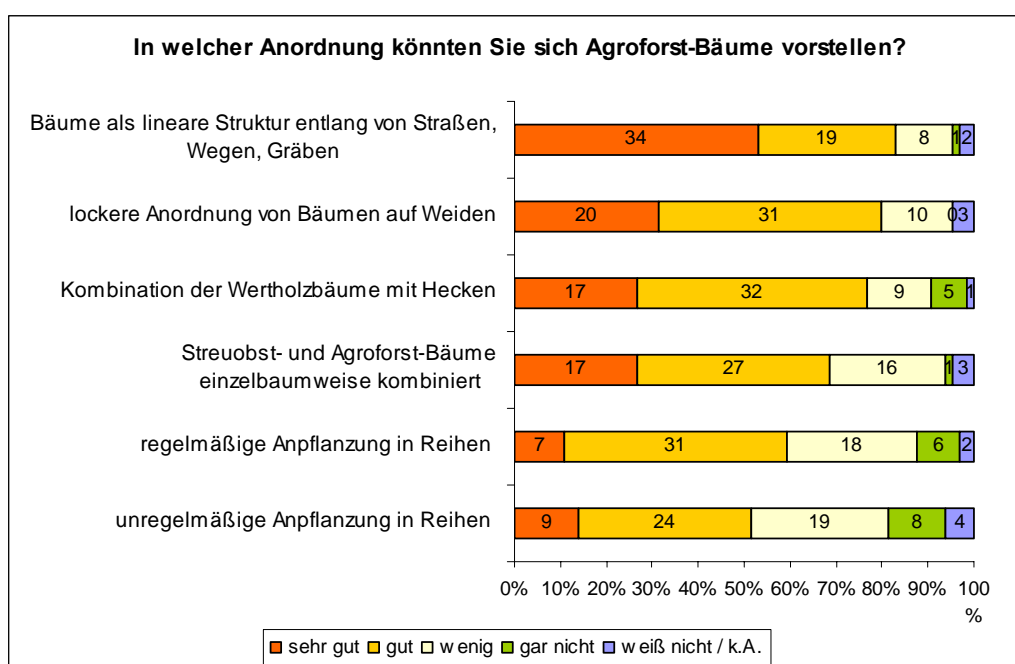


Abb. C 5.9: Ergebnisse der Stakeholderbefragung, Frage 6; n=64

Bei den Antworten im Rahmen der Fragebogenaktion muss bedacht werden, dass sie vermutlich nicht allein aus ästhetischen Gründen gegeben wurden. So bietet es sich aus landwirtschaftlicher Sicht an, Baumreihen entlang bestehender linearer Landschaftselemente wie Wegen, Straßen, Fließgewässern, Gräben, Feld- oder Stufenrainen einzufügen, wo sie die Produktion am wenigsten stören und wo oft ohnehin schon Bäume stehen oder früher standen. Auch Bäume auf möglicherweise extensiv genutzten Weideflächen erscheinen einem Landwirt vermutlich eher mit den Produktionszielen vereinbar als auf fruchtbaren Ackerflächen. In diesen Fällen gehen landwirtschaftliche und landschaftsästhetische Anforderungen Hand in Hand.

5.6. Ergebnisse zur Bewertung des Landschaftsbildes

Beschäftigt man sich mit der Wirkung bestimmter Gestaltungsweisen in der Landschaft, so gibt es zwar gewisse Regeln, die grundsätzlich zutreffen. Dennoch muss man immer auch berücksichtigen, dass die Wahrnehmung und Empfindung von Landschaft ein sehr subjektiver Prozess ist, der stark von Herkunft, Alter, Bildung usw. jedes einzelnen Menschen beeinflusst wird. Daneben gibt es zu jeder Zeit gewisse gesellschaftliche „Modeströmungen“, denen die Menschen in ihrer persönlichen Empfindung unterliegen. So herrschte beispielsweise zur Zeit des Barock ein anderes Schönheitsideal für Landschaften oder Parkanlagen (als eine Art Landschafts-Ausschnitt) vor als während der Romantik.

Dazu kommt noch die zeitliche Dimension der Landschaftsentwicklung, die gerade bei Bäumen sehr deutlich wird. So ist die Tätigkeit desjenigen, der die Pflanzung von Gehölzen in der Landschaft plant, darauf beschränkt, Bäumen „eine Entwicklungsmöglichkeit vorzugeben“ (Wöbse 2002). Bis diese jedoch wirklich groß sind, wird sich auch die Landschaft im Umfeld wieder verändert haben, verbunden mit einer geänderten Sichtweise auch der Menschen.

In den Interviews wurden entsprechende Anmerkungen spontan gemacht, wenn es um die Frage ging, was von Besuchern als schön oder weniger schön empfunden wird. Dabei wurde von den Experten auf folgende Aspekte hingewiesen:

Tab. C 5.3: In den Interviews geäußerte Ansichten zur Bewertung und zum Empfinden der Landschaft durch Besucher

Landschaftsbewertung und -empfinden	<ul style="list-style-type: none"> - Barocker Standpunkt: „was sehr Schönes, wenn das in Reihe geht“ (Mensch hat die Natur im Griff). Romantik: kleine Gehölzgruppen und irgendwelche verwinkelten und erwarteten Ausblicke → jedes visuelle Sehen vom jeweiligen Zeitalter abhängig; was man heute schön sieht, hat man früher nicht als schön angesehen - Bäume wachsen langsam, man hat genug Zeit, sich das anzugucken; Menschen gewöhnen sich sehr schnell an neue Situationen - Ist es für den Besucher überhaupt wichtig, ob da ein Baum steht oder nicht? Änderungen in der Vegetation sind nicht schlimm, werden evtl. gar nicht so wahrgenommen - anderes Schönheitsempfinden des Landwirts als der Städters - „ästhetische Sensibilität des Durchschnittsmenschen ist heute nicht mehr so groß“
--	---

5.6.1. Ungewohnt oder einfach eine Frage der Zeit?

Menschen beurteilen Veränderungen in ihrer Umgebung häufig erst einmal negativ, neue Elemente werden skeptisch gesehen. Allerdings sind bauliche Entwicklungen gewichtiger als solche in der Vegetation, die oft gar nicht bewusst wahrgenommen werden. Auch sind plötzliche auffällige Veränderungen schlimmer als langsame, allmähliche, da Menschen langsam ablaufende Prozesse in ihrer Umwelt oft weniger wahrnehmen und sie dann auch nicht so negativ bewerten (Köhler & Preiß)⁷¹.

Moderne Agroforstsysteme werden gegen Ende einer Umtriebszeit vor allem aufgrund der hoch geasteten Wertholzbäume ein bisher ungewohntes Bild abgeben. Bäume mit bis zu 8 m hohen, astfreien Stämmen kommen im Offenland bisher nicht vor und unterscheiden sich deutlich von Obsthochstämmen, Feldgehölzen oder „normalen“ Solitäräumen. Auch eine formale Anpflanzung besonders auf Ackerflächen wäre für unser heutiges Verständnis ungewöhnlich. Im Fragebogen wurde nach der Wirkung dieses ungewohnten Bildes gefragt. Nur drei der Befragten hielten die Aussage, Agroforstsysteme passten aufgrund ihrer ungewohnten Erscheinung gar nicht in die Landschaft, für „zutreffend“; der Großteil antwortete mit „nicht zutreffend“ (Abb. L 5.12). Der Aussage, die Menschen hätten aufgrund der langsamen Entwicklung der Bäume genug Zeit, sich an neue Agroforstsysteme zu gewöhnen, stimmte jedoch nur etwa die Hälfte der Befragten zu.

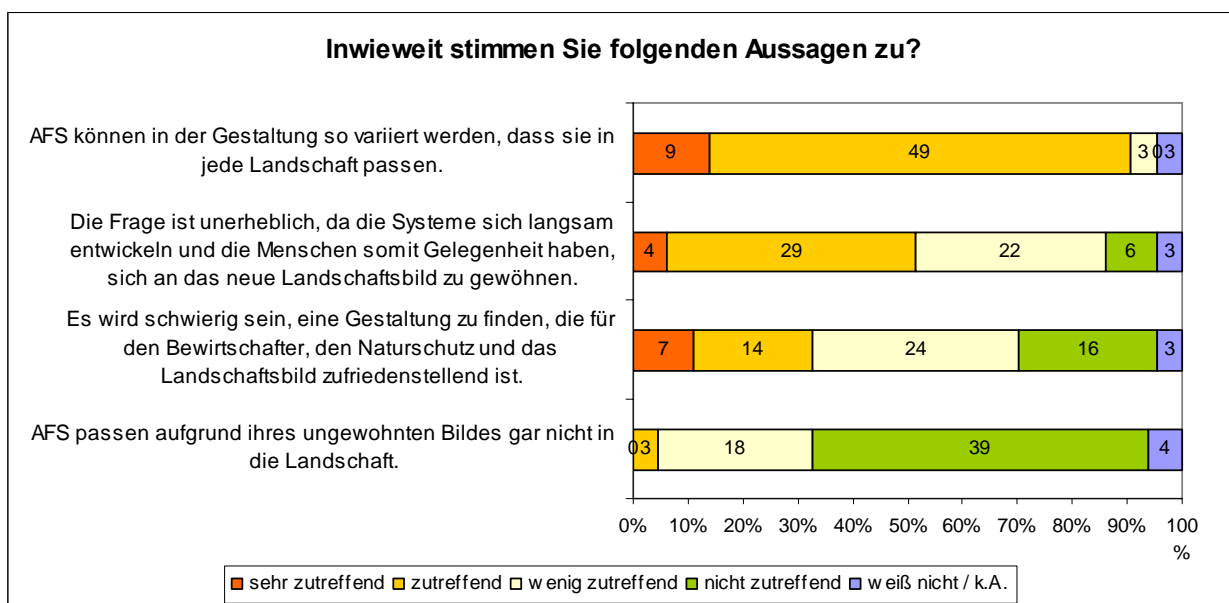


Abb. C 5.12: Ergebnisse der Stakeholderbefragung, Frage 8; n=64

Der ästhetische Effekt von Bäumen ist sehr stark von ihrer Größe abhängig, so dass ein Agroforstsystem im Lauf einer Umtriebszeit sehr unterschiedliche Wirkungen auf die Landschaft entfalten kann. Dazu kommt, dass nach der Etablierungsphase in den meisten Systemen nach und nach eine Streuung des Baumalters einsetzen wird, wenn nicht mit einer einzigen Baumart gearbeitet wird, was jedoch auch aus ökonomischer Sicht (Risiko) wenig Sinn macht: Verschiedene Baumarten wachsen unterschiedlich schnell, manche werden früher geerntet, durch neue Pflanzungen ersetzt usw.. Damit werden Fotomontagen wie die

⁷¹ B. Köhler, A. Preiß 2000: *Erfassung und Bewertung des Landschaftsbildes*. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 1 (2000): 1-60

oben gezeigten hinfällig, da die Wirkung sich mit der Ausdifferenzierung sehr ändern wird. Da Bäume an sich ohnehin nicht gewöhnungsbedürftig sind, es also nur um die besondere Gestalt von Wertholzbäumen geht, kann davon ausgegangen werden, dass sich mit der Zeit ein Gewöhnungseffekt einstellt. Ein weiterer Aspekt ist die Weiterentwicklung der Landschaft, in die die Agroforstsysteme eingebunden sind, in den nächsten 50 Jahren, was auch die Empfindung den Bäumen gegenüber verändern wird.

Von den Experten wurde eher der Vorgang der Fällung als mögliches Problem genannt, da dies eine plötzliche Veränderung darstellt und außerdem ein beliebtes Landschaftselement entfernt wird. Dem Verlust durch die Fällung kann dadurch entgegengewirkt werden, dass innerhalb eines Agroforstsystems Bäume verschiedenen Alters vorkommen. So verschwindet nie die komplette Struktur, und die entstehenden Lücken können durch die Nachpflanzung mit jungen Bäumen wieder geschlossen werden. Trotzdem wird die Entfernung älterer Bäume mit Sicherheit negativ bewertet werden, vor allem wenn diese eine auffällige Formation gebildet haben (z. B. in Form einer Allee).

5.7. Fazit: Bedeutung von modernen Agroforstsystemen für die Gestaltung der Landschaft

Im Bundesnaturschutzgesetz wird die Erhaltung und Förderung der Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft gefordert. Die Eigenart, die die Unverwechselbarkeit, das Individuelle eines Ortes ausmacht, wird dabei häufig als der zentrale, übergeordnete Begriff gesehen (z. B. Köhler 1997)⁷². Da die Landnutzung einen wichtigen Beitrag zur Eigenart leistet, sollten neu zu etablierende Agroforstsysteme so gestaltet werden, dass sie zum Charakter der Landschaft passen. Die Akzentuierung bestehender Strukturelemente und Reliefmerkmale und damit gegebener Ordnungsmuster ist in der Regel sehr reizvoll. So können lokale Besonderheiten und damit die Eigenart der Landschaft mit Hilfe von Baumpflanzungen herausgestellt, neu akzentuiert oder neu gestaltet werden. Ausnahmen bilden Landschaften, deren Charakter gerade durch die gehölzlosen Weite und Offenheit gebildet wird; hier können Bäume in Form eines (flächigen) Agroforstsystems aus landschaftsästhetischer Sicht unpassend sein. In jedem Fall sollten Agroforstsysteme durch die Wahl der Baumarten, die Anordnung der Bäume, die Höhe der Astung etc. an die jeweilige Landschaft, ihren Charakter und ihre Dimensionen angepasst sein. Der Abstand der einzelnen Baumreihen zueinander ist ausschlaggebend dafür, ob diese als ein flächiges oder ein lineares Landschaftselement wahrgenommen werden.

Vor allem in Gebieten, die der Nah- oder Ferienerholung dienen und häufig von Menschen aufgesucht werden, könnten Agroforstsysteme auch gezielt zur ästhetischen Aufwertung der Agrarlandschaft genutzt werden. Neben der Anordnung der Bäume (siehe Abschnitt C 5.5.) spielt dabei die Gestaltung des Baumstreifens, also des landwirtschaftlich nicht genutzten Streifens, auf dem die Wertholzbäume stehen, eine wichtige Rolle. Prinzipiell sind breite Streifen mit einer eingesäten Blütmischung oder Hecken in den Baumzwischenräumen schmalen, mit Herbiziden behandelten Streifen – wie sie zur Produktion ausreichen würden – vorzuziehen. Je nach Bewuchs der Streifen ergeben sich sehr unterschiedliche Bilder: Blühstreifen bringen einen zusätzlichen Farbaspekt ein; mit weiteren Gehölzen (z. B. Hecken zwischen den Bäumen) wird die Landschaft visuell deutlich stärker unterteilt.

⁷² Köhler, B. 1997: *Bewertung des Landschaftsbildes*. NNA-Berichte 3 (97): 23-33

C 6 und C 7. Vorbereitung und Durchführung der Transferphase

6/7.1. Formen des Transfers

Im Projekt *agroforst* wurde großer Wert darauf gelegt, Ergebnisse verschiedenen Personengruppen auf unterschiedlichen Ebenen vorzustellen und mit ihnen zu diskutieren.

Stakeholderworkshops

In den beiden Untersuchungsregionen Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern wurden jeweils zwei Veranstaltungen organisiert, an denen Vertreter von Verbänden, von Ministerien und Forschungsinstitutionen teilnahmen. Im diesem Rahmen wurden Ergebnisse aus allen drei Teilprojekten vorgestellt und mit den Teilnehmern diskutiert. Räumlicher Bezugsrahmen war das jeweilige Bundesland.

Regionale Workshops und Informationsveranstaltungen

Besondere Bedeutung für den Austausch mit Vertretern aus Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Naturschutz auf lokaler Ebene hatten die Workshops in den vier Beispielgebieten in Baden-Württemberg sowie die Treffen, die diesen Workshops vorausgingen bzw. folgten. An den Workshops nahmen zwischen fünf und neun Personen teil.

Eine zusätzliche Abendveranstaltung wurde in Donzdorf organisiert, da dort großes Interesse an Agroforstsystemen als mögliche Ausgleichsmaßnahme bestand.

In Leiselheim am Kaiserstuhl wurde gemeinsam mit PLENUM Kaiserstuhl eine Informationsveranstaltung zur Vorstellung des Konzeptes „Agroforstwirtschaft“ und der Ergebnisse der Diplomarbeit von Manuel Oelke organisiert. Die Veranstaltung war mit knapp 30 Personen sehr gut besucht; am Tag darauf erschien ein Bericht im Lokalteil der Badischen Zeitung (siehe Anhang).

Fachtagungen

In Zusammenarbeit mit den beiden ebenfalls vom BMBF geförderten Verbänden AGROWOOD und DENDROM wurde eine Tagungsreihe zum Thema „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ abgehalten. Die zweite Fachtagung fand in Freiburg statt und wurde vom *agroforst*-Team organisiert. Während der dreitägigen Veranstaltung wurden Ergebnisse der drei Projektverbände einem breiten interessierten Fachpublikum präsentiert.

Zusätzlich stellten die Bearbeiter ihre Ergebnisse auf verschiedenen anderen Tagungen vor.

Lehre an der Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften

Im Sommersemester 2007 arbeiteten sechs Studierende und eine französische Praktikantin, die von den Projektbearbeitern der Institute für Waldwachstum und Landespflege betreut wurden, an einer Projektstudie zum Thema Agroforstsysteme. In Vorlesungen wurde das Thema bei Bedarf eingebracht, außerdem entstanden mehrere Diplomarbeiten.

Veröffentlichungen

Die Ergebnisse des Projektes wurden in verschiedenen Fachzeitschriften veröffentlicht. Daneben entstanden ein Praxisleitfaden zur Anlage und Bewirtschaftung von Agroforstsystemen sowie mehrere Beiträge zu dem Buch „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“.



Abb. C 6/7.1: Vortrag beim 2. Stakeholderworkshop (Schwäbisch Gmünd)



Abb. C 6/7.2: Informations- und Diskussionsveranstaltung in Leiselheim (Kaiserstuhl)

6/7.2. Beiträge des Teilprojektes Landespflege

Vorträge

- 24.10.2005 „Definition von Zielgebieten – begünstigende Voraussetzungen für die Realisierung von Agroforstsystemen und ihre möglichen positiven Auswirkungen“ (T. Reeg). Stakeholderworkshop für Baden-Württemberg, Schwäbisch Gmünd
- 05.09.2006 „Traditional land uses for the future – contemporary agroforestry systems“ (T. Reeg). Conference of the Permanent European Conference for the Study of the Rural Landscape (PECSRL), 4.-9.9.2006 Berlin / Schloss Hubertusstock
- 09.11.2006 „Naturschutzfachliche Bewertung von Agroforstsystemen mit Hilfe faunistischer Gutachten“ und „Welchen Wert hat ein Agroforstsystem, und wie sollte es finanziert werden?“ (T. Reeg). Stakeholderworkshop für Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin
- 16.01.2007 „Naturschutzfachliche Bewertung von Agroforstsystemen“ und „Agroforstsysteme als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen?“ (T. Reeg). Stakeholderworkshop für Baden-Württemberg, Schwäbisch Gmünd
- 03.07.2007 „Agroforstsysteme im Landschaftsbild“ (T. Reeg) und „Historische Agroforstsysteme“ (W. Konold). 2. Fachtagung „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“, 02.-04.07.2007, Freiburg
- 29.04.2008 „Agroforstsysteme als interessante Landnutzungsalternative? Entscheidungsfaktoren für Landnutzer“ (T. Reeg). 3. Fachtagung „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ 28.-30.04.2008, Cottbus

07.10.2008 „Cultural associations with Valuable Broadleaved Trees“ (T. Reeg, gemeinsam mit I. Ipsikoudis und O. Dini-Papanastasi). Tagung „Growing Valuable Broadleaved Tree Species“, 06.-08.10.2008, Freiburg

Veröffentlichungen

Artikel in Fachzeitschriften

T. Reeg 2009: Agroforestry systems as land use alternatives in Germany? A comparison with approaches taken in other countries. Outlook on Agriculture, accepted

T. Reeg, M. Brix 2008: Zielgebietsauswahl für Agroforstsysteme unter Berücksichtigung der verschiedenen Interessen in der Landnutzung. Naturschutz und Landschaftsplanung 6/2008: 173-179

T. Reeg, A. Möndel, M. Brix, W. Konold 2008: Naturschutz in der Agrarlandschaft – neue Möglichkeiten mit modernen Agroforstsystemen? Natur und Landschaft 83 (6): 261-266

T. Reeg 2008: Agroforstsysteme als interessante Landnutzungsalternative? Entscheidungsfaktoren für Landnutzer. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung 6: 53-68

C. Heindorf, T. Reeg 2008: Problemorientiertes Design silvoarabler Agroforstsysteme in der Agrarlandschaft Kraichgau. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung 6: 159-162

A. Möndel, T. Reeg, M. Brix 2007: Agroforstsysteme als Bindeglied zwischen Tradition und Moderne – Sind Streuobstwiesen als Ausgleichsmaßnahme noch zeitgemäß? Die Gemeinde (BWGZ) 130 (10/2007): 369-371

F. Höchtl, E. Rusdea, H. Schaich, P. Wattendorf, C. Bieling, T. Reeg, W. Konold 2007: Building bridges, crossing borders and linking people: integrative approaches to rural landscape management in Europe. Norsk Geografisk Tidsskrift – Norwegian Journal of Geography 61 (4): 157-169

H. Spiecker, M. Brix, R. Unseld, W. Konold, T. Reeg, A. Möndel 2006: Neue Trends in der Wertholzproduktion. AFZ/Der Wald 61 (19/2006): 1030-1033

Beiträge für das Buch „Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen“ (Verlag Wiley VCH, Frühjahr 2009)

H. Grünwald, T. Reeg: Überblick über den Stand der Forschung zu Agroforstsystemen in Deutschland

T. Reeg, J. Hampel, F. Hohlfeld, G. Mathiak, E. Rusdea: Agroforstsysteme aus Sicht des Naturschutzes

W. Konold, T. Reeg: Historische Agroforstsysteme in Deutschland

T. Reeg: Agroforstsysteme mit Wertholzbäumen im Landschaftsbild

W. Konold, H. Spiecker: Agroforstsysteme mit Wertholzproduktion - Zusammenfassung und Ausblick

Diplomarbeiten

Am Institut für Landespflege wurden im Rahmen des *agroforst*-Projektes drei Diplomarbeiten betreut:

S. Jäger 2007: Bäume in der Landschaft – Historische Agroforstsysteme

C. Heindorf 2007: Problemorientiertes Design silvoarabler Agroforstsysteme in der Agrarlandschaft Kraichgau

M. Oelke 2008: Obsthochstämme zur Wertholzproduktion im Kaiserstuhl – neue Nutzung eines traditionellen Landschaftselements?

C 8. Kriterienkataloge zur Auswahl der Baumarten

Im Folgenden soll näher auf die verschiedenen im *agroforst*-Projekt betrachteten Baumarten und ihre Merkmale eingegangen werden. Dabei werden die Eigenschaften jener Laubbäume dargestellt, die aus naturschutzfachlicher oder landschaftsästhetischer Sicht in Agroforstsystemen eine besondere Bedeutung haben können.

Gerade aus Naturschutzsicht muss dabei berücksichtigt werden, dass andere Parameter wie z. B. die Anordnung und Dichte der Baumreihen, die Verbindung zu bestehenden Habitaten oder die Pflege des Baumstreifens eine größere Auswirkung auf die meisten Tierarten haben als die Baumart an sich. Auch Alter und Gesundheitszustand der Bäume sind entscheidend für Nahrungs- und Habitatangebot. Hier sind aus Nutzungssicht in einem Agroforstsystem mit Werthölzern grundsätzlich enge Grenzen gesetzt.

Diese Aspekte wurden ausführlich in Kapitel C 3 dargelegt.

8.1. Wichtige Eigenschaften von Gehölzen aus naturschutzfachlicher Sicht

Bäume in der Agrarlandschaft bieten zum einen bewohnbare Strukturen, zum anderen eine Nahrungsquelle für verschiedene Tierartengruppen (Kurz & Machatschek 2008)⁷³: In der Rinde älterer Baumstämme leben Kleininsekten, die wiederum anderen Tieren als Nahrung dienen; Früchte, Blätter (sowohl am Baum als auch als Falllaub), Triebe, Nektar und Pollen werden von unterschiedlichen Arten als Nahrungsquelle genutzt. Manche Insekten leben ganzjährig am Baum, während andere Tierarten nur zu bestimmten Tages- oder Jahreszeiten dieses Landschaftselement aufsuchen.

Häufig sind Insekten, die sich von den Blättern ernähren, auf bestimmte Baumarten spezialisiert. Bäume wie Ahorn, Birke oder Ulme beherbergen deutlich höhere Artenzahlen als Walnuss oder Robinie (Kurz & Machatschek 2008).

In Agroforstsystemen mit Wertholzbäumen sind die auffälligsten Gehölzstrukturen die Reihen der zur Holzproduktion gepflanzten Edellaubbäume. Je nach Systemanlage sind zusätzlich Sträucher auf den Baumstreifen denkbar. Für den Naturschutz sind folgende Eigenschaften von Bäumen und Sträuchern von Bedeutung:

- Nahrung für die Fauna (Früchte, Nektar, Insekten unter der Rinde etc.); Zeitpunkt des Nahrungsangebots
- Schutz vor Fressfeinden (z. B. durch Dornen)
- Nistmöglichkeit

In der folgenden Tabelle sind einige wichtige Eigenschaften der im Projekt behandelten Baumarten aufgeführt.

⁷³ P. Kurz, M. Machatschek 2008: *Alleebäume - Wenn Bäume ins Holz, ins Laub und in die Frucht wachsen sollen*. Wien, Köln, Weimar, Böhlau Verlag, 320 S.

Tab. C 8.1: Naturschutzfachlich bedeutsame Eigenschaften der verschiedenen Baumarten

Baumart	Bedeutung für Naturschutz
<i>Acer campestre</i>	gute Bienenweide (Nektar, Honigtau)
<i>Acer platanoides</i>	frühe und gute Bienenweide (Nektar, reichlich Pollen, Honigtau)
<i>Acer pseudoplatanus</i>	sehr gute Bienenweide (Nektar, Pollen, Honigtau)
<i>Alnus glutinosa</i>	Nistgelegenheit für Wasservögel; Samen als Vogelnahrung; eine der ersten Frühjahrsquellen für Bienen
<i>Betula pendula</i>	Pollen, Blatthonig für Bienen (eine der ersten Quellen im Frühjahr); Samen als Vogelnahrung
<i>Betula pubescens</i>	Pollen, Blatthonig für Bienen; Samen als Vogelnahrung
<i>Castanea sativa</i>	gute Bienenweide (Nektar, Pollen, Honigtau)
<i>Fraxinus excelsior</i>	Bienenweide (Pollen, Honigtau)
<i>Juglans regia</i>	Bienenweide (Pollen, Honigtau)
<i>Malus sylvestris</i>	Früchte, Bienenweide (Nektar und Pollen), gute Nistgelegenheiten für Vögel, Tagesquartier für nachtaktive Fledermäuse
<i>Prunus avium</i>	gute Nistgelegenheiten für Vögel, Vogelschutzgehölz in Hecken; Blüten als Bienenweide
<i>Pyrus pyraeaster</i>	Nahrung für Insekten, Vögel und Säugetiere
<i>Sorbus domestica</i>	gute Bienenweide (Nektar und Pollen), Früchte als Wildfutter und Vogelnahrung
<i>Sorbus torminalis</i>	gute Bienenweide (Nektar und Pollen), Früchte als Wildfutter und Vogelnahrung
<i>Tilia cordata</i>	sehr gute Bienenweide (Nektar, Blatthonig)
<i>Tilia platyphyllos</i>	sehr gute Bienenweide (Nektar, Blatthonig)
<i>Ulmus glabra</i>	Pollen gehören zur ersten Bienennahrung im März; Blatthonig
<i>Ulmus laevis</i>	Pollen gehören zur ersten Bienennahrung im März; Blatthonig
<i>Robinia pseudoacacia</i>	wertvolle Honigweide

Um bestimmte Naturschutzeffekte zu erzielen, kann es sinnvoll sein, neben den Wertholzbäumen weitere Gehölze auf dem Baumstreifen einzubringen. Gerade für viele Vögel spielen Sträucher eine essentielle Rolle (siehe z. B. Abschnitt C 3.4.), aber auch zahlreichen anderen Tierarten können sie Schutz und Nahrung bieten.

8.2. Wichtige Eigenschaften von Gehölzen aus landschaftsästhetischer Sicht

Baumstrukturen haben eine große visuelle Wirkung, besonders in ansonsten strukturarmen Agrarlandschaften (siehe Kapitel C 5). Auch bei der landschaftsästhetischen Bewertung von Agroforstsystemen spielen die verwendeten Baumarten nicht die wichtigste Rolle, tragen aber durchaus zum Erscheinungsbild und Erlebniswert des gesamten Agroforstsystems bei.

Für das Landschaftsbild und das Landschaftserleben von Besuchern sind folgende Eigenschaften von Gehölzen relevant:

- Auffälligkeit, Farbe, Duft der Blüten, Zeitpunkt der Blüte
- Zeitpunkt des Laubaustriebs im Frühjahr
- auffällige, evtl. essbare Früchte

- Färbung des Herbstlaubes
- Kronenform
- Struktur und Farbe der Rinde

Tab. C 8.2: Landschaftsästhetisch bedeutsame Eigenschaften der verschiedenen Baumarten

Baumart	Blüte	Laub	Früchte	Rinde
<i>Acer campestre</i>	gelbgrüne Blütenrispe	intensive Herbstfärbung (gelb-orange)	Früchte geflügelt	
<i>Acer platanoides</i>	auffällige gelb-hellgrüne Blüten, Duft; Blüten früh, vor Blattaustrieb	Herbstfärbung gelb-orange bis rot	Früchte geflügelt	Borke dicht längsrissig, nicht abschuppelnd, zeigt in den Rissen oft eine orange Färbung
<i>Acer pseudoplatanus</i>	traubenartige, hängende Rispe	gelbe Herbstfärbung	Früchte geflügelt	
<i>Alnus glutinosa</i>	grüne, hängende Kätzchen	braun	grün, zapfenähnlich, später verholzend; braun	
<i>Betula pendula</i>	gelbe Kätzchen	hellgrüner Austrieb, früh austreibend, gelbe Herbstfärbung	kleine, rund geflügelte Nussfrucht	weiß
<i>Betula pubescens</i>	gelbe Kätzchen	gelbe Herbstfärbung	kleine, rund geflügelte Nussfrucht	weiß
<i>Castanea sativa</i>	auffällige weiße Blüten (Duft)	spät austreibend; gelbe Herbstfärbung	Früchte braun, essbar	
<i>Fraxinus excelsior</i>	grün-rote Rispen	gelb-grüne Herbstfärbung	hellbraune geflügelte Nussfrüchte	
<i>Juglans regia</i>	♂ grüngelbe lange hängende Kätzchen ♀ grüne kurze stehende Blüten	spät austreibend; gelb-braune Herbstfärbung	braune hartschalige Nussfrucht, wohlschmeckend, auch zur Ölgewinnung genutzt	in der Jugend: silbergrau, dünn, glatt. Im Alter: tief-rissige schwarz-graue Borke
<i>Malus sylvestris</i>	rosa-rot, innen weiß; duftend		Früchte verwertbar für Saft oder Gelee, Dörrobst	
<i>Prunus avium</i>	Blüten weiß, Duft	Austrieb grün-gold oder bronzefarben; Herbstfärbung orange-gelb-rot	Früchte rot oder schwarz	leuchtend rotbraun
<i>Pyrus pyraeaster</i>	blüht im April/Mai vor dem Laubausschub; Blüte weiß bis cremeweiß	intensive rote Herbstfärbung	Früchte als Dörrobst und Backobst, für Saft und Essig, zum Klären von Most (gerbstoffreiche Früchte)	Rinde graubraun, tief eingerissen; trägt meist Dornen an den Zweigen
<i>Sorbus domestica</i>	halbkugelige Doldenrispe, weiß, angenehm duftend	orange-rot	apfel- oder birnenförmige Früchte, gelbgrün-bräunlich, sonnenseits rötlich; essbar, verwendbar	Borke: längliche, rechteckige Schuppen, die sich meist von unten her ablösen (dach-

			zur Klärung von Most oder Brand von feinstem Schnaps	ziegelartiges Aussehen)
<i>Sorbus torminalis</i>	weiße, aufrechte lockere Doldenrispen	gelbe bis orange-rote intensive Herbstfärbung	eiförmige, von gelb über rot bis lederbraune Früchte; überreif essbar; kann verarbeitet werden zu Säften, Konfitüre und Elsbeerschnaps	
<i>Tilia cordata</i>	auffällige gelbe Blüten, Duft	gelb	Nussfrucht kugelig, kaum gerippt.	
<i>Tilia platyphyllos</i>	auffällige gelbe Blüten, Duft	gold-gelb	Nussfrucht fünfkantig, länglich-kugelig	
<i>Ulmus glabra</i>	rötlich-braune Trugdolden	gelb-rot-braun	rundum geflügelte Nussfrucht	
<i>Ulmus laevis</i>	grün-rot, unscheinbar	gelb	fädig gestielt, silbrig bewimpert	Borke längsrissig, löst sich in dünnen Schuppen ab
<i>Robinia pseudoacacia</i>	auffällige weiße Blüten, Duft	gelb-grün	abgeflacht hülsenförmig	

8.3. Berücksichtigung landespflegerischer Belange bei der Auswahl der Bäume

Erst Priorität bei der Baumartenauswahl für eine bestimmte Fläche hat die Standorteignung der Bäume, die gepflanzt werden sollen. Bei einem unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten angelegten Agroforstsystem steht als nächstes die Frage, welche(s) Produkt(e) erzeugt werden soll(en). Im Falle der Wertholzerzeugung sind also die Holzeigenschaften und die Wachstumsdynamik der Baumarten entscheidend. Doch auch unter Berücksichtigung der ökonomischen Erfordernisse bleiben Möglichkeiten, landespflegerische Aspekte bei der Anlage moderner Agroforstsysteme einzubeziehen, ohne einen Nachteil für die Produktion hinnehmen zu müssen. So kann beispielsweise die Anordnung verschiedener Baumarten innerhalb des Systems nach ästhetischen Gesichtspunkten erfolgen, ohne dass ökonomische Interessen davon berührt werden. Auch z. B. ein Aufkommenlassen einiger Sträucher auf den Baumstreifen, für den Bewirtschafter ohne Bedeutung, kann naturschutzfachlich große Auswirkungen haben.

In einigen Fällen entsprechen die Wünsche in Bezug auf Landschaftsbild und Naturschutz nicht den Zielen des Landwirts, z. B. in der Frage des Zeitpunkts des Laubaustriebs: Während für Betrachter ein früher Austrieb schön ist, ergeben sich für den Landwirt durch die frühe Beschattung der Kulturen Nachteile. Auch in der Frage der Bodenverbesserung durch die Robinie gibt es Divergenzen, da die Stickstoffdüngung für die landwirtschaftlichen Kulturen aus Sicht des Naturschutzes die Eutrophierung der Fläche inklusive des unter Umständen naturschutzfachlich wertvollen Baumstreifens begünstigen kann.

Eine Mischung verschiedener Baumarten ist sinnvoll, um das betriebliche Risiko zu minimieren und die Erträge aus dem Holzverkauf zeitlich zu staffeln (manche Bäume sind früher erntereif als andere, Reaktion auf die aktuelle Marktlage). Aus landespflegerischer Sicht stellen verschiedene Baumarten unterschiedliche Lebensraumrequisiten zur Verfü-

gung, die von verschiedenen Tierarten genutzt werden können bzw. der gleichen Tierart mehrere Bedürfnisse erfüllen. Für das Landschaftsbild bedeutet ein gemischtes System eine ästhetische Vielfalt und eine Attraktivität über einen längeren Zeitraum, z. B. in der Blütezeit. Die Durchführung zusätzlicher Naturschutzmaßnahmen wie Unterpflanzung mit Sträuchern oder das Anbringen von Nistkästen bleibt natürlich trotzdem relevant.

Werden in einem Agroforstsystem unterschiedliche Baumarten gemischt, ist es aus landespflegerischer Sicht zweckmäßig, die Mischung einzelbaumweise statt in Gruppen erfolgen zu lassen. Ästhetisch besonders attraktive Bäume (z. B. Wildobstbäume mit ihrer Blüte) sollten am Rand des Systems gepflanzt werden, wo sie gut sichtbar sind. Besondere Bedeutung haben z. B. Wuchsorte direkt an Wegrändern, auch weil etwa die Früchte für Besucher direkt erlebbar werden.

Anhang

Literatur

Abel N.O. (1989) 'Guidelines for training in rapid appraisal for agroforestry research and extension: amelioration of soil by trees.' Commonwealth Science Council, London.
Addlestone B.J., Mueller, J.P. and Luginbuhl, J.-M. (1999) The establishment and early growth of three leguminous tree species for use in silvopastoral systems of the southeastern USA. <i>Agroforestry Systems</i>
AFL -NIEDERSACHSEN E.V. (2006): Richtpreise und Tarife 2006 / 2007; AfL - Info Broschüren. 175S.
AG Landwirtschaft und Naturschutz von DLG und WWF (n.n.) Biodiversität in Kulturlandschaften - Aufgaben und Chancen für Landwirtschaft, Naturschutz und Gesellschaft. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V., Umweltstiftung WWF Deutschland.
AG Landwirtschaft und Naturschutz von DLG und WWF (n.n.) Nachhaltiger Anbau und energetische Verwertung von Biomasse. Empfehlungen der AG Landwirtschaft und Naturschutz von DLG und WWF. DLG
Agena D. (2007) Preisentwicklung landwirtschaftlicher Produkte – Hintergründe und Tendenzen. In 'KoNaRo Fachgespräch'. AGRAVIS Raiffeisen AG, Bernburg.
Agropark (2008) Das Agroforstsystem Groß Zecher. http://www.agropark.org/site/www/index.php
Ainalis A.B., Tsiouvaras C.N. (1998) Forage production of woody fodder species and herbaceous vegetation in a silvopastoral system in northern Greece. <i>Agroforestry Systems</i> 42, 1-11.
Akbar G., Ahmad M., Rafique S. and Babar K.N. (1990) Effects of trees on the yield of wheat crop. <i>Agroforestry Systems</i> 11/1990, 1-10.
Alabasi E., Bockholt R. (nn) Ergebnisse der Prüfung der Schmackhaftigkeit von Hochzuckersorten des Deutschen Weidelgrases (<i>Lolium perenne</i> L.) mit Schafen. Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Fachbereich Grünland und Futterbau, Rostock.
Alavalapati J.R.R., Mercer D.E. (2004) 'Valuing Agroforestry Systems.'
Alley J.L., Garret H.E., McGraw R.L., Dwyer J.P. und Blanche C.A. (1999) Forage legumes as living mulches for trees in agroforestry practices -preliminary results. <i>Agroforestry Systems</i> 44/1999, 281-291.
Alsing W. (2006) 'Pflanzliche Erzeugung.' (Landwirtschaftsverlag GmbH: Münster-Hiltrup).
Altieri M. A., Nicholls C.I. (2002) The simplification of traditional vineyard based agroforests in northwestern Portugal: some ecological implications. <i>Agroforestry Systems</i> 56, 185-191.
Altieri M.A. (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. <i>Agriculture, Ecosystems and Environment</i> 74, 19-31.
Amatya G., Chang S.X., Beare M.H. und Mead D.J. (2002) Soil properties under a <i>Pinus radiata</i> - ryegrass silvopastoral system in New Zealand. Part II. C and N of soil microbial biomass, and soil N dynamics. <i>Agroforestry Systems</i> 54, 149-160.
Anderson G.W., Hawke M. und Moore R.W. (1985) Pine needle consumption and bark stripping by sheep grazing annual pastures in young stands of widely spaced <i>Pinus radiata</i> and <i>P. pinaster</i> . <i>Agroforestry</i>
Anderson T.R. (1991) Computer modelling of agroforestry systems. University of Edinburgh, UK.
Anonymus (1990) 'Agroforestry Technology Information Kit (ATIK).' (International Institute of Rural Reconstruction (IIRR), Cavite Philippines).
Anonymus (1991-2005) <i>Agroforestry systems : an international journal</i> . . <i>Agroforestry systems : an international journal</i> . - Dordrecht : Springer, (eng) 1991-2005
Anonymus (2000) Perspektiven des ökologischen Landbaus. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft
Anonymus (2004) 'Energieholzproduktion in der Landwirtschaft - Potentiale, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie.' Bornimer Agrartechnische Berichte Nr. 35: Potsdam-Bornim.
Anonymus (2005) Eine Landschaft im Klimawandel. <i>Brandenburger Agrar- und Umweltjournal</i> Dezember
Anonymus (2005) Kleine Menge - grosse Preise. Mostobst: Direktsaft-Produzenten suchen säurebetonte Sorten. <i>BW Agrar</i> 37, 40.
Anonymus (2008) Erfolg dank der richtigen Besatzstärke. www.weidemilch.ch/html/weidetipps_besatz.htm .
Anonymus (2008) Hecken und Feldholzinseln. (LEL Schwäbisch Gmünd).
Anonymus (2008) Pacht-Agrarrecht. www.juraforum.de
Ares A., Brauer D. (2004) Growth and nut production of black walnut in relation to site, tree type and stand conditions in south-central United States. <i>Agroforestry Systems</i> 63, 83-90.
Aretz A., Hirschl B. (2007) Biomassepotenziale in Deutschland - Übersicht maßgeblicher Studienergebnisse und Gegenüberstellung der Methoden. Verbundprojekt DENDROM - Zukunftsrohstoff Dendromasse Dendrom-Diskussionspapier Nr. 1, Eberswalde.

Arndt J. (2004) Wohin führt der Strukturwandel in der Landwirtschaft? Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 10, 29-33.
Arnold J.E., Dewees M., Peter A. (1999) Trees in Managed Landscapes: Factors in Farmer Decision Making. In 'Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems'. (Eds LE Buck, JP Lassoie, ECM Fernandes) pp. 277-294. (CRC Press LLC: Boca Raton, London, New York, Washington D.C.).
Arnold, J.E.M. (1995) 'Tree management in farmer strategies: responses to agricultural intensification.' (Oxford University Press: Oxford).
Ashton M.S. (2000) 'The silvicultural basis for agroforestry systems. (CRC Press).
Auclair D., Cailliez F. (1994) L'avenir de l'agro-foresterie en France.
Auclair D., Cailliez F. (1994) Les besoins de recherche en agroforesterie. Revue Forestière Française 46,
Auclair D., Dupraz C. (1999) Fundamental research and modelling with emphasis on temperate and Mediterranean applications. Agroforestry Systems 43, 1-282.
Auth S., Forstner S., Rintelen P.-M., Halama M., Auerswald K. (nn) Nährstoffbelastungen der Gewässer durch die Landwirtschaft. Methoden zur Abschätzung – Möglichkeiten zur Reduzierung. Bayerische Landesanstalt für Wasserwirtschaft: München).
Backhaus T. (2003) Die nachhaltige Ausrichtung der Landnutzung in Mecklenburg-Vorpommern. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin.
Baker N.R., Thomas H. (Ed.) (1992) 'Crop Photosynthesis: spatial and temporal determinants.' (Elsevier:
Balandier P., Dupraz, C. (1999) Growth of widely spaced trees. A case study from young agroforestry plantations in France. Agroforestry Systems 43, 151-167.
Balandier Ph., Rapey H. et al. (2002) Agroforestry in Western Europe: an overview of the silvopastoral practices and experiments in uplands of the temperate areas. Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures 11/2, 103-113.
Bandolin T.H., Fisher R.F. (1991) Agroforestry systems in North America. Agroforestry Systems 16, 95-118.
Bartel J. (1963) Hecken, Windschutzanlagen und Flurholzanbau am Hohen Venn in der Nordeifel und in der Jülicher Börde - Eine Untersuchung über die Stellung von Baum und Strauch in der Agrarlandschaft. Inaugural-Dissertation, Universität zu Köln.
Basra A.S. (Ed.) (2005) 'Physiology of Crop Production.' (Food Products Press: New York).
Batish D.R., Kohli R.K., Jose S., Singh H.P. (Ed.) (2007) 'Ecological basis of agroforestry.' (CRC Press: Boca Raton, FL).
Bätjer D., Ness R., Feise J. und Von Jücken J. (1967) 'Windschutz in der Landwirtschaft. Teil 1: Ergebnisse von Untersuchungen in der Weser-Marsch.' (Parey: Berlin).
Baudry J., Bunce R.G.H., Burel F. (2000) Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. Journal of Environmental Management 60, 7-22.
Bauer S., Keil C. (2005) Kompensation mit der Landwirtschaft im Rahmen der Eingriffsregelung. Chancen für eine konfliktärmere Umsetzung der umweltrechtlichen Vorgaben durch Einbeziehung der Landwirtschaft. Naturschutz und Landschaftsplanung 37 (4) 2005, 122-125.
Baumhof-Pregitzer K., Kratsch, Merk-Wiegel, Peck, Baum, Schmidt-Lüttmann, Schappert, Engelke, Sichel, Just, Müßler (n.n) Berücksichtigung landwirtschaftlicher Belange bei der Umsetzung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung und des forstrechtlichen Ausgleichs. (Ed. MfEuLR Baden-Württemberg). (Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg).
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (1997) Band II.12 Lebensraumtyp Hecken und Feldgehölze.
Bayrisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (2001) Waldgesetz für Bayern (BayWaldG) p. 13. (Bayrisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten).
Beck R. und Schaffner S. (2001) Strukturwandel in der Landwirtschaft - was wird mit dem Wald? Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.
Beer J., Harvey C.A., Ibrahim M., Harmand J.M., Somarriba E., Jiménez F. (2003) Service functions of agroforestry systems. In 'XII World Forestry Congress' Québec City).
Beerbaum S. (2006) Rahmenbedingungen für Agroforstsysteme und Kurzumtriebsplantagen in Deutschland. (BMELV (Bundesministerium für Ernährung, (Vortrag)), p.12.
Beinlich B., Neugebauer K. R., Poschold P. (2005) Schweine in der Landschaftspflege - Geschichte, Ökologie, Praxis. NNA-Berichte 18.Jahrgang, Heft 2, 86.
Beisswenger H. (2008) Wertholztrends. Analyse eines Trends für die Wertholzsaason 2008/2009. Hochschule für Forstwirtschaft in Rottenburg.
Bellefontaine R., Petit S. (2006) Trees outside forests. In 'The Overstory'.

Bender O. (2002) Die Edelkastanie - Regionalentwicklung mit einer traditionellen Kulturart in den südlichen Alpen. Petermanns Geographische Mitteilungen 146, 28-37.
Bendfeldt E.S., Feldhake C.M. and Burger J.A. (2001) Establishing trees in an Appalachian silvopasture: response to shelters, grass control, mulch, and fertilization. Agroforestry Systems 53, 291-295.
Benjamin T.J., Hoover W.L., Seifert J.R., Gillespie A.R. (2000) Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA. Agroforestry Systems 48, 79-93.
Benndorf D., Grunert F. und Klingbeil K. (1983) Aerodynamische Grundlagen für Windschutzpflanzen. Teil III: Die Schutzwirkung von Gehölzstreifensystemen. Zeitschrift für Meteorologie 33, 226-233.
Beratungsstelle für Obst- und Gartenbau Landkreis Ludwigsburg (2004) Obstsorten für Streuobstwiese und Hausgarten. Beratungsstelle für Obst- und Gartenbau, Landkreis Ludwigsburg, Ludwigsburg.
Berger G., Pfeffer H., Kächele H., Hoffmann J. (2005) Naturschutz in Agrarlandschaften durch Kombination von EU-Flächenstilllegung und Agrarumweltprogrammen. In 'Symposium zur Zukunft von Flächenstilllegung und Agrarumweltpolitik'.
Berger W., Roth D. (1994) Kosten- und Preiskatalog für ökologische und landeskulturelle Leistungen im Agrarraum. Landesanstalt für Landwirtschaft, Thüringen, Jena.
Bergez J.-E., Dalziel A.J.I., Duller C., Eason W.R., Hoppe G., Laender R.H. (1997) Light modification in a developing silvopastoral system in the UK: a quantitative analysis. Agroforestry Systems 37, 227-240.
Bergh J.P. van den (1968) 'An analysis of yields of grasses in mixed and pure stands.' (Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen).
Beste A. (2006) Bioenergie: Ja, aber bitte nachhaltig produziert! Ländlicher Raum 1/2006.
Betzholz T. (2006) Der landwirtschaftliche Grundstücksmarkt in Baden-Württemberg. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 11/2006, 5.
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Bundesrepublik Deutschland (2000) EPPO-Richtlinie PP 1/116 (2): Unkräuter im Forst. (Ed. -) p. 12.
Bird P.R. (1998) Tree windbreaks and shelter benefits to pasture in temperate grazing systems. Agroforestry Systems 41, 35-54.
Blechschmidt M. (1957) 'Holzerzeugung außerhalb des Waldes.' (Deutscher Bauernverlag: Berlin).
BLICK, T.; BURGER, F. (2002): Wirbellose in Energiewäldern am Beispiel der Spinnentiere der Kurzumtriebsfläche Wöllershof (Oberpfalz, Bayern). Naturschutz und Landschaftsplanung Nr. 9
BMBF (2003) Herausforderung Klimawandel. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), p. 59.
BMELV (2002) Agenda 2000 - Pflanzlicher Bereich Agrarumweltmaßnahmen. (Ed. LuV Bundesministerium für Ernährung, Referat Öffentlichkeitsarbeit) p. 42. (BMELV)
BMELV (2003) Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung. (Ed. LuV Bundesministerium für Ernährung) p. 171. (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und
BMELV (2005) Meilensteine der Agrarpolitik. Umsetzung der europäischen Agrarreform in Deutschland.
BMELV (2005) Weitere Informationen zur Umsetzung der GAP-Reform. BMELV, p. 5.
BMELV (2006) Die EU-Agrarreform – Umsetzung in Deutschland. BMELV, p. 124.
BMELV (2006) Förderung landwirtschaftlicher Unternehmen 2007. (Ed. R 523), BMELV p. 34.
BMELV (2006) Gesetz zur Bereinigung des Bundesrechts im Zuständigkeitsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. BMELV im Bundesgesetzblatt
BMELV (2006) Nationale Rahmenregelung der Bundesrepublik Deutschland für die Entwicklung ländlicher Räume. BMELV.
BMELV (2006) Nationaler Strategieplan der Bundesrepublik Deutschland für die Entwicklung ländlicher Räume 2007- 2013 p. 60. (BMELV).
BMELV (2006) Agrobiodiversität erhalten, Potenziale erschließen und nachhaltig nutzen. BMELV, p. 62.
Boehnert J. (1988) 'Agroforestry in agricultural education : with a focus on the practical implementation.' (Margraf: Gaimersheim).
Boelcke B. (2006) Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen - Leitfaden zur Erzeugung von Energieholz. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei
Boelcke B., Kahle P. (2000) Leistung schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Nutzflächen im Nordosten Deutschlands und erste Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften. Die Holzzucht 53, Jg: 5-11.
Bönecke G. (1990) Die Bewertung von Hecken in flurbereinigten und nicht flurbereinigten Gebieten. In 'Hecken und Feldgehölze' pp. 59-.
Brandl H. (2005) Bäuerlicher Waldbesitz in Baden-Württemberg. Verbreitung und wirtschaftliche

Brandle J.R., Hodges L., Zhou X.H. (2004) Windbreaks in North American agricultural systems. <i>Agroforestry Systems</i> 61, 65-78.
Briemle G., Steinmann H.-H., Nolte L. und Gerics H. (2005) Honorierung ökologischer Leistungen in der Landwirtschaft - Perspektiven für den Ländlichen Raum? In 'Honorierung ökologischer Leistungen in der Landwirtschaft - Perspektiven für den Ländlichen Raum?' (Deutsche Landeskulturgesellschaft DLKG, Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie: Göttingen).
Browaldh M. (1995) The influence of trees on nitrogen dynamics in an agrisilvicultural system in Sweden. <i>Agroforestry Systems</i> 30, 301-313.
Browaldh M. (1997) Change in soil mineral nitrogen and respiration following three harvesting from an agrisilvicultural system in Sweden. <i>Agroforestry Systems</i> 35, 131-138.
BRUNNER, A. & NIGH, G. (2000). Light absorption and bole volume growth of individual Douglas-fir trees. - <i>Tree Physiology</i> 20: 323-332. (Engelsk sammendrag)
BRUNNER, A. (1998). A light model for spatially explicit forest stand models. - <i>Forest Ecology and Management</i> 107: 19-46.
BRUNNER, A. (2002): Hemispherical image analysis with hemIMAGE and Adobe Photoshop. - Manual, Danish Forest and Landscape Research Institute. 18 pp. (Fulltekst) (Software)
Brownlow M.J.C. (1992) Acorn and swine: historical lessons for modern agroforestry. <i>Q J (???)</i> 86 (3), 181-
Buchner W. (1999) Hecken in der Agrarlandschaft - Beitrag zur nachhaltigen Landbewirtschaftung? <i>Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung</i> 40, 104-107.
Buck L.E., Lassoie J. P., Fernandes E. C. M. (Ed.) (1999) 'Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems.' (CRC Press: Boca Raton, London, New York, Washington D.C.).
Budd W.W. (Ed.) (1990) 'Planning for agroforestry : [papers presented at an international symposium, held at Washington State University, Pullman, on April 24 - 27, 1989] ' (Elsevier: Amsterdam).
Budryte-Aleksandravicienne E. und Schulz H. (1999) Wirkung der Beschattung auf die Anfangsentwicklung einiger Rasengräserarten und -sorten im Freilandversuch. <i>Rasen Turf Gazon</i> , 4/2000, 52-58.
Bündnis 90/ Die Grünen (2005) Agroforstsysteme ökologisch und wirtschaftlich sinnvolle Option für die Landwirtschaft. In 'Pressemitteilung' p. 2.
Bündnis 90/ Die Grünen (2008) Antrag zur Novellierung des BWaldG, Drucksache 16/9450. (Ed. DB 16. Wahlperiode, 4.6.2008) p. 12. (H. Heenemann GmbH & Co.
Bungart R., Bens O., Hüttl R.F. (2000) Production of bioenergy in post-mining landscapes in Lusatia. <i>Perspectives and challenges for alternative landuse systems. Ecological-Engineering</i> 16, 5-16.
Bungart R., Hüttl R.F. (2001) Productivity, nutrient dynamics and water budget of fast-growing tree species on a mine spoil in the Lusatian lignite mining region. <i>Proceedings-International-Conference-Forest-Research:-a-challenge-for-an-integrated-European-approach</i> 1, 109-114.
Bungart R., Hüttl R.F. (2004) Growth dynamics and biomass accumulation of 8-year-old hybrid poplar clones in a short-rotation plantation on a clayey-sandy mining substrate with respect to plant nutrition and water budget. <i>European-Journal-of-Forest-Research</i> 123(2), 105-115.
Bungart R., Preussner K., Hüttl R.F. (2004) Schnellwachsende Baumarten in der Bergbaufolgelandschaft. <i>AFZ/Der-Wald</i> 59(5), 232-237.
Baumarten, ihr Anbau und ihre Verwertung. Beiträge eines Fachgesprächs. <i>Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft Nr. 8. Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft, Freising</i> , 19-28.
BURGER, F.; REMLER, N.; SCHIRMER, R.; SINNER, H.U. (1996): Schnellwachsende Baumarten, ihr Anbau und ihre Verwertung. <i>Berichte aus der Bayer. Landesanstalt f. Wald und Forstw.; Nr.8</i> ; 47S.
BURGER, F. (2004): Technologie und Ökonomie des Anbaus und der Ernte von Feldholz. In: <i>Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Seminar 29.1.2004. Bornimer Agrartechnische Berichte; Heft</i>
BURGER, F.; SCHOLZ, V. (2004): Stand der technik bei der Ernte von Energiewäldern. <i>Holz-Zentralblatt</i> Nr. 46; S.610-611
BURGER, F.; SOMMER, W. (2005): Erntetechnik für Energiewälder. <i>Forst&Technik</i> 4/2005; S.6-8
Burger F. (2005) Ökologische Auswirkungen von Energiewäldern. In 'Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft'. Berlin.
Burgess J.P. (1999) Effects of agroforestry on farm biodiversity in the UK. <i>Scottish Forestry</i> 53(1): , 24-27.
Burgess J.P., Incoll L.D., Corry D.T., Beaton A., Hart B.J. (2004) Poplar (<i>Populus</i> spp) growth, crop yields in a silvoarable experiment at three lowland sites in England. <i>Agroforestry Systems</i> 63, 157-169.
Bürgi M., Stuber M. (2003) Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800–1950. <i>Waldfeldbau, Waldfrüchte und Harz. Schweizer Zeitung für Forstwesen</i> 154, 360-375.

Burner D.M. (2003) Influence of Alley Crop Environment on Orchardgrass and Tall Fescue Herbage. <i>Agronomy Journal</i> 95, 1163-1171.
Burner, D.M. und Brauer, D.K. (2003) Herbage response to spacing of loblolly pine trees in a minimal management silvopasture in southeastern USA. <i>Agroforestry Systems</i> 57, 69-77.
Campbell B.M., Clarke J.M., Gumbo D.J. (1991) Traditional agroforestry practices in Zimbabwe. <i>Agroforestry Systems</i> 14, 99-111.
CANHAM, C.D. (1995): GLI/C: Software for calculation of light transmission through forest canopies using colour fisheye photography. Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, NY.
Cannell M.G.R., Van Noordwijk M., Ong C.K. (1996) The central agroforestry hypothesis: the trees must acquire resources that the crops would not otherwise acquire. <i>Agroforestry Systems</i> 34, 27-31.
CDU (2007) Freiheit und Sicherheit. Grundsätze für Deutschland. Grundsatzprogramm der CDU vom 21. Parteitag, Hannover, 3.-4. Dezember 2007, 123 S.
Chandler T. (1979) Conference on International Cooperation in Agroforestry <1979, Nairobi>. In 'International Cooperation in Agroforestry : proceedings of an international conference , [Conference on International Cooperation in Agroforestry, Kenyatta Conference Centre, Nairobi, Kenya, 16 - 21 July, 1979]'
Chang S.X., Amatya G., Beare M.H. und Mead D.J. (2002) Soil properties under a Pinus radiata - ryegrass silvopastoral system in New Zealand. Part I. Soil N and moisture availability, soil C, and tree growth. <i>Agroforestry Systems</i> 54, 137-147.
Chemas A. und Rico-Gray V. (1991) Apiculture and management of associated vegetation by the maya of Tixcacaltuyub, Yucatán, México. <i>Agroforestry Systems</i> 13, 13-25.
Clason T.R. (1995) Economic implications of silvipastures on southern pine plantations. <i>Agroforestry Systems</i> 29, 227-238.
Clason T.R. (1999) Silvopastoral practices sustain timber and forage production in commercial loblolly pine plantations of northwest Louisiana, USA. <i>Agroforestry Systems</i> 44/1999, 293-303.
Cleugh H.A., Miller J.M., Böhm M. (1998) Direct mechanical effects of wind on crops. <i>Agroforestry</i>
Combe J. (2002) Weder Wald noch Weide - und doch beides. <i>Jahresbericht WSL</i> 2002, 15.
Cook C. C. und Grut M. (1989) 'Agroforestry in Sub-Saharan Africa : a farmer's perspective.' World Bank technical paper 112, 94 S.
cropping. In: Meteorology and agroforestry. Proceedings of an international workshop on the application of meteorology to agroforestry system planning and management. In 'international workshop on the application of meteorology to agroforestry system planning and management.' Nairobi, Kenia. (Ed. WSaD Reifsnnyder, T.O.J.) pp. 419-430. (ICRAF).
Cornelissen J.H.C. (1996) An experimental comparison of leaf decomposition rates in a wide range of temperate plant species and types. <i>Journal of Ecology</i> 84, 573-582.
Cotka H. (1822) 'Die Verbindung des Feldbaus mit dem Waldbau oder die Baumfeldwirtschaft.' (Arnoldische Buchhandlung: Dresden).
Coûteaux M.-M., Bottner P., Berg B. (1995) Litter decomposition, climate, litter quality. <i>TREE</i> 10, 63-66.
Cremer K.W. (Ed.) (1990) 'Trees for Rural Australia ' (Inkata Press: Melbourne, Australia.).
Current D., Lutz E., Scherr S.J. (1995) The costs and benefits of agroforestry to farmers. <i>The World Bank Research Observer</i> 10, 151-180.
Cutter B.E. und Garrett H.E. (1993) Wood quality in alleycropped eastern black walnut. <i>Agroforestry</i>
Cutter B.E., Hunt K., Haywood J.D. (1999) Tree/wood quality in slash pine following longterm cattle grazing. <i>Agroforestry Systems</i> 44/1999, 305-312.
Dabbert S. (1995) Agroforestry and land-use change in industrialized nations: a case study from northeastern Germany. <i>Agroforestry Systems</i> 31(2):, 157-168.
Dangerfield C.W. und Harwell R.L. (1990) An analysis of a silvopastoral system for the marginal land in the Southeast United States. <i>Agroforestry Systems</i> 10/1990, 187-197.
David C.A. und Rhyner V. (1999) An assessment of windbreaks in central Wisconsin. <i>Agroforestry Systems</i> 44/1999, 313-331.
Decker F. (2006) Naturschutz durch Nutzung aus Sicht des Deutschen Bauernverbandes. <i>Denkanstöße</i> (Stiftung Natur und Umwelt Rheinland-Pfalz) Heft 4, Juli 2006, 42-46.
Degenbeck M. (2004) Zur Situation der Streuobstbestände in Bayern. Zustand - Probleme - Handlungsbedarf. LWG (Bayrische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau), Abteilung
Delate K., Holzmueller E., Frederick D.-A.D., Mize C. und Brummer C. (2005) Tree establishment and growth using forage ground covers in an alley-cropped system in Midwestern USA. <i>Agroforestry Systems</i>
Delucchi M. (1993) Waldweide aus forstlicher Sicht. <i>Bünder Wald</i> 46 (1), 12-15.

Deumlich D., Funk R., Frielinghaus M., Schmidt W.-A., Nitzsche O. (2006) Basics of effective erosion control in German agriculture. <i>Plant-and-Soil</i> 169, 370-381.
Deutscher Bundestag (1975) Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz, BWaldG) p. 13.
Deutscher Bundestag (2002) Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) p. 42.
Deutscher Bundestag (2004) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz-BBodSchG) p. 14.
Deutscher Bundestag (2004) Pflanzenschutzgesetz - PflSchG. Deutscher Bundestag.
Deutscher Bundestag (2006) Plenarprotokoll 16/63 (Bundestag). Stenografischer Bericht. 63. Sitzung. Berlin, Donnerstag, den 9. November 2006. (Ed. -) p. 228.
Deutscher Bundestag (2008) Drucksache 16/8409 vom 05.03.2008. Deutscher Bundestag, p. 4.
Dewees P.A. (1995) Trees and Farm Boundaries: Farm Forestry, Land Tenure and Reform in Kenya. <i>Africa: Journal of the International African Institute</i> 65, 217-235.
Diechtl V. (1992) Agroforstwirtschaft in Deutschland. Gesamthochschule Kassel.
Dixon R.K. (1995) Agroforestry systems: Sources or sinks of greenhouse gases? <i>Agroforestry Systems</i> 31,
Doyle C.J., Evans J. und Rossiter J. (2002) The UK Agroforestry Forum Newsletter. Number 2, January
Doyle U., Vohland K., Rock J., Schümann K., Ristow M. (2007) Nachwachsende Rohstoffe - eine Einschätzung aus Sicht der Naturschutzes. <i>Natur und Landschaft</i> 82, 529-535.
Droppelmann K.J. (1999) 'Resource Capture in a Runoff Agroforestry System in Northern Kenya ' (Univ. Bayreuth: Bayreuth).
D'Silva A.M. und Maughan O.E. (1994) Multiple use of water: integration of fish culture and tree growing. <i>Agroforestry Systems</i> 26, 1-7.
Duchhart I., Steiner F. und Bassman J.H. (1989) Planning methods for agroforestry. <i>Agroforestry Systems</i> 7/1989, 227-258.
Dupraz C., Burgess P., Gavaland A., Graves A., Herzog F., Incoll L., Jackson N., Keesman K., Lawson G., Lecomte I., Liagre F., Mantzanas K., Mayus M., Moreno G., Palma J., Papanastasis V., Paris P., Pilbeam D., Reisner Y., Werf Van der W. (2005) Safe Final Report. Synthesis of the SAFE project (August 2001 - January 2005). INRA-UMR System Editions, Montpellier.
DUPRAZ, C. (2003): Hemispherical photographs in the SAFE project: a common protocol. SAFE-Project Silvoarable Agroforestry For Europe; European Union Contract n° QLK5-CT-2001-00560. Third issue –
Dupraz C., Simorte V., Dauzat M., Bertoni G., Bernadac A., Masson P. (1999) Growth and nitrogen status of young walnuts as affected by intercropped legumes in a Mediterranean climate. <i>Agroforestry Systems</i>
Dupraz, C. und Newman, S.M. (1997) Temperate Agroforestry: The European Way. In: Temperate Agroforestry Systems. In 'Temperate Agroforestry Systems'. (Ed. AMaN Gordon, S.M.) pp. 181-236. (CABI International: Oxfordshire).
Dyack B.J., Rollins K., Gordon A.M. (1999) A model to calculate ex ante the threshold value of intercropping effects necessary for proposed intercropping projects to be feasible to the landowner, desirable to society. <i>Agroforestry Systems</i> 44/1999, 197-214.
Eckert G. (1995) 'Untersuchungen zur Geschichte der Landnutzung und Landschaftspflege auf brachgefallenen Wacholderheiden und Steinobstwiesen im Neidlinger Tal (Kreis Eßlingen).' Verlag Ulrich
Eder H., Eiter A.E. (2005) Land- und Forstwirtschaft im Klimawandel – Prognosen und Handlungsstrategien. <i>Der kritische Agrarbericht</i> , 208-212.
Ehlers M. (1960) 'Baum und Strauch in der Gestaltung der deutschen Landschaft.' (Verlag Paul Parey: Berlin und Hamburg).
Eimern J. van, Karschon R., Razumova L.A. und Robertson G.W. (1964) Windbreaks and shelterbelts. WMO Technical Note No. 59
El Titi A. (2005) Von der Schädlingsbekämpfung zur integrierten Pflanzenproduktion - Strategiewandel im Ackerbau. Festschrift "50 Jahre Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart - 50 Jahre integrierter Pflanzenschutz "Baden-Württemberg, 2-8.
Elevitch C.R. (Ed.) (2004) 'The Overstory Book: Cultivating Connections with Trees.' Permanent Agriculture Resources, Holualoa.
Ellis E.A., Bentrup G., Schoeneberger M.M. (2004) Computer-based tools for decision support in agroforestry : Current state, future needs. <i>Agroforestry Systems</i> 61, 401-421.
Elsäße, M. und Over R. (2004) Grünlandpraxis für Profis. <i>diz agrarmagazin</i> 2.Auflage 2004, 6-25.

Elsässer M. und Over R. (2005) Auswirkungen der aktuellen Agrar- und Milchpolitik auf die Grünland- und Futterbausysteme. Zur Zukunft der Grundfutterverwertung über Milchkühe. LVVG Aulendorf
Ennen E. (1979) 'Deutsche Agrargeschichte: vom Neolithikum bis zur Schwelle des Industriezeitalters.' (Steiner: Wiesbaden).
Etherington D. M. und Matthews P.R. (1983) Approaches to the economic evaluation of agroforestry farming systems. Agroforestry Systems 1/1983, 347-360.
Etienne M. (Ed.) (1996) 'Western European silvopastoral systems.' (INRA: Versailles, France).
Etienne M., Rapey H. (1999) Simulating integration of agroforestry into livestock farmers' projects in France. Agroforestry Systems 43, 257-272.
EU (2005) Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 des Rates vom 20. September 2005 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER). Europäische Union, p. 40.
Europäische Kommission (2003) Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 p. 69.
Europäische Kommission (2004) Neue Perspektiven für die Entwicklung des ländlichen Raums in der EU.
Europäische Kommission (2004) Verordnung (EG) Nr. 1973/2004 p. 84.
Europäische Kommission (2005) On-The-Spot checks of area according to articles 23-32 of Commission Regulation (EC) No 796/2004 p. 9.
Europäische Kommission (2005) Verordnung (EG) Nr. 796/2004 p. 79.
Europäische Union (2006) VERORDNUNG (EG) Nr. 1974/2006 DER KOMMISSION vom 15. Dezember 2006 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 des Rates über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) p. 59. (Amtsblatt der Europäischen Union).
European Environment and Sustainable Development Advisory Councils (2005) Rural Development Policies for the EU. Statement of the EEAC Agriculture Working Group. European Environment and Sustainable Development Advisory Councils (EEAC), Brussel.
European Environmental Agency (2005) How much biomass can Europe use without harming the environment? EEA Briefing 2005/02, 1-4.
European Environmental Agency (2006) How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Briefing 2006/07.
Evans J. (1992) 'Plantation forestry in the tropics : tree planting for industrial, social, environmental, and agroforestry purposes.' (Clarendon Press: Oxford).
Evans J. und Turnbull J.W. (2004) 'Plantation forestry in the tropics : the role, silviculture, and use of planted forests for industrial, social, environmental, and agroforestry purposes / ' (Oxford University Press:
Evans L.T. (Ed.) (1975) 'Crop physiology. Some case histories.' (Cambridge University Press: Cambridge).
Ewel J.J. (1999) Natural systems as models for the design of sustainable systems of land use. Agroforestry Systems 45, 1-21.
FAO (1981) 'India and Sri Lanka agroforestry.' (FAO: Rome).
FAO (Ed.) (1995-1997) 'Non-Wood Forest Products: FAO Technical Papers ' (FAO: Rome).
Faßbender H.J., Hötzel H.-J., Lukanov (2005) 'Landpachtrecht. Kommentar.' (Verlag Otto Schmidt: Köln).
Feldhake C.M. (2001) Microclimate of a natural pasture under planted Robinia pseudoacacia in central Appalachia, West Virginia. Agroforestry Systems 53, 297-303.
Feldhake C.M., Neel J.P.S., Belesky D.P. und Mathias E.L. (2005) Light measurement methods related to forage yield in a grazed northern conifer silvopasture in the Appalachian region of eastern USA.
policy of the European Union. In 'What future for the CAP? : perspectives and expectations for the common agricultural policy of the European Union'. Faculty of Agriculture at the University of Padua, Department of Land and Agro-Forestry Systems, Section of Economics, 31th of May - 1st of June 1996. (Wissenschaftlicher Verlag Vauk).
Filius A.M. (1982) Economic aspects of agroforestry. Agroforestry Systems 1/1982, 29-39.
Finck P., Hauke U., Schröder E., Forst R. (2002) 'Naturschutzfachliche Landschafts-Leitbilder. Rahmenvorstellungen für das Nordostdeutsche Tiefland aus bundesweiter Sicht.' (Bonn - Bad Godesberg).
Fischer B. (1988) Obstbau (Band 1). Auftrag von Gartenamt der Stadt Sindelfingen, Diplomarbeit No.,
Fischer L. (2002) "Erfahrungswissen" - Vom schwierigen Umgang mit Geschichte im Spannungsfeld von Naturschutz und Landwirtschaft. In 'Naturschutz und Landwirtschaft - neue Überlegungen und Konzepte'. (Ed. AfdLRS-H e.V.) pp. 194-215.
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (2006) Empfehlungen zum Schutz vor Unfällen mit Aufprall auf Bäume. (Ed. AVu Verkehrssicherheit) p. ca. 20. (FGSV - Verlag Köln).

Forschungszentrum Jülich (n.n.) Dendrom. Zukunftstoff Dendromasse. Systematische Analyse, Leitbilder und Szenarien für die nachhaltige energetische und stoffliche Verwendung von Dendromasse aus Wald- und Feldgehölzen. Forschungszentrum Jülich
Franzel S., Denning G.L., Lillesø-Barnekow J.-P. (2006) Scaling up the impact of agroforestry: Lessons from three sites in Africa and Asia. In 'World Agroforestry into the Future'. (Eds DP Garrity, A Okono, M Grayson, S Parrott) pp. 329-344. (World Agroforestry Centre ICRAF: Nairobi).
FRAZER, G.W., TROFYMOW, J.A., LERTZMAN, K.P. (1997): A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques. Natural Resources Canada, Canadian Forestry Service, Forest Ecosystem Processes Network, Pacific Forestry Centre, Information Report BC-X-373. 73 p.
Freyenhagen H. (1958) Bauernhof und Flurholzanbau. Die Holzzucht 4, 28-30.
Friday J.B., Fownes J.H. (2002) Competition for light between hedgerows, maize in an alley cropping system in Hawaii, USA. Agroforestry Systems 55, 125-137.
Funk R., Deumlich D., Steidl J. und Völker L. (2004) GIS Application to estimate the wind erosion risk in the federal state of Brandenburg,. In 'Wind erosion and dust dynamics'. (Ed. DaR Goossens, M.). (ESW
Gakis S., Mantzanas K., Alifragis D., Papanastis V.P., Papaioannou A., Seiopoulos D., Platis P. (2004) Effects of understorey vegetation on tree establishment, growth in a silvopastoral system in northern Greece. Agroforestry Systems 60, 149-157.
Garrett H.E., Rietveld W.J., Fisher R.F. (Ed.) (2000) 'North American Agroforestry: An Integrated Science, Practice ' (American Society of Agronomy: Madison, Wisconsin).
Garrett H.E. und Kurtz W.B. (1983) Silvicultural and economic relationships of integrated forestry- farming with black walnut. Agroforestry Systems 1/1983, 245-256.
U.S.A.: A Temperate Zone Assessment. In 'Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems'. (Ed. LE Buck, Lassoie, J. P. and Fernandes, E. C. M.) pp. 97-110. (CRC Press: Boca Raton, London, New York, Washington D.C.).
Garrity D. (2006) Science-based agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. In 'World Agroforestry into the Future'. (Eds DP Garrity, A Okono, M Grayson, S Parrott) pp. 3-8. (World Agroforestry Centre ICRAF: Nairobi).
Gaßner H., Willand A., Fischer J., Pippke N., Lambrecht H. und Gröngroßt A. (2001) Anforderungen an die Wiederherstellung von Bodenfunktionen nach Entsiegelung
Gautam M.K., Mead D.J., Chang S.X. und Clinton P.W. (2002) Spatial variation and understorey competition effect of Pinus radiata fine roots in a silvopastoral system in New Zealand. Agroforestry
Gholz H.L. (Ed.) (1987) 'Agroforestry : realities, possibilities and potentials.' (Martinus Nijhoff Publishers (in cooperation with ICRAF): Dordrecht).
Gillespie A.R. (1989) Modelling nutrient flux and interspecies root competition in agroforestry interplantings. Agroforestry Systems 8, 257-265.
Gillespie A.R., Jose S., Mengel D.B., Hoover W.L., Pope P.E., Seifert J.R., Biehle D.J., Stall T., Benjamin T.J. (2000) Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA
Gold M. A., Godsey L.D. und Josiah S.J. (2004) Markets and marketing strategies for agroforestry specialty products in North America. Agroforestry Systems 61, 371-382.
Gold M.A. (2001) Developments in North American agroforestry research. In 'Sixth Biennial North American AF Conference (June 14 - 16, 1999)'. (Kluwer: Farm Hill Research Station, Homer, LA).
Gold M.A., Hanover J.W. (1987) Agroforestry systems for the temperate zone. Agroforestry Systems 5, 109-119.
Gordon A.M., Newman S.M. (1997) 'Temperate agroforestry systems.' (CAB International: Wallingford).
Goto M., Sidama E., Sugawara K. (1986) The relation between palability, chemical composition of herbage cultivated in the shading condition. Bulletin of the Faculty of Agriculture, Mie University No. 72, 81-86.
Grace J. (1983) 'Plant-animal relationship.' (Chapman and Hall: London, UK).
Grala R.K. und Colletti J.P. (2003) Estimates of additional Maize (Zea mays) yields required to offset costs of tree-windbreaks in Midwestern USA. Agroforestry Systems 59, 11-20.
Gray D. und Garrett H.E.G. (1999) Nitrogen fertilization and aspects of fruit yield in a Missouri black walnut alley cropping practice. Agroforestry Systems 44/1999, 333-344.
Greaves A. und MacCarter P. S. (1990) 'Cordia alliodora : a promising tree for tropical agroforestry ' (Oxford : Oxford Forestry Institute, Dep. of Plant Sciences).
Grolm M. (2000) Hast du einen Raum, pflanze einen Baum. Lernen aus der Geschichte des Feldobstbaus und deren Nutzen für den heutigen Landbau. Gesamthochschule Kassel.

Grümme T. (1999) 'Die Bedeutung von Hecken, Feldgehölzen und landwirtschaftlichen Nutzflächen für Kleinsäugerpopulation unter besonderer Berücksichtigung des interspezifischen
Grünwald H., Brandt B.K.V, Schneider B.U., Bens O., Kendzia G. und Hüttle R.F. (2007) Agroforestry systems for the production of woody biomass for energy transformation purposes. Ecological Engineering perspectives of bioenergy production in energy plantations and agroforestry systems. In '14th European Biomass Conference, 17.-21. Oktober 2005 in Paris, Hrsg: Sjunnesson L., Carrasco J.E., Helm P., Grassi A., pp. 168-171.
Grünwald H., Wöllecke J., Schneider B.U., Hüttl R.F. (2005) Alley-Cropping als alternative Folgenutzung von Kippenstandorten. Natur und Landschaft 80, 440-443.
Guérin G., Macron M.-C., Picard O. (2005) Sylvopastoralisme du pin sylvestre et du chêne pubescent. Institut de l'Elevage, Montpellier, 37
Guevara-Escobar A., Tellez J., Gonzalez-Sosa E. (2005) Use of digital photography for analysis of canopy closure. Agroforestry Systems 65, 175-185.
Gühler W. (2003) 6-Punkte-Programm des Deutschen Verbandes für Landschaftspflege zur Umsetzung der Agrarreform 2003. Deutscher Verband für Landschaftspflege.
Guitton J.-L., Dupraz C., Montard de F.-X. und Rapey H. (1993) Vingt ans de recherche agroforestière en Nouvelle-Zélande: quels enseignements pour l'Europe? 2e partie: les pratiques agroforestières néo-zélandaises sont-elles transposables en France? Revue Forestière Française 45, 43-58.
Gündra H., Jäger S., Schroeder M., Dikau R. (1995) 'Bodenerosionsatlas Baden-Württemberg.' (Ulmer).
Fichtendickung: Naturschutz und Erstaufforstung. Konfliktlösungsstrategien im rahmen der EAGFL-Verordnung für den ländlichen Raum. Angewandte Landschaftsökologie, Bonn – Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz 45.
Haber W. (1996) Bedeutung unterschiedlicher Land- und Forstbewirtschaftung für die Kulturlandschaft - einschließlich Biotop- und Artenvielfalt. In 'Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft. Expertisen'. (Eds G Linckh, H Sprich, H Flaig, H Mohr) pp. 1-26. (Springer-Verlag: Berlin Heidelberg).
Hagemann H., Knur L., Brix M. und Knust C. (2007) Gut Holz auf dem Acker. Joule 2007, 70-72.
Haggar J.P. und Beer J.W. (1993) Effect on maize growth of the interaction between increased nitrogen availability and competition with trees in alley cropping. Agroforestry Systems 21, 239-249.
Hampel J. (2006) Ökofaunistische und naturschutzfachliche Bewertung von Agroforstsystemen anhand der Carabidenfauna in Mecklenburg-Vorpommern. Greifswald.
Hampicke U, Litterski B, Wichtmann W.H. (2005) Ackerlandschaften - Nachhaltigkeit und Naturschutz auf ertragsschwachen Standorten p. 311. (Springer Verlag: Berlin-Heidelberg-New York).
Hampicke U., Roth D. (2000) Costs of land use for conservation in Central Europe and future agricultural policy. Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology 1, 95-107.
Harf C. (2003) Beweidung mit großen Wild- und Haustieren. landinfo 05/2003, 33.
Hart R.A.de (1991) 'Forest Gardening.' (Green Books: Devon, UK).
Härtel C. (2007) Agroforstsysteme. Fast nebenbei: Wertholz vom Acker. Schweizer Holz-Börse 32, 36-38.
Hartmann E., Thomas F., Luick R. (2006) Agrarumweltprogramme in Deutschland - Anreiz für umweltfreundliches Wirtschaften in der Landwirtschaft und Kooperation mit dem Naturschutz. Naturschutz und Landschaftsplanung 38, 205 - 213.
Hawke M.F., Knowles R.L. (1997) Temperate Agroforestry Systems in New Zealand. In 'Temperate Agroforestry Systems'. (Eds AM Gordon, SM Newman) pp. 85-118. (CAB International).
Hawke M.F., Rattray, P.V. und Percival, N.S. (1993) Liveweight changes of sheep grazing a range of herbage allowances under Pinus radiata agroforestry regimes. Agroforestry Systems 23, 11-21.
Hedge N.G. (Ed.) (1989) 'Agroforestry: selected readings.' (BAIF Development Research Foundations:
Heindorf C. (2007) Problemorientiertes Design silvoarabler Agroforstsysteme in der Agrarlandschaft Kraichgau. diploma, Albrecht-Ludwig-Uni Freiburg.
Heißenhuber A. (1999) Vor- und Nachteile ausgewählter Strukturelemente in der Agrarlandschaft aus ökonomischer Sicht. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 40, 108-112.
Helles F., Nannestad L., Hjortshøj Nielsen A. (1989) 'Agroforestry i S. Ø. Australien : rapport fra en studierejse = (Agroforestry in S. E. Australia) / ' (Royal Veterinary, Agricultural University: Frederiksberg).
Helms J.A. (Ed.) (1998) 'The Dictionary of Forestry ' (Society of American Foresters, Bethesda, Maryland).
Henning F.-W. (1994) 'Deutsche Agrargeschichte des Mittelalters: 9. bis 15. Jahrhundert.' (Ulmer: Stuttgart).
Herzog F. (1997) Konzeptionelle Überlegungen zu Agroforstwirtschaft als Landnutzungsalternative in Europa. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 38, 32-35.

Herzog F. (1997) Stand der agroforstlichen Forschung in West- und Mitteleuropa. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 38, 145-148.
Herzog F. (1998) Streuobst: A traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europa. Agroforestry Systems 42, 61-80.
Herzog F., Egli A. (1998) L'agroforesterie pour un développement rural durable en zone tempérée. Schweiz. Z. Forstwesen 9, 735-739.
Heuveland J. und Lagemann J. (Ed.) (1981) 'Agroforestry : proceedings of a seminar held in CATIE, Turrialba, Costa Rica, 23 February - 3 March.' (DSE: Feldafing).
Heyland K.-U., Hanus H., Keller E.R. (Ed.) (2006) 'Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen.' (Ulmer: Stuttgart).
Hilf H.H. (1951) Windschutz durch Flurholzanbau - eine forstliche Aufgabe im Dienste der Landeskultur. Forstarchiv 7/8, 106-109.
Hilf H.H. (1952) Sinn und Zweck des Flurholzanbaus. Die Holzzucht 13, 1-2.
Hilf H.H. (1958) Flurholzanbau und Grüner Plan. Die Holzzucht 4, 25-28.
Hilf H.H. (1958) Wesen und Wirkung des Flurholzanbaus. Die Holzzucht 5, 33-34.
Hilf H.H. (Hrsg) (1959) Wirksamer Windschutz - ein Merkblatt über Aufgabe, Anlage, Pflege und Nutzen von Windschutzanlagen. Die Holzzucht 5/6, 33-43.
Hodge S.S., Garrett H.E. und Bratton J. (1999) Alley Cropping: An Agroforestry Practice. Agroforestry
Hoekstra D. A., Gelder A. van (1983) 'Annotated bibliography of economic analysis of agroforestry systems / technologies ' (Kenya : International Council for Research in Agroforestry: Nairobi).
Hoekstra D. A., Gelder A. van (1987) Economics of agroforestry Agroforestry Systems 5/1987, 293-300.
Hofmann M. (1998) Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb. Hann. Münden, 25.
Hofmann M. (2004) Ergebnisse und Erfahrungen mit schnellwachsenden Baumarten. In 'Energieholzproduktion in der Landwirtschaft' p. 40 Potsdam-Bornim).
Hofmann M. (2005) Pappeln als nachwachsender Rohstoffe auf Ackerstandorten – Kulturverfahren, Ökologie und Wachstum unter dem Aspekt der Sortenwahl in: Schriften des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten. (Hann. Münden: Göttingen)
Hofmann M. (2007) Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow.
Hohlfeld F. (2006) Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Vogelwelt. Studie im Auftrag des Instituts für Landespflege an der forstlichen Fakultät der Universität Freiburg, Freiburg.
Höing W., Lenzen W., Steinhoff J. (2007) Landwirtschaft und Ökokonto: Modellprojekt für die Anwendung von produktionsintegrierten landwirtschaftlichen Kompensationsmaßnahmen in Dortmund. Naturschutz und Landschaftsplanung 39, 311-317.
Holmgren D. (1994) 'Trees on the Treeless Plains: Revegetation Manual for the Volcanic Landscapes of Central Victoria ' (Holmgren Design Services: Victoria, Australia).
Holmgren D. (2002) 'Permaculture: Principles and Pathways Beyond Sustainability ' (Holmgren Design Services: Hepburn, Australia).
Holzer S. (2004) 'Sepp Holzers Permakultur - Praktische Anwendung für Garten, Obst und Landwirtschaft.' (Leopold Stocker Verlag: Graz-Stuttgart).
Hopkins A. (Ed.) (2000) 'Grass. Its Production and Utilization.' (Blackwell Wissenschaftsverlag GmbH:
Hou Q., Brandle J., Hubbard K., Schoenberger M., Nieto C., Francis C. (2003) Alteration of soil water content consequent to root-pruning at a windbreak/crop interface in Nebraska, USA. Agroforestry Systems
Huang W. (1997) Influence of different Taxodium ascendens stands on the open ranges and systems performance in Jiangsu Province, Chian. Agroforestry Systems 37, 2451-2252.
Huber R., Haller T., Weber M., Lehmann B. (2007) Land(wirt)schaft 2020: Was erwartet die Gesellschaft? AgrarForschung 14, 406-411.
Huberman D., Leipprand T. (2006) Developing International Payments for Ecosystem Services: A Technical Discussion. Geneva.
Huntsinger L. (1996) Grazing in a California silvopastoral system: effects of defoliation season, intensity, and frequency on deerbrush. Agroforestry Systems 34, 67-82.
Hüttl R.F., Bens O., Schneider, B.U. (2000) Forests and energy. 1st Hannover EXPO 2000 World Forest Forum. Selected papers. Ecological-Engineering 16, 1-137.
Huxley P. (1999) 'Tropical Agroforestry ' (Blackwell Science: Oxford, UK,).
Huxley P. (Ed.) (1983) 'Plant Research and Agroforestry.' (ICRAF Nairobi).

Huxley P., van Houten H. (Ed.) (1997) 'Glossary for Agroforestry ' (CTA, ICRAF: Nairobi, Kenya).
Huxley P.A. (1985) 'The tree/crop interface or simplifying the biological environmental study of mixed cropping agroforestry systems ' (ICRAF: Nairobi).
Hviding E., Bayliss-Smith T. P. (2000) 'Islands of rainforest : agroforestry, logging and eco-tourism in ICRAF (1983) 'Guidelines for agroforestry diagnosis and design : draft for comment.' (ICRAF: Nairobi).
ICRAF (1986) 'The potential of agroforestry for soil conservation: Erosion Control.' (ICRAF: Nairobi).
ICRAF (19XX) 'Science and practice of agroforestry.' (ICRAF: Nairobi).
ICRAF 'ICRAF working paper ' (ICRAF: Nairobi).
M.S., Russell K., Jones M., Sinclair F.L., Teklehaimanot Z., Jones B.L., Watson C.A., Sibbald A.R., Hulbert I.A.R., McAdam J.H. (2002) The UK Agroforestry Forum Newsletter. Number 3, May 2002. In 'The UK Agroforestry Forum Newsletter'. (Ed. FL Sinclair). (School of Agriculture, Forest Sciences, University of Wales, Bangor, Gwynedd, UK: Bangor).
International Food Policy Research Institut (1992) Priorities for forestry and agroforestry policy research. In 'Priorities for forestry and agroforestry policy research'. Washington. (Ed. H Gregersen) p. 95. (International Food Policy Research Institut).
Jaeschke H., Nienstedt M., Ostertag R. (1994) Streuobstbestände in der Region Neckar-Alb. Betandsaufnahme und Perspektiven. Regionalverband Necker-Alb, Mössingen, 57.
Jarvis P.G. (Ed.) (1989) 'Agroforestry: principles and practice.' (Elsevier: Edinburgh, UK).
Johansson L. (2001) 'Ten million trees later : land use change in the west Usambara Mountains, the Soil Erosion Control and Agroforestry Project in Lushoto District 1981-2000 ' (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ): Eschborn, Germany).
Jones E.T., McLain R.J. und Weigand J. (Ed.) (2002) 'Nontimber Forest Products of the United States ' (University Press of Kansas: Kansas).
Jose S. (Ed.) (2007) 'Toward agroforestry design : an ecological approach ' (Springer Netherland: Berlin).
Jose S., Gillespie A.R. und Pallardy S.G. (2004) Interspecific interactions in temperate agroforestry. Agroforestry Systems 61/2004, 237-255.
Jose S., Gillespie A.R., Seifert J.R. und Pope P.E. (2001) Comparision of minirhizotron and soil core methods for quantifying root biomass in a temperate alley cropping system. Agroforestry Systems 52, 161-
Jose S., Gillespie A.R., Seifert J.R., Mengel D.B. und Pope P.E. (2000) Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA
Jossert J.-M., Goor F. und Ledent J.-F.(1998) Short Rotation Copicce: Shelterbelt Effect. In: 10th European Convergence and Technology Exhibition Biomass for Energy and Industry. Proceedings of the International Conference. In '10th European Convergence and Technology Exhibition Biomass for Energy and Industry.
Jug A. (1997) 'Standortkundliche Untersuchungen auf Schnellwuchsplantagen unter besonderer Berücksichtigung des Stickstoffhaushalts. München.'
KAHLE, P.; BOELCKE, B. (2004): Auswirkungen des Anbaus schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf ausgewählte Bodeneigenschaften. In: Bornimer Agrartechnische Berichte. 35 2004, S. 99
Kaisu-Makkonen S. (2007) Winterweizen unter Kirschen - Wertholz und landwirtschaftliche Produktion kombinieren? AFZ DerWald 2007, 1041-1044.
Kang B.T., Gutteridge R.C. (2006) Alley cropping (hedgerow intercropping). In 'The Overstory' 127.
Kapp G. (1984) Agroforstwirtschaft in Deutschland. Allgemeine Forst- und Jagdzeitschrift 155 (12), 266-
Kass D.C.L., Foletti C., Szott L.T., Landaverde R. und Nolasco R. (1993) Traditional fallow systems of the Americas. Agroforestry Systems 23, 207-218.
Kass D.C.L., Thurston H. D. und Schlather K. (1999) Sustainable mulch-based cropping systems with trees. In 'Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems'. (Eds LE Buck, JP Lassoie, ECM Fernandes). (CRC Press LLC: Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.).
Kayser B., Wahl J. (1998) Agroforstwirtschaft in Mitteleuropa. Garten Organisch (jetzt Natürlich Gärtnern, Organischer Landbau) 3, 23-26.
Keller E.R., Hanus H., Heyland K.-U. (Ed.) (1999) 'Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen ' (Ulmer: Stuttgart).
Kidd C.V. (Ed.) (1992) 'Integrated resource management : agroforestry for development ' (Academic Press).
King K.F.S. (1979) Agroforestry and the utilisation of fragile ecosystems. Forest Ecology and Management
King K.F.S. (1987) The history of agroforestry. In 'Agroforestry - a decade of development'. (Eds HA Stepler, PKR Nair) pp. 3-11. (International Council for Research in Agroforestry (ICRAF): Nairobi).
Kirkby M.J., Jones R.J.A., et al. (2004) Pan-European Soil Erosion Risk Assessment: The PESERA Map, Version 1 October 2003 Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Klafs G., Lippert K. (2000) Landschaftselemente Mecklenburg-Vorpommerns im hundertjährigen Vergleich. Teil 1: Ackerkleinformen. Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern 43. Jahrgang, Heft 2, 58-65.
Kleijn D. (2000) Was beeinflusst den Artenreichtum der Ackerrainvegetationen? In 'Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder'. (Ed. W Nentwig) pp. 77-92. (vaö Verlag Agrarökologie: Bern Hannover).
Klein E. (1973) 'Geschichte der deutschen Landwirtschaft im Industriezeitalter.' (Steiner: Wiesbaden).
Klingbeil K. (1982) Der Einfluss der geometrischen Struktur von Gehölzschutzstreifen. Zeitschrift für Meteorologie 32, 165-175.
Klopfenstein N.B. und Kerl J.G. (1995) The potential of biotechnology in temperate agroforestry practises. Agroforestry Systems 32, 29-44.
Klopfenstein N.B., Clason T.R., Sharrow S.H., Garret G., Anderson B.E. (1997) Silvopasture: An Agroforestry Practice In 'Agroforestry Notes'. (Ed. USDA - National Agroforestry centre).
Klose F. und Orf S. (1998) 'Forstrecht. Kommentar zum Waldrecht des Bundes und der Länder.' (Verlag Dr. Otto Schmidt: Köln).
Knauer N. (1993) 'Ökologie und Landwirtschaft - Situation, Konflikte, Lösungen.' (Kiel).
Knur L. und Murach D. (2008) Agrarholzproduktion in der Landwirtschaft: Der rechtliche Weg ebnet sich. Forst und Holz 63 (5), 30-33.
Koch N.N. (1986) Waldweidebelastung und Abhilfe. Allgemeine Forst- und Jagdzeitschrift?
Konold W. (1996) Von der Dynamik einer Kulturlandschaft. Das Allgäu als Beispiel. In 'Naturlandschaft - Kulturlandschaft: Die Veränderung der Landschaften nach der Nutzbarmachung durch den Menschen'. (Ed. W Konold) pp. 121-136. (ecomед: Landsberg).
Konold W. (1997) Wechselbeziehung zwischen Kulturlandschaft und landwirtschaftlichem Produkt - oder: Kann der Verbraucher Mitgestalter der Kulturlandschaft sein? Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg 24, 137-150.
Konold W. (2008) Historische Agroforstsysteme p. 2. (Universität Freiburg).
Konold W., Reidl K. (2006) Kulturlandschaft in Baden-Württemberg. Entstehung und Bedeutung, Überlegungen zu Pflege und Entwicklung. Naturschutz-Info 1/2006, 44-49.
Kort J. (1988) Benefits of windbreaks to field and forage crops. In 'Windbreak Technology'. (Ed. JRH Brandle, D.L. and Sturrock, J.W.) pp. 156-190. (Elsevier: Amsterdam, The Netherlands).
Kort J., Turnock R. (1999) Carbon reservoir and biomass in Canadian prairie shelterbelts. Agroforestry Systems 44/1999, 175-186.
Kraemer R.A., Dräger T., Landgrebe R., Choudhury K. (2003) 'EU: CAP and Enlargement – an Opportunity for Nature and Environment?'
Kremer B.P.(1984) Die Windschutzhecken der Monschauer Heckenlandschaft. Natur und Landschaft 59,
Kreutz W. (1961) Die ertragssteigernde Wirkung von Windschutzpflanzungen. AFZ DerWald 31, 458-459.
Krutzsch (1918) Der Waldfeldbau in Sachsen. In 'Tharandter Forstliches Jahrbuch' pp. 201-216(Berlin).
Kühne S. (2005) Die Brandenburger Schichtholzhecke. Hecken für das platte Land. ForschungsReport
Kumar B.M. (Ed.) (2006) 'Tropical Homegarden: a time-tested example of sustainable agroforestry ' (Springer: Dordrecht).
Küppers J.G. (2008) Laubzersetzung einheimischer Bäume. (Ed. PGwHiP agroforst))UNI Hohenheim/Stuttgart, Institut für Botanik.).
KÜPPERS, J.G.(1999): Ökonomische Betrachtung von Kurzumtriebsflächen. In: Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“ Schriftenreihe Nachw. Rohstoffe der FNR. S.433-454
Küppers J.G., Schweinle J., Thoroe C., Wippermann H.-J.. (1997) ' Betriebswirtschaftliche und erntetechnische Begleitforschung zum Anbau schnellwachsender Baumarten auf Landwirtschaftlichen Flächen. Hamburg.' (Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft.).
Labelle R. (1987) 'Agroforestry : general concepts, early work, and current initiatives : a review of the literature.' (Kenya : International Council for Research in Agroforestry: Nairobi).
Lamanda N., Dauzat J., Jourdan C., Martin P., Malézieux E. (2008) Using 3D architectural models to assess light availability, root bulkiness in coconut agroforestry systems Agroforestry Systems Volume 72, Number 1 / Januar 2008 63-74.
Lambeck R. (2006) Trees for nature conservation. In 'The Overstory'.
Land Baden-Württemberg (1996) Nachbarrechtsgesetz Baden-Württemberg (NRG).
Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern - Bodenerosion. Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V., Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin.

Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (2007) Maßnahmen- und Entwicklungsplan Ländlicher Raum Baden-Württemberg 2007 - 2013. Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg, Stuttgart / Schwäbisch Gmünd.
Landesbauernverband in Baden-Württemberg e.V. (2005) Agrarbioidiversität und Landnutzung. LBV,
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M.-V. (2000) Perspektiven der landwirtschaftlichen Nutzung auf Grenzstandorten. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und
Landgraf D., Böcker L.(2005) AGROWOOD - Holz vom Acker. Brandenburger Agrar- und Umweltjournal
Landgraf D., Böcker L., Haschke P., Thomas S. (2005) Energieholz aus Agrarbetrieben. Bauernzeitung 41,
Landgraf D., Böcker L., Haschke P., Thomas S.. (2006) Primäre Energiewirtschaft mit Holzfeldern - Entwicklungschancen für die Landwirtschaft. Energie und Pflanzen 9, 14-20.
Landgraf D., Ertle C., Böcker L. (2007) Stockausschlagpotenzial von Aspe und Robinie. Allgemeine Forst Zeitschrift 62, 80-83.
Larcher W. (2001) 'Ökophysiologie der Pflanzen.' (Ulmer UTB).
Lawrence J.H., Hardesty L.H., Chapman R.C., Gill S.J. (1992) Agroforestry practices o non-industrial private forest landowners in Washington State. Agroforestry Systems 19, 37-55.
Lawson G. (2004) Policy Support for Agroforestry in the European Union. (SAFE.
Lee K.-H., Jose S. (2003) Soil respiration and microbial biomass in a pecan-cotton alley cropping system in Southern USA. Agroforestry Systems 58, 45-54.
Lee K-H, Isenhardt, T.M., Schultz, R.C., Mickelson, S.K. (1999) Nutrient, sediment removal by switchgrass, cool-season grass filter strips in Central Iowa, USA. Agroforestry Systems 44/1999, 121-132.
Lehmann J. (1997) 'Tree-Crop interactions in a Runoff agroforestry system in Northern Kenya ' (Univ. Bayreuth: Bayreuth).
Lehmkuhler J.W., Felton E.E.D., Schmidt D.A., Bader K.J., Garret H.E., Kerley M.S. (2003) Tree protection methods during the silvopastoral - system establishment in midwestern USA: Cattle performance, tree damage. Agroforestry Systems 59, 35-42.
Lehmkuhler J.W., Kerley M.S., Garret H.E. Cutter B.E., McGraw R.L. (1999) Comparision of continuous, roational silvopastoral systems for established walnut plantations in southwest Missouri, USA. Agroforestry Systems 44/1999, 267-279.
Leicht E. (2006) Renaissance des Outdoor-Schweins? AFZ DerWald 2, 87-90.
Leiting K. (2008) Energiewald. (Ed. KMLBK (MRL)). (MRL (Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum BaWü: Stuttgart).
LEL (1998) Abwicklung von Aufforstungen. Arbeitsbereich Ländlicher Raum (LR).
LEL (2003): Kalkulationsdaten Marktfrüchte Ernte 2003 Deckungsbeiträge / Vollkosten; LEL Schwäbisch Gmünd 2003; 88 S.
Lenschow U. (2001) Landschaftsökologische Grundlagen zum Schutz, zur Pflege und zur Neuanlage von Feldhecken in Mecklenburg-Vorpommern. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-
Levasseur V., Olivier A. (2000) The farming system and traditional agroforestry systems in the Maya community of San Jose, Belize. Agroforestry Systems 49, 275-288.
Lewis C.E., Burton G.W., Monson W.G., McCormick W.C. (1983) Integration of pines, pastures,, cattle in south Georgia, USA. Agroforestry Systems 1/1983, 277-297.
LfL (2003) Streuobst in der Kulturlandschaft. In 'Streuobst in der Kulturlandschaft'. Bayern. (Ed. LBLf Landwirtschaft)) p. 85. (LfL (Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft)).
Liesebach M., Mulsow H., Rose A., Mecke R. (nn) Ökologische Aspekte der Kurzumtriebsbewirtschaftung. Nachwachsende Rohstoffe 13, 455-475.
Limmeroth T. (2006) Synergieeffekte zwischen Landschaftspflege und Energieholzgewinnung. Aidlingen.
Lin C.H., McGraw R.L., George M.F., Garrett H.E. (1998) Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. Agroforestry Systems 44/1999, 109-119.
Lin C.H., McGraw R.L., George M.F., Garrett H.E. (2001) Nutritive quality, morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. Agroforestry Systems 53, 269-281.
Linckh G., Sprich H., Flaig H., Mohr H. (1996) 'Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft. Expertisen.' (Springer Verlag: Berlin Heidelberg).
Linit M.J., Stamps W.T., McGraw R.L., Godsey L., Conley S., Woods T. (2004) Biodiversity, Pesticide Reduction, Crop Management in Forage, Oil Seed Crops Alley Cropped with Black Walnut. University of Missouri, Center for Agroforestry.
Lloyd S.A.,Sinclair F.L. (1993) Ecological interactions in agroforestry systems. Bangor Research Unit, Institute of Terrestrial Ecology, Bangor, UK,

Long A.J. (1993) Agroforestry in the temperate zone. In 'An Introduction to Agroforestry'. (Ed. PK Ramachandran Nair) pp. 443-468. (Kluwer Academic Publishers and International Centre for Research in Longman K.A (1993-2002) 'Tropical Trees: Propagation and Planting Manuals' (Commonwealth Science Council: London, UK).
Lucke R., Silbereisen R., Herzberger E. (1992) 'Obstbäume in der Landschaft.' (Verlag Eugen Ulmer: Luginbuhl J.-M., Harvey T.E., Green J.T. JR., Poor M.H., Mueller J.P. (1999) Use of goats as biological agents for the renovation of pastures in the Appalachian region of the United States. Agroforestry Systems
Lüning J. (1997) 'Deutsche Agrargeschichte: Vor- und Frühgeschichte.' (Ulmer: Stuttgart).
Lütke Entrup N., Oehmichen J. (Ed.) (2000) 'Lehrbuch des Pflanzenbaues. Bd.2: Kulturpflanzen.' (Verlag Th. Mann: Gelsenkirchen).
Lutz E., Pagiola S., Reiche C. (1994) The cost and benefits of soil conservation: the farmers' viewpoint. The World Bank Research Observer 9, 273-295.
LWF (1996): unveröffentlichte Skripten
LWF (1999): unveröffentlichte Skripten
LWF BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (1999): Forschungsprojekt Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb. Unveröffentlichter LWG (Bayrische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau) AL Wildtiergerechte Gestaltung von Stilllegungsflächen - Hinweise für die Praxis. (LWG.
MacDicken K. G., Vergara N. T. (Ed.) (1990) 'Agroforestry : classification and management '.
MacDonald L.H. (Ed.) (1982) 'Agro-forestry in the African humid tropics : proceedings of a workshop held in Ibadan, Nigeria, 27 April - 1 May 1981.' (United Nations Univ.: Tokyo).
Machatschek M. (2002) 'Laubgeschichten. Gebrauchswissen einer alten Baumwirtschaft, Speise- und Futterlaubkultur ' (Böhlau Verlag: Wien).
Maier J., Vetter R. (2004) Erträge und Zusammensetzung von Kurzumtriebs-Gehölzen (Weide, Pappel, Blauglockenbaum). Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung Müllheim, Müllheim.
Makeschin F., Rehfuss K.E. (1994) Steigerung der Biomasseproduktion durch Anbau schnellwachsender Baumarten. Teilprojekt: Ernährungs- und Standortkunde. Abschlussbericht 1988-1993. Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten.
Manchon O. (2002) Soutien aux projets agroforestiers. In '-'. - (Ed. -) p. ca. 20. (-).
Marquez C.O., Cambardella C.A., Isenhardt T.M., Schultz R.C. (1999) Assessing soil quality in a riparian buffer by testing organic matter fractions in central Iowa, USA. Agroforestry Systems 44/1999, 133-140.
Marschall I., Bruns D. (2002) Mythos Hecke - Funktionswandel und Idealisierung von Hecken in der Agrarlandschaft. Naturschutz und Landschaftsplanung 34, 113-118.
Martin (1918) Die Bedeutung des Waldfeldbaus in der Gegenwart und in der Zukunft. In 'Tharandter Forstliches Jahrbuch' pp. 217-230(Berlin).
Marxen-Drewes H. (1987) 'Kulturpflanzenentwicklung, Ertragsstruktur, Segetalflora und Arthropodenbesiedlung intensiv bewirtschafteter Äcker im Einflussbereich von Wallhecken.' (Inst. für
Mary F., Dupraz C., Delannoy E., Liagre F. (1999) Incorporating agroforestry practices in the management of walnut plantations in Dauphiné, France: an analysis of farmers' motivations. Agroforestry Systems 43,
Mathiak G. (2006) Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Vogelwelt am Beispiel von Mecklenburg-Vorpommern (Nordostdeutschland). Greifswald.
Matta-Machado R.P., Jordan C.F. (1995) Nutrient dynamics during the first three years of an alleycropping agroecosystem in southern USA. Agroforestry Systems 30, 351-362.
Matthews S., Pease S.M., Gordon A.M., Williams P.A. (1993) Landowner perceptions and the adoption of agroforestry practices in southern Ontario, Canada. Agroforestry Systems 21, 159-168.
Maydell von H.J. (1993) Agroforstwirtschaft: Lexikon und Glossar. In 'Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg'. (Ed. BfF-u Holzwirtschaft) p. 175.
Maydell von H.J. (1995) Agroforestry in central, northern and eastern Europe. Agroforestry Systems 31, Berggebiet? Ein Experiment zur Schaden-Nutzen-Analyse. In 'Optimale Nutzung der Futterressourcen im Zusammenspiel von Berg- und Talgebiet'. (Ed. E Institut für Nutztierwissenschaften, Produkte, Umwelt) pp. 54-66.
Mayer A.C., Stöckli V., Gotsch N., Konold W., Kreuzer M. (2004) Waldweide im Alpenraum. Neubewertung einer traditionellen Mehrfachnutzung. Schweiz. Z. Forstwesen 155/2, 38-44.
Mayrand K., Paquin M. (2004) Payments for Environmental Services: A Survey and Assessment of Current Schemes. Unisféra International Centre, Montreal.
McDonald P. (Ed.) (1996) 'The literature of forestry and agroforestry ' (Cornell Univ. Press: NY).

Sapling Damage of Pedunculate Oak <i>Quercus robur</i> in a Grazed Forest in Galicia, NW Spain: A Comparison of Continuous Rotational Grazing Systems Agroforestry Systems Volume 66, Number 2 / Februar 2006 85-92.
MCFARLANE, D.W., GREEN E.J., BRUNNER, A. & AMATEIS, R.L. (2003). Modeling loblolly pine canopy dynamics for a light capture model. - <i>Forest Ecology and Management</i> 173: 145-168. (Engelsk
McNeely J., Schroth G. (2006) Agroforestry and biodiversity conservation – traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. <i>Biodiversity and Conservation</i> 15, 549–554.
Mead D.J. (1995) The role of agroforestry in industrialized nations: the southern hemisphere perspective with special emphasis on Australia and New Zealand. <i>Agroforestry Systems</i> 31, 143-156.
Mead R., Willey R.W. (1980) The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping. <i>Experimental Agriculture</i> 16, 217-228.
Mecklenburg-Vorpommern (1992) Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG) p. 1 (Auszug). (Land M.-V.)
Meinel H.T. (1970) Die geoökologischen Folgewirkungen der Steppenumbrüche in den 50er Jahren in Westsibirien. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
Menrad K. (1992) 'Landwirtschaftliche Grenzertragsstandorte in Baden-Württemberg.' (Peter Land (Europäische Hochschulschriften): Frankfurt am Main).
Mertens M., Braunger M. (2008) Fragen zum Forst- und Landwirtschaftsrecht. (Ed. A Chalmin).
Merz R. (2004) Agrarpolitik. Die Referendarausbildung. (Ed. AL Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum). (Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum, Abteilung Landwirtschaft.
Meyer, B.C. (2005) Sustainable Land Use in Intensively Used Agricultural Regions. Landscape Europe. Alterra Report, Leipzig.
Michaelowa A., Greiner S., Dutschke M. (2001) Positionen von Ländern und walddpolitische engagierten Organisationen zur Einbeziehung von Aufforstung und Walderhalt in CDM und Joint Implementation sowie in die nationalen Treibhausgasinventare. Auftraggeber: PrimaKlima - weltweit - e.V., Düsseldorf.
Michels C. (2000) XIII-6.1 Beweidung mit verschiedenen Haustierrassen. In 'Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege'. (Eds W Konold, R Böcker, UH Hampcike) pp. 1-17Landberg).
Michon G., Mary F., Bompard J. (1986) Multistoried agroforestry garden system in West Sumatra, Indonesia. <i>Agroforestry Systems</i> 4, 315-338.
Miller A.W., Pallardy S.G. (2001) Resource competition across the crop-tree interface in a maize-silver maple temperate alley cropping stand in Missouri. <i>Agroforestry Systems</i> 53, 247-259.
Ministère de L'Agriculture et de la pêche F (2001) Creation (2201) et gestion (2202) d'habitats agroforestiers p. 12. (Ministère de L'Agriculture et de la pêche.
Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum (2000) Richtlinien des Ministeriums Ländlicher Raum zur Förderung der Erhaltung und Pflege der Kulturlandschaft und von Erzeugerpraktiken, die der Marktentlastung dienen (MEKA II). Richtlinien No.
Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum (2008) Agrarumweltprogramm des Landes Baden-Württemberg. MEKA III. (Ed. A Landwirtschaft) p. Broschüre. (Ministerium für Ernährung und ländlichen
Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum Baden Württemberg (2005) Gesetz zum Schutz der Natur, zur Pflege der Landwirtschaft und über die Erholungsvorsorge in der freien Landschaft (NatSchG). (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg.
Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg (2000) MEKA II: Das erweiterte Programm für Landwirtschaft und Umwelt.
Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg (2001) MEKA II. MLR Baden-Württemberg - Referat 65.
Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg (2004) Landwirtschafts- und Landeskultugesetz. p. 34.
Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg (2005) Informationsbroschüre für die Empfänger von Direktzahlungen über die anderweitigen Verpflichtungen 2005.
Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg MLR (2005) Waldgesetz für Baden-Württemberg (Landeswaldgesetz - LWaldG) p. 48. (Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum
Agrarkonzept 2000 - Perspektiven der Entwicklung des Produktionsgartenbaus in Mecklenburg-Vorpommern. (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern.

Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern MELF (2000) Perspektiven für den Ausbau und die Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei.
Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern MELF (2004) Agrarbericht 2004 des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Jahresbericht No., Schwerin.
Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern MELF (2005) Agrarbericht 2005 des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Kurzbericht. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Jahresbericht No., Schwerin.
Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern MELF (2005) Waldgesetz für das Land Mecklenburg-Vorpommern (Landeswaldgesetz - LWaldG) p. 48. (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern).
Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern MELF (2006) Informationsbroschüre für die Empfänger von Direktzahlungen über die anderweitigen Verpflichtungen (Cross Compliance). (Ed. L Ministerium für Ernährung, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern) p. 105. (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern).
Mize C.W., Egeh M.H., Batchelor W.D. (2005) Predicting maize soybean production in a sheltered field in the Cornbelt region of North Central USA. <i>Agroforestry Systems</i> 64, 107-116.
MLR Baden-Württemberg (2007) Obsthochstämme - Streuobstwiesen. Baden-Württembergische Landwirtschaftsverwaltung.
Mollison B. (1997) 'Permaculture: A Practical Guide for a Sustainable Future ' (Ten Speed Press: Berkeley,
Möndel A. (2007) Bäume wachsen nicht in den Himmel. <i>dlz agrarmagazin</i> 2007, 20-23.
Möndel A., Reeg T., Brix M. (2007) Agroforstsysteme als Bindeglied zwischen Tradition und Moderne – Sind Streuobstwiesen als Ausgleichsmaßnahme noch zeitgemäß? <i>BWGZ</i> 10/2007, 369-371.
Montagnini F. (2005) 'Environmental Services of Agroforestry Systems.' (Binghamton, New York).
Moore R.W., Bird P.R. (1997) Agroforestry Systems in Temperate Australia. In 'Temperate Agroforestry Systems'. (Eds AM Gordon, SM Newman) pp. 119-148. (CAB International: Oxfordshire, Cambridge).
Mosimann T. (2008) Mehr machen als Mulchsaat. <i>dlz agrarmagazin</i> 4/2008, 56-59.
Mueller J.P., Luginbuhl J.-M., Bergmann B.A. (2001) Establishment early growth characteristics of six Paulownia genotypes for goat browse in Raleigh, NC, USA. <i>Agroforestry Systems</i> 52, 63-72.
Müller J. (1989) Landschaftsökologische und –ästhetische Funktionen von Hecken und deren Flächenbedarf in Süddeutschen Intensiv-Agrarlandschaften <i>Berichte ANL</i> 13, 3-58.
Müller-Edzards C. (1996) 'Development of sustainable and ecologically sound agroforestry systems in Leyte, Philippines.' (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit: Eschborn).
Mulofwa J., Simute S., Tengnäs B. (1994) 'Agroforestry: manual for extension workers in Southern Province, Zambia ' (Regional Soil Conservation Unit, Swedish International Development Authority: Nairobi
Nadeau I., Olivier A., Simard R.R., Coulombe J. Yelle S. (1999) Growing American ginseng in maple forests as an alternative landuse system in Québec, Canada. <i>Agroforestry Systems</i> 44/1999, 345-353.
Nair P. K. R., Rao M.R., Buck L.E. (Ed.) (2004) 'New Vistas in Agroforestry: A Compendium for the 1st World Congress of Agroforestry.' (Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands).
Nair P.K.R. (1984) 'Soil productivity aspects in agroforestry '.
Nair P.K.R. (1985) Classification of agroforestry systems. <i>Agroforestry Systems</i> 3/1995, 97-128.
Nair P.K.R. (1990) 'The prospects for agroforestry in the tropics ' (World Bank: Washington, D. C).
Nair P.K.R. (1993) 'An introduction to agroforestry.' (Kluwer: Dordrecht).
Nair P.K.R. (2007) Perspective: The coming of age of agroforestry. <i>Journal of the Science of Food and Agriculture</i> 87, 1613-1619.
Nair P.K.R. (Ed.) (1989) 'Agroforestry systems in the tropics.' (Kluwer: Dordrecht).
Nair P.K.R., Allen S.C., Bannister M.E. (2005) Agroforestry Today: An Analysis of the 750 Presentations to the 1st World Congress of Agroforestry, 2004. <i>Journal of Forestry</i> , 417-421.
Naizhuang L. (1998) Light Distribution in Tree Intercropping Area and its Agricultural Value. Nanjing Institute of Meteorology, China, Nanjing.
Neher D.A. (1999) Soil community composition and ecosystem processes. <i>Agroforestry Systems</i> 45, 159-
Newman S.M. (1986) A pear and vegetable interculture system: land equivalent ratio, light use efficiency and productivity. <i>Experimental Agriculture</i> 22, 383-392.
Newman S.M., Bennett K., Wu Y. (1998) performance of maize, beans ginger as intercrops in Paulownia plantations in China. <i>Agroforestry Systems</i> 39, 23-30.

Nezadal W. (2000) XI-2.12.2 Pflanzengesellschaften der Äcker und Ackerbrachen. In 'Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege' pp. XI-2.12.12. (Konold, Werner
Nitsche S., Nitsche L. (1994) 'Extensive Grünlandnutzung.' (Neumann: radebeul).
Noordwijk M.v. (2003) 'Below-ground interactions in tropical agroecosystems: concepts and models with multiple plant components.' (CABI: Wallingford).
Nowak J., Workman S., Blount A. (2002) Forage Livestock Production - Benefits of Silvopasture.
Nuberg I.K. (1998) Effect of shelter on temperate crops: a review to define research for Australian conditions. <i>Agroforestry Systems</i> 41, 3-34.
Nusser M., Sheridan P., Walz R., Seydel P., Wydra S. (2007) Makroökonomische Effekte des Anbaus und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow.
Nygren P., Rebottaro S., Chavarria R. (1993) Application of the pipe model theory to non-destructive estimation of leaf biomass leaf area of pruned agroforestry trees. <i>Agroforestry Systems</i> 23, 63-77.
Omnès G. (2005) Agroforesterie. Un capital sur pied dans ses parcelles de céréales. <i>La France agricole</i> 16 septembre 2005, 32.
Ong C.K., Odongo J.C.W., Marshall F., Black C.R.. (1991) Water use by trees crops: five hypotheses. <i>Agroforestry Today</i> 3, 7-10.
Ong C.K., Huxley, P. (Ed.) (1996) 'Tree-crop interactions: a physiological approach.' (CABI/ICRAF:
Osterburg B., Reiter K., Roggendorf W. (2005) Agrarreform für Naturschützer. DVL (Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V.)
Pagiola S., Agostini P., Gobbi J., de Haan C., Ibrahim M., Murgueitio E.R., Rosales M., Ruíz J.P. (2004) Paying for Biodiversity Conservation Services in Agricultural Landscapes. The World Bank Environment Department Paper Nr. 96, 48.
Palma J., Graves A., et al. (2004) Integrating Soil Erosion and Profitability in the Assessment of Silvoarable Agroforestry at the Landscape Scale. In 'Sixth of the International Farming Systems Association (IFSA) European Symposium on Farming and Rural Systems'. at Vila Real 4-7 April 2004. pp. 817-827.
Palma J., Herzog F., Burgess P.J., Graves A.R., Keesman K.J., Keulen H.v., Mayus M., Reiser Y. (2007) Methodological approach for the assessment of environmental effects of agroforestry at the landscape scale. <i>Ecological Engineering</i> 29, 450-462.
Palma J.H.N. (2006) Integrated assessment of silvoarable agroforestry at landscape scale. PhD,
Palmer B. (2006) Streuobstwiesen sterben langsam. Erhalt der Streuobstwiesen in der Kulturlandschaft als Aufgabe der kommenden Legislaturperiode. In 'Pressegespräch, 20.4.2006'. -. (Ed. B-D Grünen). (Bündnis
Pandey D.N. (2007) Multifunctional agroforestry systems in India. <i>Current Science</i> 92, 455-463.
Paris P., Cannata F. Olimpieri G. (1995) Influence of alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) intercropping polyethylene mulching on early growth of walnut (<i>Juglans</i> spp.) in central Italy. <i>Agroforestry Systems</i> 31, 168-180.
Paris P., Olimpieri G., Todaro L., Pisanelli A. Cannata F. (1998) Leaf-water potential soil-water depletion of walnut mulched with polyethylene intercropped with alfalfa in central Italy. <i>Agroforestry Systems</i> 40, 69-81.
Paris P., Pisanelli A., Todaro L., Olimpieri G., Cannata F. (2005) Growth water relations of walnut trees (<i>Juglans regia</i> L.) on a mesic site in central Italy: effects of understory herbs polyethylene mulching. <i>Agroforestry Systems</i> 65, 113-121.
Paris, P. (Hrsg) (2007) Alleenenwicklung in Norddeutschland - Bestand, Gefährdungen, Potenziale. p. 76. (Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Alleenschutzgemeinschaft e.V.).
Park J., Newman S.M. Cousins S.H. (1994) The effects of poplar (<i>P.trichocarpa</i> x <i>deltoides</i>) on soil biological properties in a silvoarable system. <i>Agroforestry Systems</i> 25, 111-118.
PASI (Project Agricole et Social Interuniversitaire) (2004) Agroforstwirtschaft, Bodenerosion, Bodenfruchtbarkeit. http://www.uni-mainz.de/~grunert/PASI/PASI-home.htm
Peden D.G., Okorio J., Wajja-Musuwe N. (1996) Commercial pole production in linear agroforestry systems. <i>Agroforestry Systems</i> 33, 177-186.
Penot E. (2005) Dix années de recherche sur les systèmes agroforestiers à base d'Hévéa en Indonésie = Ten years of research on rubber based agroforestry systems in Indonesia (CIRAD: Paris).
Peri P.L., Moot D.J., McNeil D.L. (2007) Validation of a canopy photosynthesis model for cocksfoot pastures grown under different light regimes <i>Agroforestry Systems</i> Volume 67, Number 3 / Juli 2006 259-
Peri P.L. (2002) Early growth and quality of radiata pine in a silvopastoral system in New Zealand. <i>Agroforestry Systems</i> 55, 207-219.
Perrin R.M. (1977) Pest management in multiple cropping systems. <i>Agro-Ecosystems</i> 3.
Peters S.M. (2000) Agroforestry. An Integration of Land Use Practices. University of Missouri Center for

Petzold R., Feger K.-H., Siemer B. (2006) Standörtliche Potenziale für den Anbau schnellwachsender Baumarten auf Ackerflächen. Allgemeine Forst Zeitschrift 61, 855-857.
Pick D. (2002) Möglichkeiten und Grenzen einer nachhaltigen Raumentwicklung durch Ausweitung des Ökologischen Landbaus. In 'Naturschutz und Landwirtschaft - neue Überlegungen und Konzepte'. (Ed. Plachter H., Stachow U., Werner A. (2005) 'Methoden zur naturschutzfachlichen Konkretisierung der "Guten fachlichen Praxis" in der Landwirtschaft: Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben (FKZ 800 88 001) des Bundesamtes für Naturschutz ' (Bundesamt für Naturschutz (BfN): Bonn - Bad Godesberg).
Plieninger T., Bens O., Hüttl R.F. (2006) Nachwachsende Rohstoffe, Bioenergie und Naturschutz. Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege 2/06, 8 pp.
Plieninger T., Wildbrand C.. (2001) Land use, biodiversity conservation, and rural development in the dehesas of Cuatro Lugares, Spain. Agroforestry Systems 51, 23-34.
Poetsch J. (2001) Permakultur - Ideologie oder praktische Landwirtschaft? p. 26Göttingen).
Ponder F. (1987) Allelopathic Interference of Black Walnut Trees with Nitrogen-Fixing Plants in Mixed Plantings. Allelochemicals, 195-204.
Postma M. (2005) It's all in the mix. Wageningen University.
Price C. (1995) Economic evaluation of financial and non-financial costs and benefits in agroforestry development and thevalue of sustainability. Agroforestry Systems 30, 74-86.
Price C. (1995) Modern discount rates and the competitive case for agroforestry. Agroforestry Systems 32,
Price G.W., Gordon A.M. (1999) Spatial and temporal distribution of earthworms in a temperate intercropping system in southern Ontario, Canada. Agroforestry Systems 44/1999, 141-149.
Puri S., Thompson F.B.. (2003) Relationship of water to adventitious rooting in stem cuttings of Populus species. Agroforestry Systems 58, 1-9.
Raab K., Rösch C. (2005) Grünlandüberschuss in Baden-Württemberg. Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft
Raintree J.B. (2006) Agroforestry pathways: Land tenure, shifting cultivation and sustainable agriculture. In Rapey H., Lifran R., Valadier A. (2001) Identifying social, economic technical determinants of silvopastoral practices in temperate uplands: results of a survey in the massif Central region of France. Agricultural
Raskin R., Glück E., Pflug W. (1992) Floren- und Faunenentwicklung auf herbizidfrei gehaltenen Agrarflächen - Auswirkungen des Ackerrandstreifenprogramms. Natur und Landschaft 67, 7-13.
Rat der Europäischen Union (1992) Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen p. 42. (Union, Rat der Europäischen.
Rat der Europäischen Union (2003) Verordnung (EG) 1783/2003 des Rates vom 29. September 2003 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1257/1999 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes durch den Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft (EAGFL) p. 8. (EU.
Reed R.K. (1995) 'Prophets of agroforestry: Guarani communities and commerical gathering ' (University of Texas Press: Austin, TX).
Reeg T., Konold W. (2007) Agroforstsysteme im Landschaftsbild - wie werden sie bewertet, welche Rolle können sie spielen? In 'Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen II'. Freiburg pp.
Reeg T., Möndel A., Brix M., Konold W. (2008) Naturschutz in der Agrarlandschaft - neue Möglichkeiten mit modernen Agroforstsystemen? Natur und Landschaft 83 - Heft 6, 261-266.
Reid R., Ferguson I.S. (1992) Development and validation of a simple approach to modelling tree shading in agroforestry systems. Agroforestry Systems 20, 243-252.
Reid R., Stephen P. (2001) The Farmer's Forest--Multipurpose Forestry for Australian Farmers. (Australian Master TreeGrower Program, Department of Forestry, The Institute of Land & Food Resources, The University of Melbourne, : Victoria 3010, Australia).
Reid R., Wilson G. (1985) 'Agroforestry in Australia and New Zealand ' (Goodard and Dobson, Victoria,
Reif A., Achtziger R. (2001) XIII-7.2 Gebüsche, Hecken, Waldmäntel, Feldgehölze. In 'Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege'. (Eds W Konold, U Hampicke, R Böcker) pp. XIII-7.2Landsberg).
Reif A., Richert E. (1995) Naturnahe Hecken durch Verwendung autochthoner Gehölze. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
Reisinger E. (2004) Ausgewählte naturschutzfachliche und sozioökonomische Anforderungen für die Etablierung großflächiger Weidesysteme. Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Jena.
Reisner Y., Filippi de R., Herzog F. (2007) Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. Ecological Engineering 29, 401-418.
Renesse D.v. (1997) Experimentelle Untersuchungen und konzeptionelle Überlegungen für eine screening-Verfahren des allelopathischen Potentials ausgewählter Baumarten (Juglans spp., Eucalyptus

Rhoades C.C., Nissen T.M. Kettler J.S. (1998) Soil nitrogen dynamics in alley cropping no-till systems on ultisols of the Georgia Piedmont, USA. <i>Agroforestry Systems</i> 39, 31-44.
Riecken U., Bunzel-Drüke M., Dierking U., Fink P., Härdtle W., Kämmer G., Reisinger E., Sandkühler J. (2003) Perspektiven großflächiger Beweidungssysteme für den Naturschutz: "Lüneburger Erklärung zu Weidelandschaften und Wildnisgebieten". UNI Lüneburg/BfN/BMBF.
Riha S.J., McIntyre B.D. (1999) Water Management with Hedgerow Agroforestry Systems. In 'Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems'. (Ed. LE Buck, Lassoie, J. P. and Fernandes, E. C. M.) pp. 47-65. (CRC Press: Boca Raton, London, New York, Washington D.C.).
Robles-Diaz-De-Lion L.F., Kangas P. (1999) Evaluation of potential gross income from non-timber products in a model riparian forest for the Chesapeake Bay watershed. <i>Agroforestry Systems</i> 44/1999, 215-225.
Rocheleau D., Hoek A. van den (1984) 'The application of ecosystems and landscape analysis in agroforestry diagnosis and design : a case study from Kathama Sub-Location, Machakos District, Kenya '
Rocheleau D., Weber F., Field-Juma A. (1988) 'Agroforestry in dryland Africa.' (Internat. Council for Research in Agroforestry, : Nairobi).
Rock J. (2007) Ökologische Aufwertung von Energieholzplantagen - Möglichkeiten und Kosten. <i>Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol.</i> 41, 60-66.
Röhe P. (2007) Zweihiebiges Erstaufforstungssysteme - Integration von Kurzumtrieb-Bestockungen in Erstaufforstungen. <i>AFZ-DerWald</i> .
Röhle H., Hartmann K.-U., Gerold D., Steinke C., Schröder J. (2006) Aufstellung von Biomassefunktionen für Kurzumtriebsbestände. <i>Allgemeine Forst- und Jagdzeitschrift</i> 177, 178-187.
Röhrich C., Ruscher K. (2004) Anbauempfehlungen für schnellwachsende Baumarten, Fachmaterial. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden.
Röhrich C., Ruscher K. (2004) Einsatz nachwachsender Rohstoffe als landschaftsgestaltendes Element - Feldstreifenanbau auf großen Ackerschlägen. <i>Bornimer Agrartechnische Berichte</i> 35, 113-126.
Rois-Díaz M., Mosquera-Losada R., Rigueiro-Rodríguez A. (2006) Biodiversity Indicators on Silvopastoralism across Europe. <i>European Forest Institute EFI Technical Report</i> 21, Joensuu.
Rösch C. (2003) Energie aus Grünland - eine nachhaltige Entwicklung? <i>Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis</i> 12, 38-45.
Röser (1988) 'Saum- und Kleinbiotop - Ökologische Funktion, wirtschaftliche Bedeutung und Schutzwürdigkeit in Agrarlandschaften.' (ecomed: Landsberg / Lech).
Rösler M. (2006) Erzeugungsrichtlinien für Streuobstprodukte. In '1. Streuobsttag Baden-Württemberg'. (NABU: UNI Hohenheim).
Rösler S. (2003) 'Natur- und Sozialverträglichkeit des Integrierten Obstbaus.' (Universität: Kassel).
Rotter M., Kneitz G. (1977) Die Fauna der Hecken und Feldgehölze und ihre Beziehung zur umgebenden Agrarlandschaft. <i>Waldhygiene</i> 12, 1-83.
RÖTZER, T.; CHMIELEWSKI, F.-M. (2001): Phenological maps of Europe. <i>Clim.Res.</i> 18(3), 249-257.
Ruark G.A. (2003) Agroforestry in the United States - linking sustainable forestry and sustainable agriculture (Québec City).
Ryszkowski L. (2002) Landscape Ecology in Agroecosystems Management. In 'Landscape Ecology in Agroecosystems Management'. (Ed. L Ryszkowski) pp. 341-348. (CRC Press: Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.).
Sachverständigenrat für Umweltfragen (2007) Klimaschutz durch Biomasse. Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin.
Sambeek J.van, Garret G., McGraw B., Navarette-Tindall N. (2004) Shade Tolerance of Forage Crops Research. University of Missouri, Center for Agroforestry.
Sanchez P.A. (1999) Delivering on the promise of agroforestry. <i>Environment, Development and</i>
Schäfer A. (2003) Das Projekt ALNUS in Mecklenburg-Vorpommern. <i>Forst und Holz</i> 58. Jahrgang, Nr. 9,
Schäfer A. (2006) Landschaftsanalyse Mecklenburg-Vorpommern., Tharandt.
Schlecker E. (2003) Leitfaden zum Aufbau eines Landschafts-Informationssystems zur Erfassung diffuser Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft am Beispiel der Seefelder Aach.
Scholz V., Hellebrand H.J., Höhn A. (2004) Energetische und ökologische Aspekte der Feldholzproduktion. In 'Energieholzproduktion in der Landwirtschaft' pp. 15-108 Potsdam-Bornim).
Schoonover J.E., Williard K.W.J., Zaczek J.J., Mangun J.C., Carver A.D. (2005) Nutrient Attenuation in Agricultural Surface Runoff by Riparian Buffer Zones in Southern Illinois, USA. <i>Agroforestry Systems</i> 64,
Schröder J.-M., Heuveldop J. (2002) Agroforstliche Systeme in der Tropen und ihre Bedeutung für die biologische Vielfalt. <i>Schriftenreihe des BMVEL "Angewandte Wissenschaft"</i> 494, 153-159.

Schroth G. (1995) Tree root characteristics as criteria for species selection and systems design in agroforestry <i>Agroforestry Systems</i> 36, 13-25.
Schroth G. (1999) A review of belowground interactions in agroforestry, focussing in mechanism and management options. <i>Agroforestry Systems</i> 43, 5-34.
Schroth G. (Ed.) (2004) 'Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes.' (Island Press: Washington, DC).
Schroth G., Sinclair F.L. (Ed.) (2003) 'Trees, Crops and Soil Fertility: Concepts and Research Methods ' (CABI Publishing.).
Schumann F. (2006) Agroforstwirtschaft auf dem Berliner Barnim - Untersuchung und Planungsvorschläge. AGROPARK, Berlin / Hamburg.
Schumann F. (2008) Die Vision der Vernetzung von Biosphärenreservaten durch Agroforstsysteme.
Scibalabba N.E.-H., Williamson D. (2007) Benefits from organic agriculture in and around protected areas. <i>The Overstory</i> 199.
SEELING,U. (ed. 2006): Forst-, Holz- und Jagd-Taschenbuch 2006; Schaper-Verlag, 2005, 576 S.
Seidel J. (2000) Anthropogene Einflüsse auf die Landschaftsentwicklung im Simonswälder Tal. <i>Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i.Br.</i> 88/89, 17-36.
Seidl A. (2006) 'Deutsche Agrargeschichte.' (DLG: Frankfurt).
Seiter A. (2002) Der Apfel fällt nicht weit vom Stamm. Wertholzerziehung in Streuobstbeständen. Diplomarbeit, Fachhochschule Rottenburg.
Selter A. (n.n.) Funktion des bäuerlichen Waldbesitzes im ländlichen Raum aus gesellschaftspolitischer Sicht - Strukturerehalt durch "Naturnahe" Waldbewirtschaftung!?
Sharrow S. H., Ismail S. (2004) Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. <i>Agroforestry Systems</i> 60, 123-130.
grass-clover pastures on temperate rainfed lands. In 'Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems'. (Eds LE Buck, JP Lassoie, ECM Fernandes) pp. 111-130. (CRC Press LLC: Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.).
Sharrow S.H. (2001) Effects of shelter tubes on hardwood tree establishment in western Oregon silvopastures. <i>Agroforestry Systems</i> 53, 283-290.
Sharrow S.H. (2003) Converting a pasture to a silvopasture in the Pacific Northwest. <i>Agroforestry Notes</i> 26.
Shibu J. (2007) 'Towards agroforestry design.' (Springer Berlin).
Sibbald A. R., Eason W.R., McAdam J.H., Hislop A.M. (2001) The establishment phase of a silvopastoral national network experiment in the UK. <i>Agroforestry Systems</i> 39, 39-53.
Sibbald A.R. (1997) 'Agroforestry and land-use management - an European perspective. Book of Abstracts Intern Workshop Agroforestry for Sustainable Land-use.' (Motpellier, France).
Silva-Pando F.J., González-Hernández M.P., Rozados-Lorenzo M.J. (2002) Pasture production in a silvopastoral system in relation with microclimate variables in the atlantic coast of Spain. <i>Agroforestry</i>
Singh R.P., Ong C.K., Saharan N.. (1989) Above below ground interactions in alley cropping in semi-arid India. <i>Agroforestry Systems</i> 9.
Smith J.W., Larbi A, Jabbar M.A. Akinlade J. (1995) rumen degradation in sheep, goats cattle voluntary intake by sheep for four browse species. <i>Agroforestry Systems</i> 32, 277-287.
Smith R.J. (1950) 'Tree Crops: A Permanent Agriculture ' (Island Press: Washington).
Soltner D. (1999) 'Planter des Haies.'
Sonnenburg H., Gerken B. (2004) 'Das Hutewaldprojekt am Solling Ein Baustein für eine neue Ära des
Sons W. (1990) 'Agroforestry: classification and management.' (New York).
Spahl H. (1990) Die Funktion von Hecken und Feldgehölzen, Heckenkartierung im Nördlichen Breisgau. In 'Hecken und Feldgehölze ' pp. 1-58.
Spiecker H. (2005) Protokoll zum Treffen und der Vorstellung der BMBF-Projekte Agroforst, Dendrom und
Spiecker H., Brix M., Unseld R., Konold W., Reeg T. und Möndel A. (2006) Neue Trends in der Wertholzproduktion. <i>AFZ DerWald</i> 19, 1030-1033.
Stamps W.T., Linit M.J. (1998) Plant diversity and arthropod communities: Implications for temperate agroforestry <i>Agroforestry Systems</i> 39, 73-89.
Stamps W.T., Linit M.J. (1999) The problem of experimental design in temperate agroforestry. <i>Agroforestry Systems</i> 44/1999, 187-196.
Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2005) Bodennutzung der Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin.

Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2006) Größenstruktur der landwirtschaftlichen Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern 2005., Schwerin.
Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2006) Struktur der Viehhaltung in Mecklenburg-
Statistisches Bundesamt (2004) Landwirtschaft in Zahlen 2003. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
Statistisches Bundesamt (2006) Eigentums- und Pachtverhältnisse Agrarstrukturerhebung 2005. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
Statistisches Bundesamt Wiesbaden (2006) Statistisches Jahrbuch 2004: Ausgewählte Daten aus Deutschland und den Ländern - 2005/2006. Statistisches Bundesamt Wiesbaden, Wiesbaden.
Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2003) Landwirtschaft 2003. Jahresbericht.
Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2006) Entwicklung der Anbauflächen wichtiger Feldfrüchte in Baden-Württemberg.
Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2006) Produktionswerte und Verkaufserlöse der Landwirtschaft in Baden-Württemberg.
Steppler H.A., Nair P.K.R. (1987) Agroforestry - a decade of development. International Council for Research in Agroforestry (ICRAF) ISBN 92 9059 036 X, Nairobi.
Stewart A., Reid R. (2006) Ten percent multipurpose tree cover for every farm: A low risk, high opportunity first step. In 'The Overstory'.
STMLF Bayern (2004) GAP-Reform 2005. Europäische Agrarreform 2005. Nationale Umsetzung. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, p. 80.
Stuber M., Bürgi M. (2001) Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800–1950. Waldweide, Waldheu, Nadel- und Laubfutter. Schweiz. Z. Forstwes. 152, 490–508.
Stuber M., Bürgi M. (2002) Agrarische Waldnutzungen in der Schweiz 1800–1950. Nadel- und Laubstreue. Schweiz. Z. Forstwes. 153, 397–410.
Suchomel C. (2006) Niederwald als Energiequelle – Chancen und Grenzen aus Sicht des Naturschutzes. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
Sullivan G.M. (Ed.) (1992) 'Financial and economic analyses of agroforestry systems : proceedings of a workshop held in Honolulu, Hawaii, USA, July 1991 '.
Swallow B., Russell D., Fay C. (2006) Agroforestry and environmental governance. In 'World Agroforestry into the Future'. (Eds DP Garrity, A Okono, M Grayson, S Parrott) pp. 85-94. (World Agroforestry Centre
Swaminathan M.S. (1987) The promise of agroforestry for ecological and nutritional security. In 'Agroforestry - a decade of development'. (Eds HA Steppler, PKR Nair) pp. 25-41. (International Council for Research in Agroforestry (ICRAF): Nairobi).
Swinklers R.A. (1991) 'Economic analysis of agroforestry technologies: an annotated bibliography.' (ICRAF:
Szott L.T., Kass D.C.L. (1993) Fertilizers in agroforestry systems. Agroforestry Systems 23, 157-176.
Szymanski M., Colletti J. (1999) Combining the socio-economic-cultural implications of community owned agroforestry: The Winnebago Tribe of Nebraska. Agroforestry Systems 44/1999, 227-239.
Teklehaimanot Z., Jones M., Sinclair F.L. (2002) Tree livestock productivity in relation to tree planting configuration in a silvopastoral system in North Wales, UK. Agroforestry Systems 56, 47-55.
TEXTOR, B. (2003): Abschlussbericht für Teil 2 Praxisversuch "Energieproduktion und Verwertung", FVA Baden-Württemberg
The UK Agroforestry Forum (2000) The UK Agroforestry Forum Newsletter. Number 1, December 2000.
Thevathasan N. V., Gordon A.M. (1997) Poplar leaf biomass distribution and nitrogen dynamics in a poplar-barley intercropped system in southern Ontario, Canada. Agroforestry Systems 37, 79-90.
Thevathasan N. V., Gordon A.M. (2004) Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada. Agroforestry Systems 61, 257-268.
Thevathasan N.V., Gordon A.M. Voroney R.P. (1999) Juglone (5-hydroxy-1,4 naphthoquinone) soil nitrogen transformation interactions under a walnut plantation in southern Ontario, Canada. Agroforestry Systems
Thomas F., Hartmann E., Luick R., Poppinga O. (n.n.) Analyse von Agrarumweltmaßnahmen. Naturschutz und Biologische Vielfalt 4, 96-109.
Empfänger von Direktzahlungen über die anderweitigen Verpflichtungen – Cross Compliance –. (Ed. TMfL TMLNU, Naturschutz und Umwelt). (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (TMLNU)).
Tischler W. (1980) 'Biologie der Kulturlandschaft - Eine Einführung.'
Torres F. (1983) Role of woody perennials in animal agroforestry. Agroforestry Systems 1/1983, 131-163.

Tufekcioglu A., Raich J.W., Isenhardt T.M. Schultz R.C. (1999) Fine root dynamics, coarse root biomass, root distribution, soil respiration in a multispecies riparian buffer in Central Iowa, USA. <i>Agroforestry Systems</i> 44/1999, 163-174.
University of Missouri CfA (2004) Research Highlights. Research, Partnerships & Technology Transfer. University of Missouri, Center for Agroforestry.
Unsel R. (1999) Kurzumtriebsbewirtschaftung auf landwirtschaftlichen Grenzertragsböden, Biomassenproduktion und bodenökologische Auswirkungen verschiedener Baumarten.
Unsel R., Mündel A., Textor B.. (2008) Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg p. 49. (Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum (Baden-Württemberg)).
USDA (1998) Agroforestry: An opportunity for small farms with big needs. USDA, National Agroforestry
Van Noordwijk M., Purnomosidhi P. (1995) Root architecture in relation to tree-soil-crop interactions and shoot pruning in agroforestry. <i>Agroforestry Systems</i> 30, 161-173.
Vandermeer J. (1989) 'The ecology of intercropping.' (Cambridge University Press: Cambridge).
Vandermeer J. (1998) Maximizing crop yields in alley crops. <i>Agroforestry Systems</i> 40, 199-206.
Vargas J.D., Calvo J.C., Aparicio M.A. (1995) Red deer (<i>Cervus elaphus hispanicus</i>) management in the dehesa system in Central Extremadura, Spain. <i>Agroforestry Systems</i> 29, 77-89.
Viswanath S., Nair P.K.R., Kaushik P.K., Prakasam U. (2000) Acacia nilotica trees in rice fields: A traditional agroforestry system in central India. <i>Agroforestry Systems</i> 50, 157-177.
von Elsen T. (2004) Praxisansätze von Ökobetrieben zur Integration von Naturschutz und Landschaftsentwicklung. In 'Agrarproduktion und Biodiversität'. Jena pp. 33-39.
Wageningen L. (1996) Agroforestry ecosystems UNI Wageningen.
Wahid P.A. (2000) A system of classification of woody perennials based on their root activity patterns. <i>Agroforestry Systems</i> 49, 123-130.
Walstedt K. (1997) Farmers decision-making and response to changes. In 'Learning in Farmers' Decision Making'. (Eds B Öhlmér, D Lunneryd). (Swedish University of Agricultural Sciences (SLU): Uppsala).
Weimann J. (1996) Monetarisierungsverfahren aus der Sicht der ökonomischen Theorie. In 'Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft. Expertisen'. (Eds G Linckh, H Sprich, H Flaig, H Mohr) pp. 415-440. (Springer-Verlag: Berlin Heidelberg).
Weller F. (1986) Möglichkeiten zur Erhaltung des Streuobstbaus in südwestdeutschen Agrarlandschaften. In 'Verhandlungen Gesellschaft für Ökologie Band XIV'. (Ed. AaA Kohler, U.) pp. 125-130. (Hohenheim: Weller F. (1996) Streuobstwiesen - Herkunft, heutige Bedeutung und Möglichkeiten der Erhaltung. In 'Naturlandschaft - Kulturlandschaft: Die Veränderung der Landschaften nach der Nutzbarmachung durch den Menschen'. (Ed. W Konold) pp. 137-159. (ecomed: Landsberg).
Weller F. (2000) XIII-7.9 Streuobstwiesen. In 'Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege'. (Eds W Konold, R Böcker, UH Hampcike) pp. 1-37 Landsberg).
Weller F. (n.n) Landschaften und Böden in Baden-Württemberg. In 'Workshop Prognose von Bodenerosion' p. 22. (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg).
Welte E., Szabolcs I., Huett R.F.. (1994) Agroforestry and Land Use Change in Industrialized Nations. In '7th International Symposium of CIEC, May 30-June 2, 1994'. Berlin. (Goltze-Druck).
Wending H. (1998) 'Productive coexistence and gain in agroforestry systems.' (Finnish Society of Forestry)
Whitefield P. (1996) 'How to make a Forest Garden ' (Permanent Publications).
Whitefield P. (1999) 'Das grosse Handbuch Waldgarten.' (OLV Organischer Landbau Verlag Xanten).
Wiersum K.F. (1981) 'Observations on agroforestry on Java, Indonesia : report on an agroforestry course organized at Forestry Faculty Gadjah Mada University, ' (Wageningen Agricultural Univ.,: Wageningen).
Wiersum K.F. (Ed.) (1981) 'Viewpoints on agroforestry : syllabus of a lecture series on agroforestry organized by Departments of Forestry, Agricultural University Wageningen, march - april 1981 ' (Agricultural University Wageningen: Wageningen).
Wild A. (1993) 'Soils and the environment - an Introduction.'
Williams P.A., Gordon A.M. (1992) The potential of intercropping as an alternative land use system in temperate North America. <i>Agroforestry Systems</i> 19, 253-263.
WIPPERMANN, H.J.(1999): Verfahrenstechnik zur Biomasse.-Ernte auf Kurzumtriebsflächen. In: Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“ Schriftenreihe Nachw. Rohstoffe der FNR. S.314-340
Wojtkowski P.A. (2002) 'Agroecological Perspectives in Agronomy, Forestry and Agroforestry.' (Science Publishers: Enfield).
Wolf H. (2006) Abstände korrekt einhalten. dlz agrarmagazin 1/2006, 3.

Wolf H., Böhnisch B. (2003) Anbau von Pappeln auf landwirtschaftlichen Stilllegungsflächen zur Erzeugung von Holzstoff für die Papierherstellung. Modellvorhaben StoraEnso - Erfahrungen und Ergebnisse. Graupa: Landesforstpräsidium Sachsen.
Wöllecke B., Woche S., Bachmann J., Bens O., Hüttl R.F. (2003) Einfluss der organischen Bodensubstanz auf das Wasseraufnahmevermögen sandiger Boden bei unterschiedlicher Landnutzung. Mitteilungen-der-Deutschen-Bodenkundlichen-Gesellschaft. 102(1), 153-154.
Wöllecke J., Grünewald H. und Schneider B.U. (2006 (19.10.)) Erzeugung von Biomasse in Alley-Cropping-Systemen und Schnellwuchsplantagen in Brandenburg. In 'Szenarien zur Biomasse unter Naturschutzgesichtspunkten'. VilM. (von DENDROM (http://www.dendrom.de/content/index_1.cfm?id_bereich=51&id_nr=495&auswahl=1&CFID=974997&CFTOKEN=51607743)).
Wood P.J., Burley J. (1991) 'A Tree for All Reasons: the introduction and evaluation of multipurpose trees for agroforestry' (ICRAF: Nairobi, Kenya).
Wood P.J. (1984) 'Mixed systems of plant production in Africa : Past, Present and Future' (Kenya : International Council for Research in Agroforestry: Nairobi).
Wühlisch von G. (2005) Schnellwüchsig und anspruchlos. Bauern Zeitung 30. Woche 2005, 49-50.
Würfel T., Untersehe E. (2002) Verringerung von Oberflächenabfluss und Bodenerosion. Landesanstalt für Pflanzenbau, Rheinstetten.
Yin R., He Q. (1997) The spatial and temporal effects of paulownia intercropping. The case of northern China. Agroforestry Systems 37, 91-92.
Young A. (1989) 'Agroforestry for soil conservation / Anthony Young.' (CAB International: Wallingford).
Young A. (1984) 'Site selection for multipurpose trees.' (Kenya : International Council for Research in Agroforestry, : Nairobi).
Young A. (1989) The environmental basis of agroforestry. In: Meteorology and agroforestry. Proceedings of an international workshop on the application of meteorology to agroforestry system planning and management. In 'international workshop on the application of meteorology to agroforestry system planning and management.' Nairobi, Kenia. (Ed. WSaD Reifsnnyder, T.O.J.) pp. 29-48. (ICRAF).
Young A. (1997) 'Agroforestry for Soil Management' (CAB International, New York, New York and ICRAF, Nairobi, Kenya).
Zeddies J. (2003) Vorschläge der EU-Agrarpolitik und Anpassungsmaßnahmen des Landwirts. landinfo
Zehnder M., Weller F. (2006) 'Streuobstbau. Obstwiesen erleben und erhalten.' (Ulmer: Stuttgart).
Zhang H., Brandle J.R., Meyer G.E., Hodges L. (1995) The relationship between open windspeed and windspeed reduction in shelter. Agroforestry Systems 32, 297-311.
Zhou X.H., Brandle J.R., Mize C.W., Takle E.S. (2004) Three-dimensional aerodynamic structure of a tree shelterbelt: Definition, characterization and working models. Agroforestry Systems 63, 133-147.
Zimmek W. (2005) Förderung als Anreiz zur Optimierung der Waldbewirtschaftung in Bezug auf die Speicherung von Kohlenstoff. In 'Grüne Woche'Berlin).
Zinkhan F.C., Mercer D.E. (1997) An assessment of agroforestry systems in the southern USA. Agroforestry Systems 35, 303-332.
Zipperer S. (2007) Assessment of the economical and ecological potential of agroforestry systems for organic farms in Baden-Württemberg. Master, Universität Hohenheim.
Zucchi H. (2006) Waldarm, aber gehölzreich: Die Wallheckenlandschaft Ostfrieslands. Nationalpark 2006,
Zwenger B. (2007) Bio-Schweine in der Nische. bioland 12/2007, 16-17.