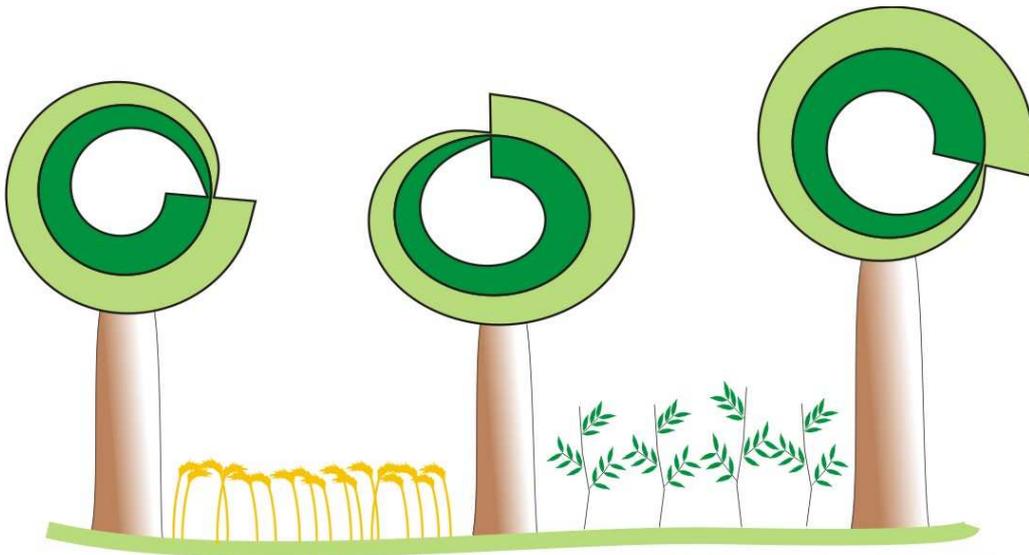


# Multifunktionale Bewertung von Agroforstsystemen



**- Schlussbericht -**

Dezember 2010





# Multifunktionale Bewertung von Agroforstsystemen

Aktenzeichen: 25786-33/0

Projektlaufzeit: Oktober 2009 – September 2010

## Projektleitung:

- **Institut für Waldwachstum**

Prof. Dr. Heinrich Spiecker

Projektmitarbeiter: Simeon Springmann, Christopher Morhart

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Tennenbacher Str. 4

79106 Freiburg

Tel: 0761/ 203 3737

## Kooperationspartner:

- **Institut für Landespflege**

Prof. Dr. Werner Konold

Projektmitarbeiter: Manuel Oelke

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Tennenbacher Str. 4

79106 Freiburg

Tel: 0761/ 203 3634

- **Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)**

Klaus Mastel

Projektmitarbeiter: Frieder Seidl

Kutschenweg 20

76287 Rheinstetten

Tel: 0721/ 9518 200



06/02

## Projektkennblatt

der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	<b>25786-33/0</b>	Referat	Fördersumme	<b>115.295€</b>
----	-------------------	---------	-------------	-----------------

**Antragstitel** Multifunktionale Bewertung von Agroforstsystemen

### Stichworte

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
<b>12 Monate</b>	<b>01.10.2009</b>	<b>30.09.2010</b>	<b>1</b>

Zwischenberichte	Anzahl: 1	Juni 2010
------------------	-----------	-----------

<b>Bewilligungsempfänger</b>	Institut für Waldwachstum, Universität Freiburg (IWW) Albert-Ludwigs-Universität Freiburg 79085 Freiburg	Tel	0761-203-3737
		Fax	0761-203-3740
		Projektleitung	Prof. Dr. H. Spiecker
		Bearbeiter	Prof. Dr. H. Spiecker

**Kooperationspartner**

- Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)
- Institut für Landespflege, Universität Freiburg (LP)

### **Zielsetzung und Anlass des Vorhabens**

Agroforstsystemen (AFS) werden trotz ihrer weltweiten Verbreitung und den zahlreichen nachgewiesenen Vorzügen auch in der heutigen Zeit viele Vorbehalte der Landwirte entgegengebracht. Hier soll das Projekt helfen Klarheit zu schaffen und gezielt Hemmnisse und Vorbehalte basierend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen abzubauen. Dazu sollen fünf Bereiche genauer untersucht werden, an denen Klärungsbedarf ausgemacht wurde bzw. die die Vorteile von AFS deutlich herausstellen. Diese sind die Quantifizierung positiver Auswirkungen von AFS aus Sicht des Umweltschutzes (Natur-, Arten-, Wasser- und Bodenschutz), die Optimierung von Naturschutzleistungen, die zusätzlichen Ertragsmöglichkeiten sowie die Möglichkeit der Wertholzproduktion. Als weiterer Schritt sollen die Vorurteile der Landwirte eruiert und bewertet werden und mit den neugewonnen Erkenntnissen gezielt abgebaut werden.

### **Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

Es sollen verschiedene Varianten von Agroforstsystemen und ihre Auswirkung auf die Ökonomie untersucht werden um festzustellen, welche Gewichtung den einzelnen Bestandteilen zukommt. Wichtig ist neben den kurzfristigen Erträgen der Zwischenstreifen die Produktion von wertvollem Holz. Dafür sollen sowohl die für dieses Ziel notwendigen Maßnahmen (verschiedene Astungsregime) und Auswirkungen (Nährstoffentzug und Nährstoffdeposition) auf das Gesamtsystem analysiert und quantifiziert werden als auch mögliche neue zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten der Baumstreifen betrachtet werden. Durch Bodenmessungen von AFS-Flächen und „normalen“ landwirtschaftlichen Flächen sowie Probenanalysen des Aufwuchses können die Nährstoffströme verglichen und die Vor- und Nachteile quantifiziert werden.

Als besondere Form der Nutzung der Zwischenstreifen zur Produktion von Energieholz sollen die Vor- und Nachteile hinsichtlich des Nährstoffregimes mit Hilfe von Nährstoffproben untersucht werden. Da es sich bei AFS um eine ökologisch besonders wertvolle landwirtschaftliche Nutzungsform handelt, sollen mögliche Naturschutzmaßnahmen und ihre Realisierbarkeit z.B. als Ausgleichsmaßnahme, Erosionsschutz u.ä. näher beleuchtet werden.



## ***Ergebnisse und Diskussion***

Innerhalb des Projekts konnte eine Minderung der Wasser- und Bodenerosion und damit des Nährstoffaustrags durch Baumstreifen festgestellt werden. Im Vergleich zu einer gewöhnlichen Ackerfläche konnte der Nährstoffaustrag im AFS um bis zu über 90 % reduziert werden. Bezüglich der Wertholzproduktion wurden verschiedene Astungssysteme im Hinblick auf Zeitaufwand sowie Einfluss auf die Qualität des erzeugten Holzes untersucht. Vor- und Nachteile hinsichtlich Auswirkungen auf das Wachstum, sowie die Qualitätsentwicklung des Baumes konnten für verschiedene Astungsvarianten festgestellt werden. Die Funktion als Kohlenstoffspeicher von AFS mit Wertholz und/oder Biomasseproduktion mit schnellwachsenden Baumarten wurde anhand von Versuchsflächendaten quantifiziert und Möglichkeiten aufgezeigt wie AFS als dauerhafte Kohlenstoffsinken bewirtschaftet werden können. Terrestrisches Laserscanning wurde als innovative technische Lösung zur Erfassung der Biomasseproduktion eingesetzt, bei dessen Durchführung festgestellt wurde, dass bei dem momentanen Stand der Software für einen praktischen großflächigen Einsatz das System noch verbessert werden muss. AFS bieten die Möglichkeit den Natur- und Ressourcenschutz auf intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen zu verbessern. Zur Optimierung des Naturschutzes in AFS wurde ein Maßnahmenkatalog erarbeitet und die enthaltenen Vorschläge auf ihre Realisierbarkeit hin überprüft. Interviews von Landwirten und kommunalen Vertretern ergaben, dass AFS grundsätzlich als sinnvolle Art der Landbewirtschaftung angesehen werden und besondere Potenziale für den Ressourcen -und Naturschutz bieten. Bestehende Hemmnisse für die Realisierung von AFS, wie z.B. Angst vor Behinderung der Arbeiten durch Bäume, gesetzlich unsichere Stellung von AFS, wurden erfragt, um in Zukunft gezielt Vorbehalte gegenüber AFS abbauen zu können. Anhand ökonomischer Betrachtungen wurde nachgewiesen, dass die Wertholzproduktion in sich rentabel ist und AFS mit Wertholzproduktion in Zukunft mit den Deckungsbeiträgen reinen Ackerbaus konkurrieren können. Je nach Standortgüte und Preislage für die Agrarprodukte ist dies heute schon der Fall. In Beschattungsversuchen wurde festgestellt, dass die untersuchten Kulturen (Mais, Wintergerste, Grünland) bis zu einer ca. 25 % Beschattung keine Ertragseinbußen zeigen. Ist die einfallende Gesamtlichtmenge um 50 % reduziert, zeigen die genannten Kulturen hingegen deutliche Einbußen in den Trockenmasseerträgen. Die Nährstoffentzüge durch die Wertholzproduktion sowie Biomasseerzeugung mit schnellwachsenden Bäumen in AFS wurden quantifiziert. Durch kompartimentsweise Probennahme und Analyse konnten für drei Edellaubholzarten (Ahorn, Esche, Kirsche) sowie vier Pappelklone die Nährstoffkonzentrationen in Rinde, Holz und Reisig bestimmt werden. Im Vergleich zu herkömmlicher intensiver Landwirtschaft ist der Nährstoffbedarf- bzw. Export durch die Wertholzträger deutlich geringer. Eine Düngung der Fläche ist nicht erforderlich. Auch die Biomasseproduktion entzieht der Fläche weniger Nährstoffe als z.B. eine Maiskultur.

### **Bewertung des Projekts**

Die in diesem Projekt gewonnenen Daten und Ergebnisse sind als überaus positiv einzustufen. Wie geplant konnten viele noch offene Fragen zu der Thematik AFS geklärt werden, positive Auswirkungen von AFS aus Sicht des Umweltschutzes (Natur-, Arten-, Wasser- und Bodenschutz) quantifiziert werden, Naturschutzleistungen und zusätzliche Ertragsmöglichkeiten, zum Beispiel durch die Möglichkeit der Wertholzproduktion optimiert werden. Vor dem Hintergrund der kurzen Projektlaufzeit wurde ein außergewöhnlich breites Spektrum an Themen bearbeitet. Unterschiedlichste wissenschaftliche Methoden kamen zum Einsatz um die verschiedenen Teilbereiche innerhalb des Projekts zu bearbeiten: Die Vielfalt der Forschungsmethoden und Ergebnisse spiegelt die Komplexität von AFS wider. Nur durch eine solch umfassende Betrachtungs- und Herangehensweise ist es möglich die Interaktionen der Bestandteile eines AFS zu erfassen und zu bewerten. Die oben aufgeführten Ergebnisse zeigen, dass dies innerhalb des Projekts gelungen ist. Da viele der Daten, auf denen die Ergebnisse basieren jedoch nur eine Vegetationsperiode umfassen, müssen Teile der Ergebnisse durch längerfristige Beobachtungen bestätigt werden.



## **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

### **Tagung:**

Im Rahmen des Projektes Multifunktionale Bewertung von Agroforstsystemen fand am 06.10.2010 unter dem Titel „Agroforstsysteme – Eine Chance für Bewirtschafter, Natur und Landschaft“ eine abschließende Tagung in Freiburg i. Br. statt. Zielgruppe waren Landwirte, Kommunen, Ministerien, Landschaftsplaner, Naturschutz, Flurbereinigungsbehörden, Holzverarbeiter, u.a.. Die große Teilnehmerzahl zeigt das rege Interesse an der Thematik

### **Publikationen aus dem Projekt:**

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit sind bereits folgende Artikel in Fachzeitschriften erschienen:

- Springmann, S., Morhart, C., Spiecker, H., Oelke, M., Konold, W., Seidl, F. & Mastel, K. 2010: Agroforstsysteme – Eine Chance für Bewirtschafter, Natur und Landschaft; AFZ- Der Wald 22; S. 24-25
- Morhart, C., Springmann, S., Spiecker, H. 2010: Ein modernes Agroforstsystem – Aufwertung von Kurzumtriebsplantagen mit Wertholzbäumen; AFZ- Der Wald 22; S. 26-28
- Kaiser, C. 2010: Wertholzbäume im Weizenfeld- Zukunftsmusik oder schon praxisreif?; BBZ 41, S.20-21
- Springmann, S., Rogers, R. & Spiecker, H. 2010: Impact of artificial pruning on growth and secondary shoot development of wild cherry (*Prunus avium* L.). Forest Ecology and Management: accepted for publication.

Weitere Publikationen zu einzelnen Themenbereichen des Projekts sind noch derzeit in Bearbeitung oder geplant.

### **Fernsehbeitrag:**

Waetzel, A. 2010: Agroforstsysteme; In: SWR- Baden-Württemberg Aktuell am 06.10.2010

### **Website:**

Projekteigene Website: <http://www.agroforst.multifunktion.uni-freiburg.de>

## **Fazit**

Die Ziele des Verbundprojektes konnten alle in dem geplanten Zeitraum erreicht werden. Mit Hilfe der im Projekt durchgeführten Grundlagenforschung wurden weitere wichtige Kenntnisse zur Anlage, Bewirtschaftung und Optimierung von Agroforstsystemen in Deutschland gewonnen. Durch intensive Öffentlichkeitsarbeit konnte das allgemeine Interesse am Thema Agroforst verstärkt und Forschungsergebnisse vermittelt werden.

In Anbetracht der kurzen Projektlaufzeit (12 Monate) konnten durch interdisziplinären Austausch außergewöhnlich viele Themenkomplexe zu Agroforstsystemen effizient und produktiv bearbeitet werden. Aufgrund der erfolgreichen Zusammenarbeit wird von den beteiligten Projektpartnern angestrebt ein Nachfolgeprojekt zu initiieren. Noch offene Fragestellungen sollen beantwortet und dem zunehmenden Interesse in Politik und landwirtschaftlicher Praxis an Agroforstsystemen Rechnung getragen werden.



## Inhaltsverzeichnis

1	Anlass und Zielsetzung des Projekts .....	1
1.1	Strukturierung der Teilarbeiten innerhalb des Verbundprojekts .....	1
2	Quantifizierung positiver Auswirkungen von AFS auf den Naturhaushalt .....	3
2.1	Einfluss von AFS auf die Bodenqualität .....	3
2.1.1	Einfluss von Agroforstsystemen auf die Bodeneigenschaften .....	3
2.1.2	Untersuchungen zu Bodeneigenschaften .....	4
2.2	AFS als Erosionsschutz .....	16
2.2.1	Gestaltung von Agroforstsystemen .....	16
2.2.2	Erosionsmessungen .....	25
2.3	Wertholzträger und Kurzumtriebsflächen als potentielle Kohlenstoffsenken .....	38
2.3.1	Einleitung .....	38
2.3.2	Ergebnisse .....	38
2.3.3	Fazit .....	40
3	Untersuchung zusätzlicher Ertragsmöglichkeiten .....	41
3.1	AFS als mögliche Kompensationsmaßnahme im Sinne des Natur- und Ressourcenschutzes .....	41
3.1.1	Kurzfassung .....	41
3.1.2	Hintergrund .....	42
3.1.3	Vorgehen .....	42
3.1.4	Ergebnisse .....	42
3.1.5	Zusammenfassung und Fazit .....	55
3.1.6	Möglichkeiten der Anerkennung von Agroforstsystemen .....	58
3.2	Nutzung des Baumstreifens für zusätzliche jährliche Erträge .....	62
3.2.1	Nutzungsmöglichkeiten .....	62
3.2.2	Naturschutzfachliche Bewertung .....	68
4	Untersuchungen zur Optimierung der Holzproduktion .....	78
4.1	Methoden zur Erziehung von furnierfähigem Holz .....	78
4.1.1	Retrospektive Analysen an Überwallungszonen .....	78
4.1.2	Untersuchung unterschiedlicher Astungsregime .....	84
4.1.3	Auswirkung der Ästungsvarianten auf Durchmesserwachstum, Höhenwachstum und Wasserreiserentwicklung an Kirsche .....	90
4.1.4	Wasserreiserentwicklung .....	93
4.2	Kurzumtrieb als Möglichkeit der Zwischennutzung .....	95
4.2.1	Erfassung von Biomasse mit Hilfe terrestrischen Laserscannings .....	95
5	Optimierung von Naturschutzleistungen in AFS .....	104
5.1	Katalog: Naturschutzmaßnahmen in AFS und ihre Realisierbarkeit .....	104
5.1.1	Kurzfassung .....	104
5.1.2	Vorgehen .....	105
5.1.3	Nutzung der Bäume .....	105
5.1.4	Nutzung der landwirtschaftlichen Komponente des AFS .....	110
5.1.5	Nutzung des Baumstreifens und vorhandene Randflächen .....	111
5.1.6	Anlage von einzelnen Sträuchern und/oder ganzen Hecken .....	112
5.1.7	Einsaat gebietsheimischer Gräser und Kräuter; Anlage eines Blühstreifens .....	124



---

5.1.8	Biotopbäume.....	127
5.1.9	Verzicht auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf dem Baumstreifen .....	128
5.1.10	Weitere Maßnahmen .....	128
6	Steigerung der Akzeptanz von AFS bei Landwirten .....	130
6.1	Befragung von Landnutzern .....	130
6.1.1	Kurzfassung.....	130
6.1.2	Ergebnisse.....	133
6.1.3	Folgerungen .....	138
6.2	Ökonomische Machbarkeit .....	143
6.2.1	Einleitung.....	143
6.2.2	Ziele der Arbeitsstudie .....	143
6.2.3	Beschreibung des Arbeitsverfahrens .....	143
6.2.4	Erhebung der Bezugsdaten .....	145
6.2.5	Erhebung der Leistungsdaten .....	146
6.2.6	Ergebnisse.....	146
6.2.7	Fazit.....	148
6.2.8	Erlössituation im Wertholzsektor .....	149
6.2.9	Fazit.....	155
6.2.10	Ökonomische Betrachtung von mit Pappeln bestockten Kurzumtriebsflächen .....	157
6.2.11	Ökonomische Machbarkeitsüberprüfungen mit Versuchsflächendaten .	170
6.3	Auswirkung der Beschattung auf landwirtschaftliche Kulturen .....	180
6.4	Messung des Nährstoffentzugs durch Wertholzträger und Kurzumtrieb.....	196
6.4.1	Einleitung.....	196
6.4.2	Versuchsflächenbeschreibung .....	196
6.4.3	Probennahme .....	197
6.4.4	Ergebnisse und Diskussion.....	198
6.4.5	Bewertung der Eignung des Kurzumtriebsholzes und des Kronenholzes der Wertholzträger für die thermische Verwertung .....	205
6.4.6	Wirkung von Wertholzträgern und Kurzumtrieb auf die Nährstoffverfügbarkeit landwirtschaftlicher Flächen .....	209
7	Ergebnisse und Diskussion .....	214
8	Öffentlichkeitsarbeit .....	216
9	Fazit .....	217
10	Literaturverzeichnis .....	218
11	Abbildungsverzeichnis .....	236
12	Tabellenverzeichnis .....	239
13	Anhang.....	241



# 1 Anlass und Zielsetzung des Projekts

Agroforstsysteme (AFS) kombinieren land- und forstwirtschaftliche Produktion auf derselben Fläche. Trotz ihrer weltweiten Verbreitung und den zahlreichen nachgewiesenen Vorzügen hinsichtlich Ökologie und Ökonomie werden AFS auch in der heutigen Zeit viele Vorbehalte entgegengebracht. Das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderte Verbundprojekt setzte genau an diesem Punkt an. Wirkungen von AFS wurden untersucht, um die Grundlage für deren Bewertung zu verbessern sowie Hemmnisse und Vorurteile von Landnutzern abzubauen.

Im Vorfeld des Projektes wurde eruiert wo genau Forschungsbedarf hinsichtlich der Vorzüge von AFS besteht. Diese sind die Quantifizierung positiver Auswirkungen von AFS aus Sicht des Umweltschutzes (Natur-, Arten-, Wasser- und Bodenschutz), die Optimierung von Naturschutzleistungen und zusätzliche Ertragsmöglichkeiten, zum Beispiel durch die Möglichkeit der Wertholzproduktion.

Anhand von Versuchs- und Demonstrationsflächen soll die Bewirtschaftung von AFS interdisziplinär und praxisorientiert untersucht werden. Für hiesige Rahmenbedingungen sollte das ökonomische und ökologische Potenzial dieser kombinierten Landnutzungsform aufgezeigt werden.

## **1.1 Strukturierung der Teilarbeiten innerhalb des Verbundprojekts**

Der umfangreiche Themen- und Forschungskatalog, den es von den Projektpartnern zu bearbeiten galt, wurde wie in Abbildung 1 dargestellt gegliedert. Der vorliegende Abschlussbericht ist nach den 5 großen Themenkomplexen geordnet. Diese wurden in verschiedenen Arbeitspaketen, welche institutionell zugeordnet waren, bearbeitet.

### **Themenkomplexe:**

- Quantifizierung positiver Auswirkungen von AFS aus Sicht des Naturschutzes
- Untersuchung zusätzlicher Ertragsmöglichkeiten
- Untersuchungen zur Optimierung der Holzproduktion
- Optimierung von Naturschutzleistungen in AFS
- Steigerung der Akzeptanz von AFS bei Landwirten

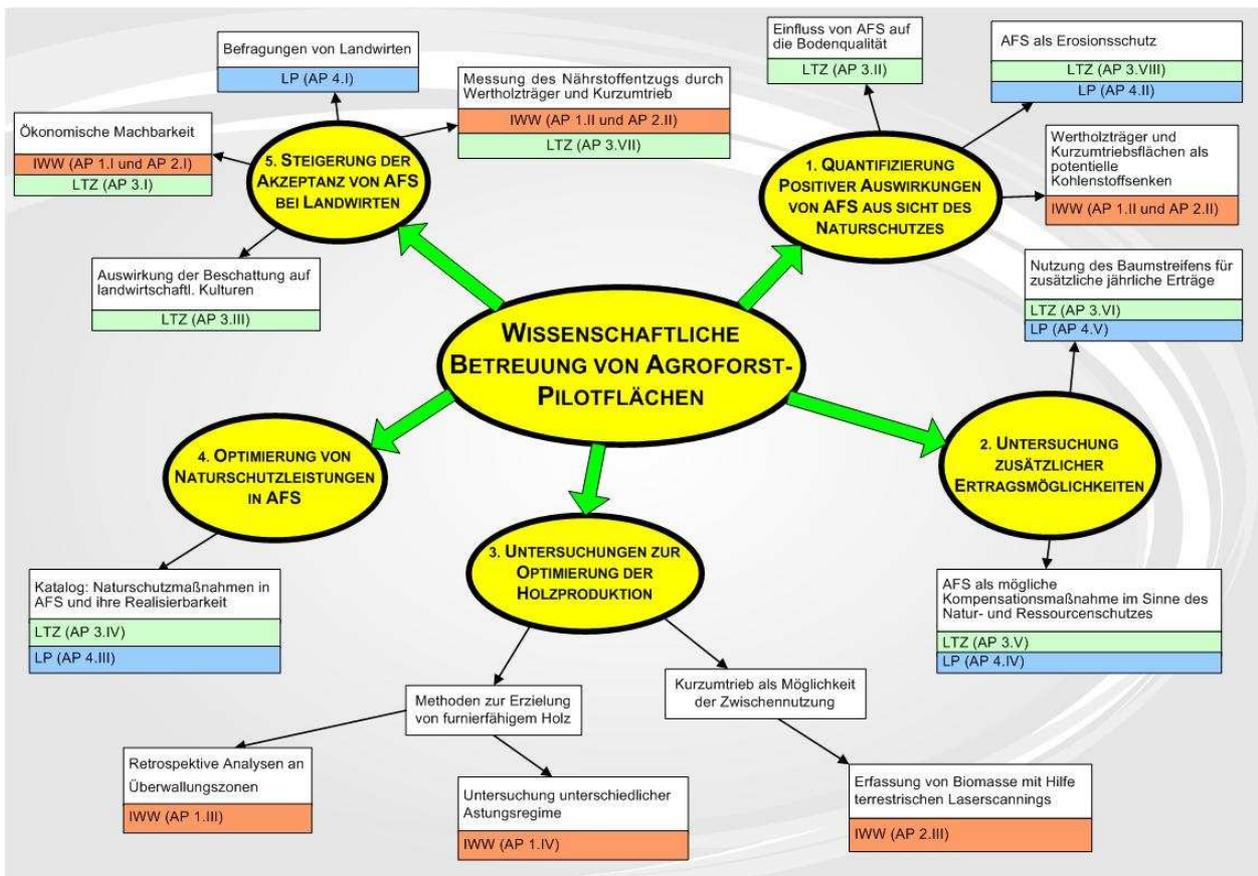


Abbildung 1: Übersicht über das Projekt und die darin enthaltenen Teilarbeiten



## 2 Quantifizierung positiver Auswirkungen von AFS auf den Naturhaushalt

### 2.1 Einfluss von AFS auf die Bodenqualität

#### 2.1.1 Einfluss von Agroforstsystemen auf die Bodeneigenschaften

Frieder Seidl

##### 2.1.1.1 Einleitung

In diesem Teilbereich wurde der Einfluss der Bäume in Agroforstsystemen (AFS) auf die Bodeneigenschaften Humusgehalt, pH-Wert und Porengrößenverteilung untersucht und der aktuelle wissenschaftliche Stand zu dieser Thematik aufgearbeitet. Da insbesondere zu silvoarablen Agroforstsystemen in Mitteleuropa kaum Daten vorliegen, wurden anhand von Agroforst-Pilotflächen hierzu erstmalig in Deutschland Bodenproben in modernen silvoarablen Agroforstsystemen entnommen. Diese wurden auf die genannten Parameter untersucht, um Vergleichswerte für nachfolgende Untersuchungen zu erhalten.

Die Bedeutung des Humus liegt in der Verbesserung nahezu aller Bodeneigenschaften, insbesondere der Speicherung von Nährstoffen und Wasser, des Filter- und Puffervermögens, der biologischen Aktivität sowie des Bodengefüges (LAP 2005a). Der pH-Wert lässt Rückschlüsse auf die Nährstoffverfügbarkeit und damit auf das Pflanzenwachstum zu, und die Porengrößenverteilung hat unter anderem auf das Wasserspeichervermögen eines Bodens Einfluss (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

##### 2.1.1.2 Stand des Wissens

Im Folgenden wird ein Überblick über vorhandene Versuchsergebnisse aus der gemäßigten Klimazone gegeben.

AFS können durch den Laubfall und den Feinwurzelumsatz zu einer Steigerung der Humusgehalte beitragen. Die Bewirtschaftung in AFS kann bei permanentem Bewuchs der Baumstreifen grundsätzlich die Akkumulation von organischer Substanz in Böden erhöhen (UDAWATTA ET AL. 2008). Die Baumstreifen in silvoarablen AFS weisen in der Regel höhere Humusgehalte auf als Böden unter landwirtschaftliche Kulturen (SAUER ET AL. 2007). Auch in silvopastoralen Agroforstsystemen wurden höhere Humusgehalte im Boden als auf baumlosen Flächen festgestellt und auf den schnellen Umsatz des Laubes und der Wurzeln der Bäume - in diesem Fall Birken - zurückgeführt (FERNANDEZ-NUNEZ 2007). Böden in AFS mit 10-jährigen Eichen (*Quercus palustris*) wiesen einen höheren Gesamtkohlenstoffgehalt im Oberboden (0-10 cm) auf. In einem Abstand von 40 cm vom Stamm wurde ein Gesamtkohlenstoffgehalt von mehr als 2,25 % gemessen, in der Ackerfläche dagegen weniger als 2 %. Auch ein höherer Prozentsatz an wasserstabilen Bodenaggregaten sowie eine höhere Enzymaktivität im Boden unter Baumstreifen konnten in dieser Untersuchung festgestellt



werden (UDAWATTA ET AL. 2008). Bei einem Vergleich der Porengrößenverteilung von Böden in silvopastoralen AFS zeigte sich, dass der Boden in den Baumstreifen eine um 11 % höhere Gesamtporosität aufwies, was insbesondere durch einen erhöhten Anteil an Makroporen bedingt ist. Dieser wird durch das Wurzelsystem der Bäume erzeugt und ermöglicht unter anderem eine höhere Infiltrationsrate des Regenwassers. Die Probennahme in den Baumstreifen erfolgte hierfür in einem Abstand von 20 cm vom Stamm (KUMAR ET AL. 2008).

## 2.1.2 Untersuchungen zu Bodeneigenschaften

### 2.1.2.1 Material und Methoden

Untersuchungsflächen (siehe Tabelle 1):

Eine Probennahme erfolgte zunächst auf den Praxisflächen Blaufelden und Karlsruhe-Stupferich. Da auf den ursprünglich im Projektantrag vorgesehenen Flächen Breisach und Sinsheim zum Zeitpunkt der Probennahme keine landwirtschaftliche Nutzung stattfand, wurde auf eine Probennahme verzichtet. Aus Mangel an älteren silvoarablen Agroforstsystemen konnte hierfür nur eine Ersatzfläche (Groß Zecher) zur Beprobung herangezogen werden. Untenstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die Agroforstflächen, auf denen im Rahmen des Projekts Bodenanalysen durchgeführt wurden.

Tabelle 1: Übersicht der beprobten Praxisflächen

Flächen- Nummer	Ort	Art des Agroforstsystems	Datum der Probennahme
Fläche 1	Blaufelden	silvoarabel mit Wertholz	18.11.2009
Fläche 2a	Karlsruhe-Stupferich	silvoarabel mit Wertholz	17.11.2009
Fläche 2b	Karlsruhe-Stupferich	silvoarabel mit Kurzumtrieb	17.11.2009
Fläche 3	Groß Zecher	silvoarabel mit Wertholz	16.04.2010

Beschreibung der Untersuchungsflächen:

#### Fläche 1: Blaufelden (Abbildung 2)

- Lage der Fläche: Blaufelden liegt auf der Hohenloher Ebene im Landkreis Schwäbisch Hall (Baden-Württemberg)
- Standort: Höhe: 460 m üNN; Jahresniederschlag: 700 mm; Bodenart: schluffiger Lehm mit steinigem Untergrund; Bodenpunkte: 35 - 40.

Die Pflanzung der Bäume auf der Agroforstfläche in Blaufelden erfolgte im Jahr 2006. Die Baumreihen verlaufen in Nord-Süd-Richtung. An Baumarten sind u.a. Speierling, Kirsche, Wildapfel, Wildbirne, Eberesche und Walnuss gepflanzt. Der Abstand zwischen den etwa 1 m breiten Baumstreifen beträgt 24 m (Anpassung an Arbeitsbreite) und der Abstand zwischen den Bäumen

15 m. Die landwirtschaftliche Nutzung auf den Ackerstreifen besteht zur Zeit aus einer kleinräumigen Mischung mit Wildkräutern (Kornblumen), Arzneipflanzen, und Getreide. Die Düngung der Fläche erfolgte sehr extensiv. Genaue Daten zu Düngemengen waren aber aufgrund der Vielfalt an Kulturen, die angebaut werden, nicht verfügbar.

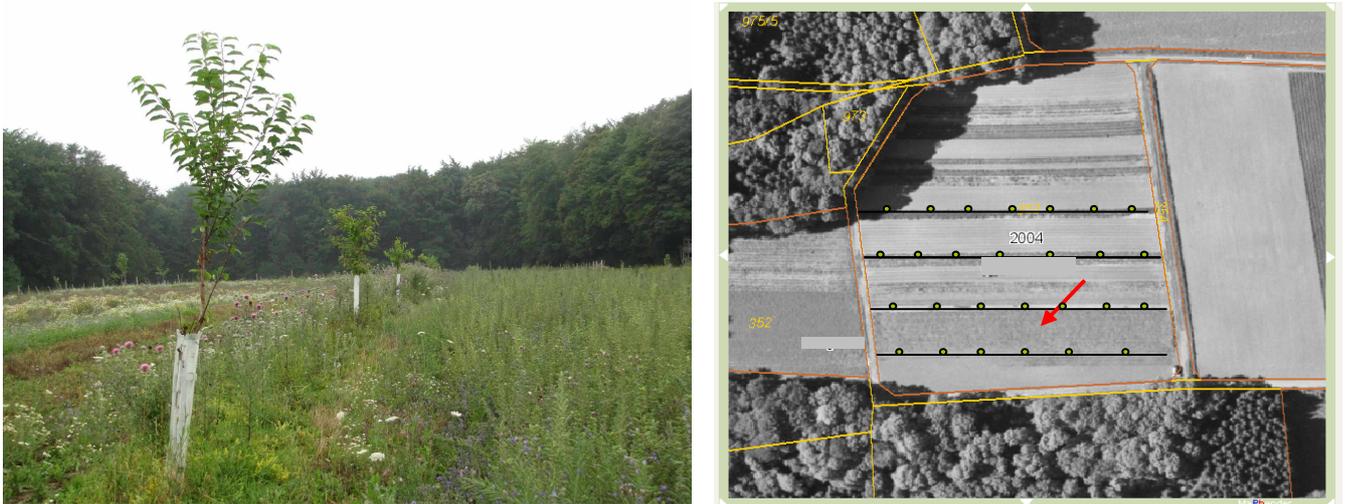


Abbildung 2: Agroforstfläche Blaufelden (Bild: M.OELKE 2010) rechts Luftbild und Skizze der Anlage. Der rote Pfeil markiert den Ort der Probenahme.

#### Flächen 2a und 2b: Karlsruhe-Stupferich (Abbildung 3 und Abbildung 4)

- Lage der Fläche: Karlsruhe-Stupferich ist ein Stadtteil der Stadt Karlsruhe (Baden-Württemberg)
- Standort: Höhenlage: 250 m üNN.; Jahresniederschlag: 720 mm; Bodenart: toniger Lehm; Bodenpunkte: 65 - 70.

Bei der Fläche in Karlsruhe-Stupferich handelt es sich um eine von insgesamt drei Agroforstdemonstrationsflächen des Landwirtschaftlichen Technologiezentrums Augustenberg (LTZ). Die Fläche wurde im Frühjahr 2009 angelegt. Hierfür wurde eine Obstanlage aus den 1960er Jahren gerodet. Auf der Teilfläche wurde ein silvoarables AFS mit Streifen von Werthölzern (Teilfläche 2a, siehe Bild 2) (z.B. Bergahorn, Wildkirsche, Hybridnuss) und Streifen von Kurzumtriebshölzern (Teilfläche 2b, siehe Bild 3) (Pappel „AF2“) etabliert. In der Reihe weisen die Wertholzbäume einen Abstand von 15 m auf. Die Pappeln im Kurzumtriebsstreifen sind im Pflanzverband 2 m x 0,7 m angelegt. Zur Zeit der Probenahme war die Ackerfläche mit Wintergerste eingesät. Die letzten Düngergaben vor der Probenahme erfolgten im April und Mai 2009 mit Kalkammonsalpeter (je 54 kg N/ha) in der Vorfrucht (Hafer) (siehe auch Tabelle 2).



Tabelle 2: Kulturarten und Düngemengen auf der Agroforstfläche KA-Stupferich (2009-2010)

Erntejahr	Kultur	Düngemenge (Nährstoffe kg/ha) Grunddüngung NPK	Düngemenge (Nährstoffe kg/ha) Kalkammonsalpeter (KAS)
2009	Hafer	keine	4 dt/ha (108 kg N/ha)
2010	Wintergerste	5 dt/ha (65 kg N, 45 kg P, 80 kg K, 20 kg Mg)	4 dt/ha (108 kg N/ha)



Abbildung 3: Agroforstfläche KA-Stupferich (links Wertholzstreifen, rechts Kurzumtriebsstreifen) (Bilder: A.CHALMIN)

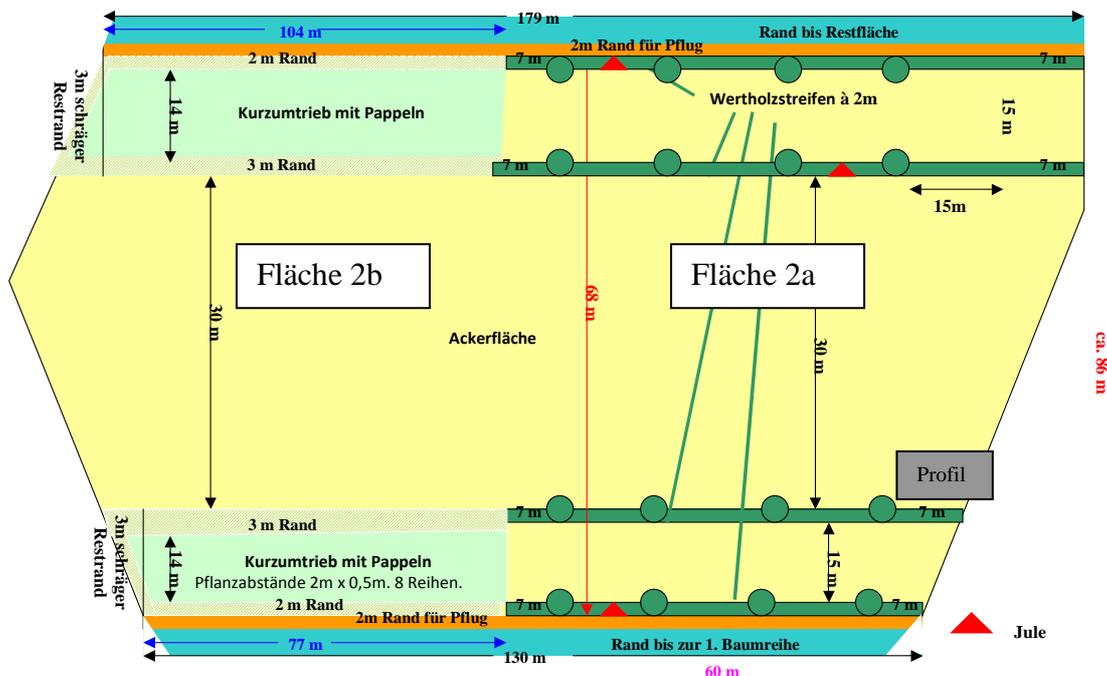


Abbildung 4: Skizze der beiden Teilflächen 2a (rechts) und 2b (links). Die Bodenprobennahme erfolgte hier im 30 m breiten Mittelstreifen (rote Pfeile). Das graue Kästchen stellt die Position des Bodenprofils für die Bestimmung der Porenverteilung anhand eines Bodenprofils dar.



### Fläche 3: Groß Zecher (Abbildung 5)

- Lage der Fläche: Groß Zecher liegt im Landkreis Ratzeburg am Schaalsee, südlich von Lübeck (Schleswig-Holstein)
- Standort: Höhe: 39 - 48 m üNN; Jahresniederschlag: 680 mm; Bodenart: lehmiger Sand; Bodenpunkte: ca. 25.

Das AFS Groß Zecher wurde im Jahr 2003 angelegt. Es besteht aus 7 Baumreihen mit Ackernutzung und 3 Referenzbaumreihen (ohne landwirtschaftliche Nutzung) auf einer Fläche von insgesamt 7 ha. Die Baumreihen sind halbkreisförmig am Relief ausgerichtet. Der Abstand zwischen den Baumreihen beträgt 28 m (26 m Bearbeitungsbreite) und der Baumabstand innerhalb der Reihen 3 m. Eine Ausdünnung auf 6 und 9 m ist geplant. Die Baumstreifen sind 2 m breit und werden gemäht. An Baumarten wurden vor allem Bergahorn und Sorbus-Arten, aber auch Obstbäume und exotische Arten wie Eisenholzbaum, Nymphenbaum oder Zuckerahorn gepflanzt. Die ackerbauliche Nutzung erfolgte in den letzten Jahren überwiegend mit Roggen. Nach Aussage des Bewirtschafters ist die Fläche von der Bodenqualität sehr schwach. Der Ertrag im Jahr 2009 beim Winterroggen lag bei lediglich 2 t TM/ha.

Tabelle 3: Kulturarten und Düngemengen auf der Agroforstfläche Groß Zecher (2008-2010)

Erntejahr	Kultur	Düngemenge (Nährstoffe kg/ha) schwefelsaurer Ammoniak (SSA)	Düngemenge (Nährstoffe kg/ha) Kalkammonsalpeter (KAS)
2008	Winterroggen	1,5 dt/ha (31,5 kg N/ha)	3 dt/ha (81 kg N/ha)
2009	Winterroggen	1,5 dt/ha (31,5 kg N/ha)	3 dt/ha (81 kg N/ha)
2010	Sommergerste	0	2 dt/ha (54 kg N/ha)



Abbildung 5: Agroforstfläche Groß Zecher (3) (Bilder: M.OELKE, GOOGLE EARTH). Der rote Pfeil markiert den Ort der Probenahme.



### 2.1.2.2 Probennahme

Die Messungen wurden jeweils im mittleren Bereich der AFS durchgeführt, um Randwirkungen zu minimieren (siehe Skizzen der Flächen). Hierzu wurden Mischproben ohne Wiederholung mit dem Pürckhauer Bohrstock entnommen. Die Probennahme erfolgte jeweils auf einem Baumstreifen sowie im Abstand von 1 m, 5 m und 15 m = Mitte zwischen zwei Baumstreifen. Die Proben wurden nach 0-30, 31-60 und 61-90 cm Bodentiefe getrennt auf pH-Wert und Humusgehalt untersucht. Die unten genannten Parameter wurden nach VDLUFA-Methode (VDLUFA 1991) am LTZ Augustenberg analysiert.

Auf der Fläche 2 wurden im Juni zusätzlich ungestörte Proben zur Ermittlung des Porenvolumens zwischen den Wertholzstreifen entnommen. Hierfür wurde ein Bodenprofil mit Hilfe eines Baggers ausgehoben. Nach Glättung der Profilwand wurden in senkrechten Abständen von jeweils 3 cm Stechringe ( $100 \text{ cm}^3$ ) in den Boden eingetrieben, an der Bodenoberfläche senkrecht (1 Probe), nachfolgend waagrecht, so dass bis zum Profilgrund 32 Stechzylinder entnommen wurden. Sie wurden unmittelbar nach der Entnahme luftdicht verschlossen.

Anhand dieser Proben wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Bestimmung der Feuchtmasse bei Entnahme,
- Wassersättigung und nachfolgende Entwässerung bei einer Saugspannung von 63 hPa (pF 1,8) auf der Sandbox,
- Nochmalige Wassersättigung und Entwässerung bei einem Überdruck von 300 hPa (pF 2,5) im Drucktopf auf keramischer Platte,
- Probenteilung und Bestimmung der Wassergehalte bei pF 2,5 an Teilprobe 1 durch Trocknung bei 105 °C,
- Überführung von Teilprobe 2 (Scheibe von ca. 1 cm Höhe) auf eine keramische Platte und Entwässerung im Drucktopf bei einem Überdruck von 1,5 MPa (pF 4,2), danach Bestimmung der Feuchtmasse, Trocknung bei 105 °C und Bestimmung der Probentrockenmasse,
- Überführung von Teilprobe 1 in Bechergläser, nochmalige Trocknung bei 105 °C, Bestimmung der Trockenmasse, Überstau der Proben mit Wasser, Entlüftung durch Erhitzen auf 80 °C (16 h), Überführung in großvolumige Pyknometer und gravimetrische Bestimmung der Kornrohddichte  $\rho_F$  nach VDLUFA (2009) analog DIN ISO 11508 (DIN 2002).
- 

Aus den Messdaten wurden je Probe folgende Bodenparameter berechnet:

Trockenrohddichte  $\rho_t$ , Volumenanteile an Wasser bei Entnahme der Proben, bei pF 1,8 (= Feldkapazität 1, FK 1), bei pF 2,5 (= FK 2) und bei pF 4,2 (am permanenten Welkepunkt, PWP); nutzbare Feldkapazität nFK 1 (= Differenz der Wassergehalte bei pF 1,8 und am PWP), nFK 2 (= Differenz der Wassergehalte bei pF 2,5 und am PWP), Porenanteil (PA) ( $PA = (1 - \rho_t / \rho_F)$ ), Luftkapazität LK 1 (= PA - FK 1) und LK 2 (= PA - FK 2).

Die getrennte Bestimmung der jeweils mit den Nummern 1 und 2 gekennzeichneten Parameter wurde deshalb vorgenommen, weil umstritten ist, ob das mit einem Potential  $< pF 2,5$  gebundene, also in langsam entwässernden Poren befindliche Wasser, zur Feldkapazität gerechnet werden kann oder nicht. In gut wasserzügigen Böden scheint das nicht der Fall zu sein.



### 2.1.2.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Fläche Blaufelden (Fläche 1) weist im Baumstreifen in allen Tiefen höhere Humusgehalte auf als auf der Ackerfläche. So beträgt der Humusgehalt in der obersten Bodenschicht (0-30 cm) 3,1 % und nimmt bis zur Mitte zwischen den Baumstreifen auf 2,1 % in der obersten Bodenschicht ab. Auch der pH-Wert weist in der Mitte zwischen den Baumstreifen den niedrigsten Wert auf (siehe Tabelle 3 und Abbildung 8).

Die Flächen 2a und 2b wurden im Jahr 2009 neu angelegt und ein vorhandener Obstbaumbestand gerodet. Ein Teil der Wurzelmasse der Obstbäume sowie Reste des umgebrochenen Grünlandes befinden sich daher noch im Boden. Die Ergebnisse stellen in diesem Fall nur einen Startwert der Fläche dar. Die Ergebnisse bei den Humuswerten sind für Ackerflächen aufgrund der Vorgeschichte der Fläche ungewöhnlich hoch. Auf eine grafische Darstellung wurde daher verzichtet. Interessant wird auf diesen Flächen bei wiederholten Messungen der Vergleich von Baumstreifen mit schnellwachsenden Bäumen und solchen mit Wertholzbäumen. Aufgrund des hohen Zuwachses von Pappeln und des damit verbundenen stärkeren Laubfalls ist eventuell bereits in den ersten Jahren mit einer verstärkten Humusakkumulation zu rechnen, während sich der Einfluss der vergleichsweise langsam wachsenden Werthölzer erst nach längerer Zeit bemerkbar macht. Gleiches gilt vermutlich auch für das Wachstum und den Einfluss der Baumwurzeln. Die Vorgeschichte der Fläche muss insbesondere im Hinblick auf den Humusgehalt bei einer späteren Auswertung berücksichtigt werden. Ein Unterschied zu den Werten bei Anlage der Fläche ein Jahr zuvor ist noch nicht zu erkennen.

Der Humusgehalt der Fläche 3 liegt aufgrund des sandigen Substrats durchgehend unter 2 %, ebenso sind die pH-Werte im leicht sauren Bereich angesiedelt. In Abbildung 7 wird deutlich, dass der Humusgehalt mit dem Abstand zum Baumstreifen leicht ansteigt. Dies ist dadurch zu erklären, dass bei der Getreideernte das Stroh auf der Fläche verblieben ist. Ein Einfluss der Baumstreifen auf den Humusgehalt konnte demnach noch nicht festgestellt werden. Die Ernte des Jahres 2010 (Sommergerste) verblieb auf dem Feld, da das Korn aufgrund der großen Hitze nicht nutzbar war. Von Seiten des Bewirtschafters wird aufgrund der geringen Erträge zudem überlegt im kommenden Jahr statt Roggen nur eine Grünbrache anzulegen. Dies muss bei einer erneuten Probennahme auf dieser Fläche berücksichtigt werden.



Tabelle 3: Ergebnisse der Bodenanalysen (Humusgehalt und pH-Wert in Abhängigkeit vom Abstand zu den Baumstreifen)

Datum der Probennahme	Fläche	Bodenart	Bodentiefe [cm]	Abstand 0 m		Abstand 1 m		Abstand 5 m		Mitte zw. zwei Baumstr.	
				Humus %	pH-Wert	Humus %	pH-Wert	Humus %	pH-Wert	Humus %	pH-Wert
18.11.2009	1	uL	0-30	3,10	6,60	2,80	6,60	2,80	6,50	2,10	5,87
	1	uL	31-60	2,00	6,70	1,90	6,70	1,70	6,70	1,30	5,90
	1	uL	61-90	1,70	6,80	1,40	6,90	1,20	6,70	0,90	6,00
17.11.2009	2a	tL	0-30	4,31	6,60	3,94	7,20	4,89	7,20	4,10	7,00
	2a	tL	31-60	2,65	7,00	2,15	7,30	1,73	7,40	2,00	7,10
	2a	tL	61-90	0,83	7,40	0,79	7,50	0,47	7,60	1,00	7,60
17.11.2009	2b	tL	0-30	4,15	6,30	3,71	5,70	3,54	6,10	3,60	6,00
	2b	tL	31-60	2,33	6,60	2,6	6,00	2,42	6,10	2,40	6,60
	2b	tL	61-90	0,80	7,20	0,96	7,00	0,75	6,80	0,88	7,20
16.04.2010	3	l'S	0-30	1,10	4,90	1,60	4,80	1,40	5,30	1,80	5,20
	3	l'S	31-60	0,40	5,70	0,70	5,10	1,00	5,30	1,00	5,30
	3	l'S	61-90	0,30	5,90	0,50	5,60	0,40	5,70	0,40	5,40

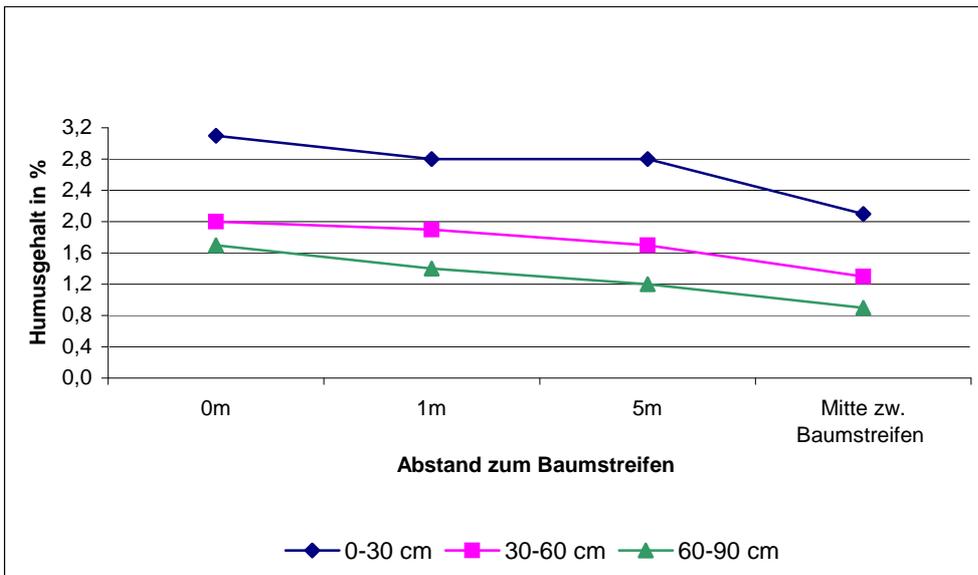


Abbildung 6: Humusgehalte auf Fläche 1 (Blaufelden) in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen

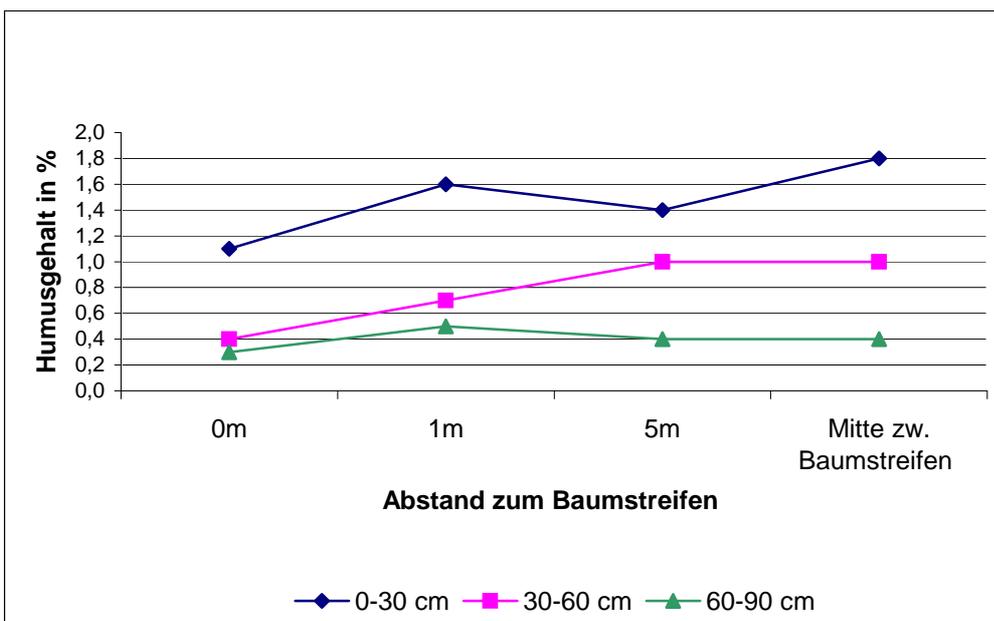


Abbildung 7: Humusgehalte auf Fläche 3 (Groß Zecher) in verschiedenen Bodentiefen und in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen

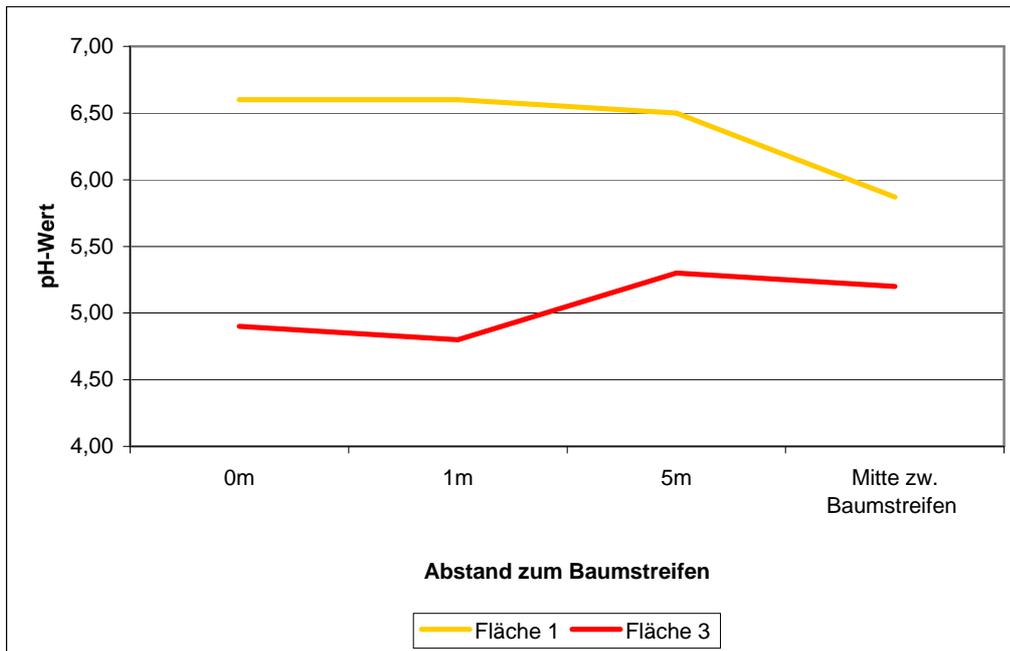


Abbildung 8: pH-Werte der Flächen 1 und 3 (Blaufelden, Groß Zecher) in der oberen Bodenschicht in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen

#### **Porengrößenverteilung Fläche 2a** (Untersuchung und Bericht: Dr. B. Deller, LTZ Augustenberg)

Der Wassergehalt am Permanenten Welkepunkt (PWP, Feinporen,  $pF > 4,2$ , s. auch Abbildung 9) liegt bis 48 (54) cm Tiefe durchweg über 24 %, mit dem Spitzenwert von ca. 34 % in 15-21 cm. Nach DIN (2008) sind solche Werte von tonigen Lehmen zu erwarten (Lt<sub>2</sub>, Lt<sub>3</sub>, Lts), der Spitzenwert von einem Tonboden (TI-Tt).

Unterhalb dieser Tiefe geht der Feinporenanteil deutlich zurück auf Werte meist um 15 %, wie sie tonärmeren Materialien zugeschrieben werden.

Als Feldkapazität (FK) wird normalerweise das in Fein-, Mittel- und engen Grobporen gebundene Wasser angesehen (FK 1,  $pF > 1,8$  (DIN 2008)). Es wird im vorliegenden Fall maßgeblich vom Gehalt an nicht-pflanzenverfügbarem Wasser beeinflusst, so dass sich dessen Variation über die Tiefe auch in diesem Parameter deutlich widerspiegelt. Sie liegt folglich in den oberen Bodenschichten mit durchweg über 40 % am höchsten und reduziert sich bis zum Profilgrund auf Werte um 30 %. Auch das ist mit dem o.g. Wechsel in der Bodenart und der mit zunehmender Tiefe steigenden Trockenrohdichte begründbar.

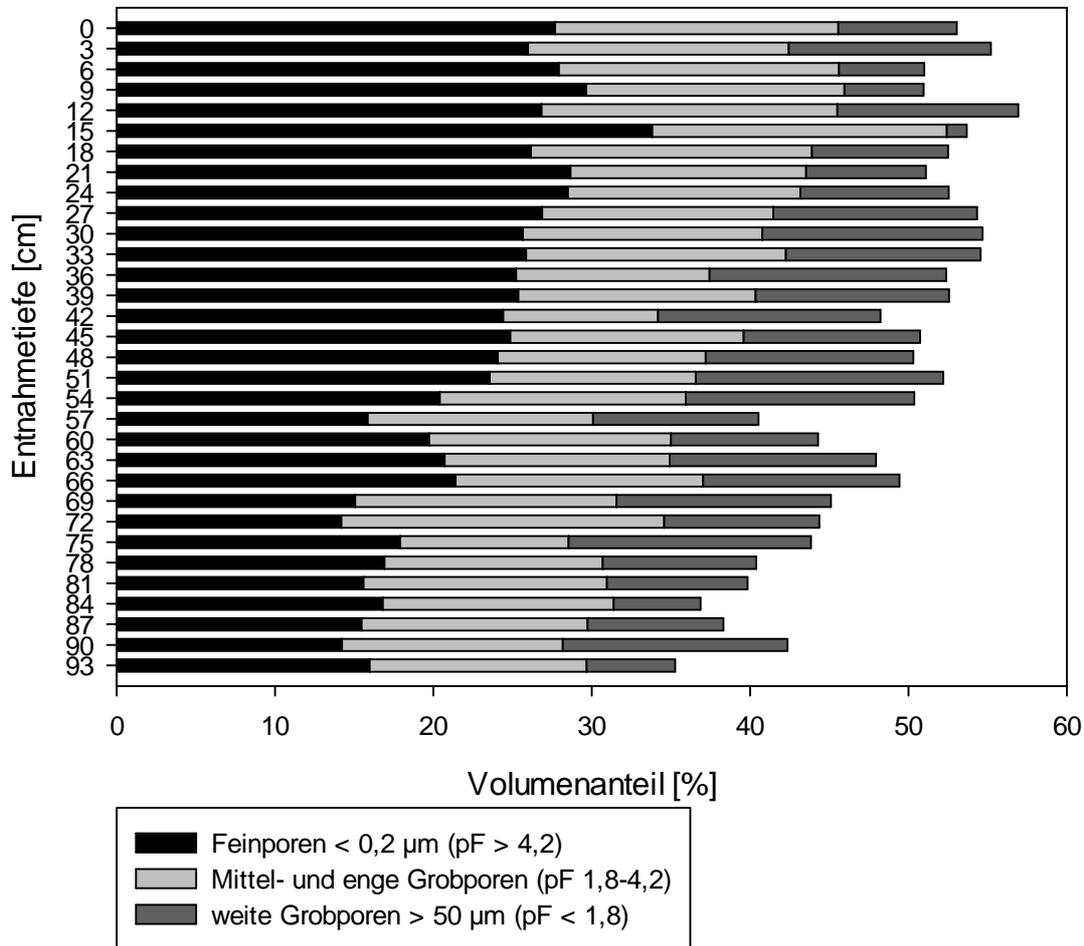


Abbildung 9: Porengrößenverteilung Profil 1 nach herkömmlicher Klassifikation

Die nutzbare Feldkapazität als Differenz zwischen dem bei pF 1,8 und pF 4,2 gebundenen Wasser (nFK 1) variiert über die Tiefe (s. auch Abbildung 10) relativ wenig (MW = 15,1 %, 80 % aller Werte liegen zwischen 13 % und 18 %), wenngleich Einzelwerte deutlich niedriger oder höher sein können (Variationsbreite von 9,8 bis 20,4 %). Tendenziell sind die Werte im Oberboden etwas höher als in mittlerer Tiefe, verursacht wohl durch den dort höheren Gehalt an organischer Substanz und die geringere Trockenrohdichte.

Die mittlere effektive Durchwurzelungstiefe ( $W_e$ ) von schluffig-lehmigen Ackerböden, wie sie hier anzunehmen sind, liegt nach DIN (2008) bei etwa 1 m. Somit errechnet sich für das vorliegende Profil eine nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFK $W_e$ ) von ca. 150 mm. Sie wird nach AHA (2005) noch als hoch eingestuft, liegt allerdings nahe an der Grenze (140 mm) zur Stufe „mittel“.

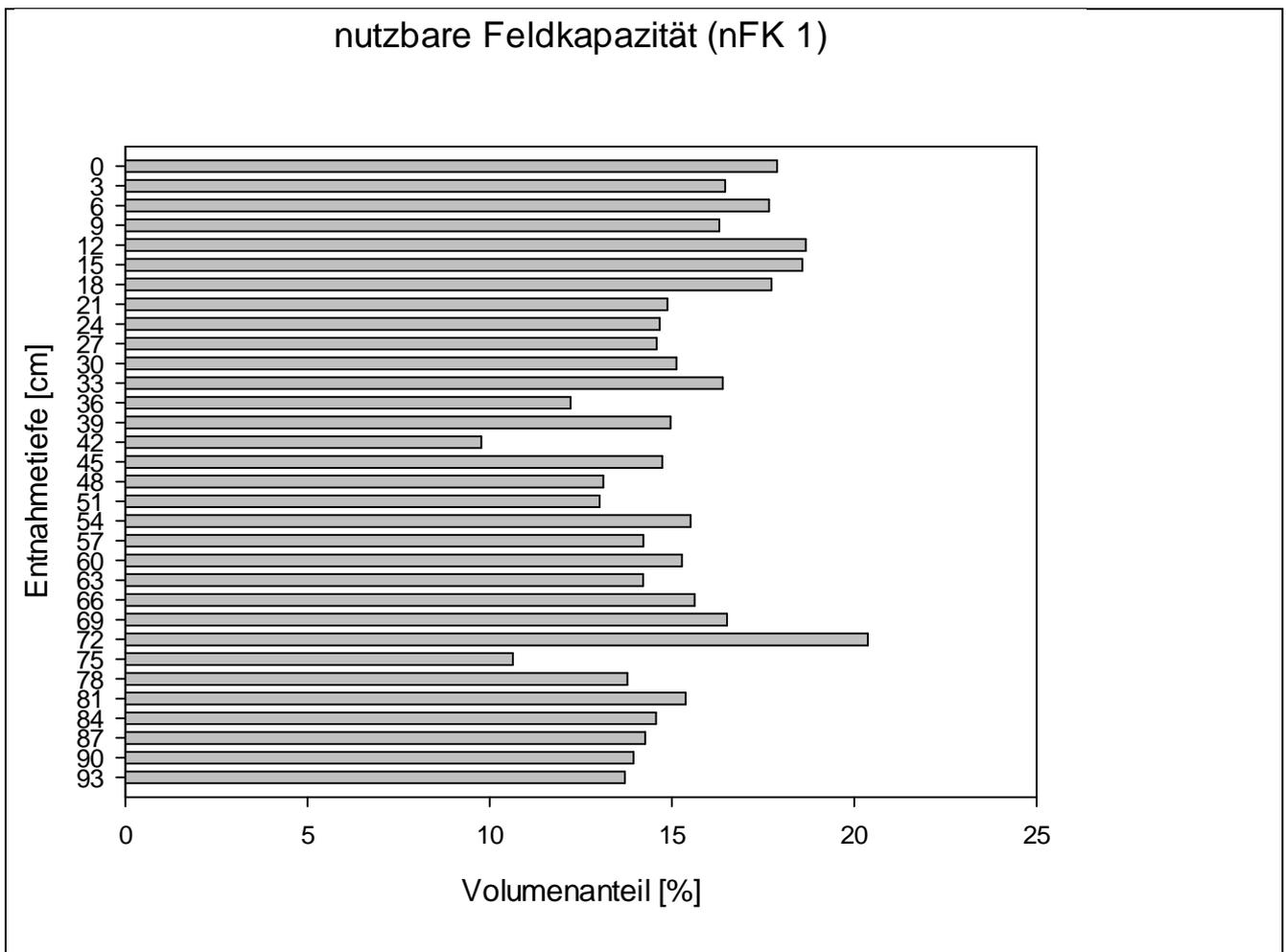


Abbildung 10: Nutzbare Feldkapazität nach herkömmlicher Bestimmung (nFK 1)

In die nutzbare Feldkapazität wird normalerweise das langsam dränende Wasser in den engen Grobporen des Bodens eingerechnet. Wie unter „Material und Methoden“ erwähnt, ist es jedoch strittig, ob es tatsächlich von den Kulturen genutzt werden kann. Zieht man es ab, reduziert sich die nutzbare Feldkapazität im Mittel auf knapp 12 % und nFKWe somit auf einen um ca. 20 % niedrigeren Wert (ca. 120 mm), der dann nur noch der Stufe „mittel“ zugeordnet werden kann.

Die Luftkapazität variiert innerhalb des Bodenprofils deutlich, nach herkömmlicher Methode, d.h. als Differenz zwischen PA und FK 1, zwischen ca. 1 (in 15 bis 21 cm Tiefe) und 15 %, wobei höhere Werte gehäuft im mittleren Bereich des Bodenprofils auftreten (siehe Abbildung 11).

Neuere Arbeiten, welche sich mit den Mindestanforderungen an die Funktionalität von Böden befassen, fordern eine Luftkapazität im Oberboden von 8 % und eine solche von 5 % in den tieferen Bodenschichten (BRUNOTTE ET AL. 2008). Während die letztgenannte Mindestanforderung durchgängig schon ab ca. 20 cm Tiefe erfüllt ist, unterschreiten einige Werte im Oberboden die dort geforderten 8 % mehr oder weniger deutlich. Eine ausreichende Durchlüftung dürfte trotzdem gewährleistet sein, einerseits weil auch in dieser Tiefenstufe Proben enthalten sind, welche den o.g. Prozentanteil m.o.w. deutlich überschreiten, andererseits die Böden im „Normalzustand“, d.h. bei nFK 2 oder darunter liegendem Wassergehalt, mindestens etwa 3-4 % weniger Wasser enthalten und sich



dann die Luftkapazität entsprechend erhöht (LK 2), so dass die Grenze von 8 % nur noch von einer Probe unterschritten wird.

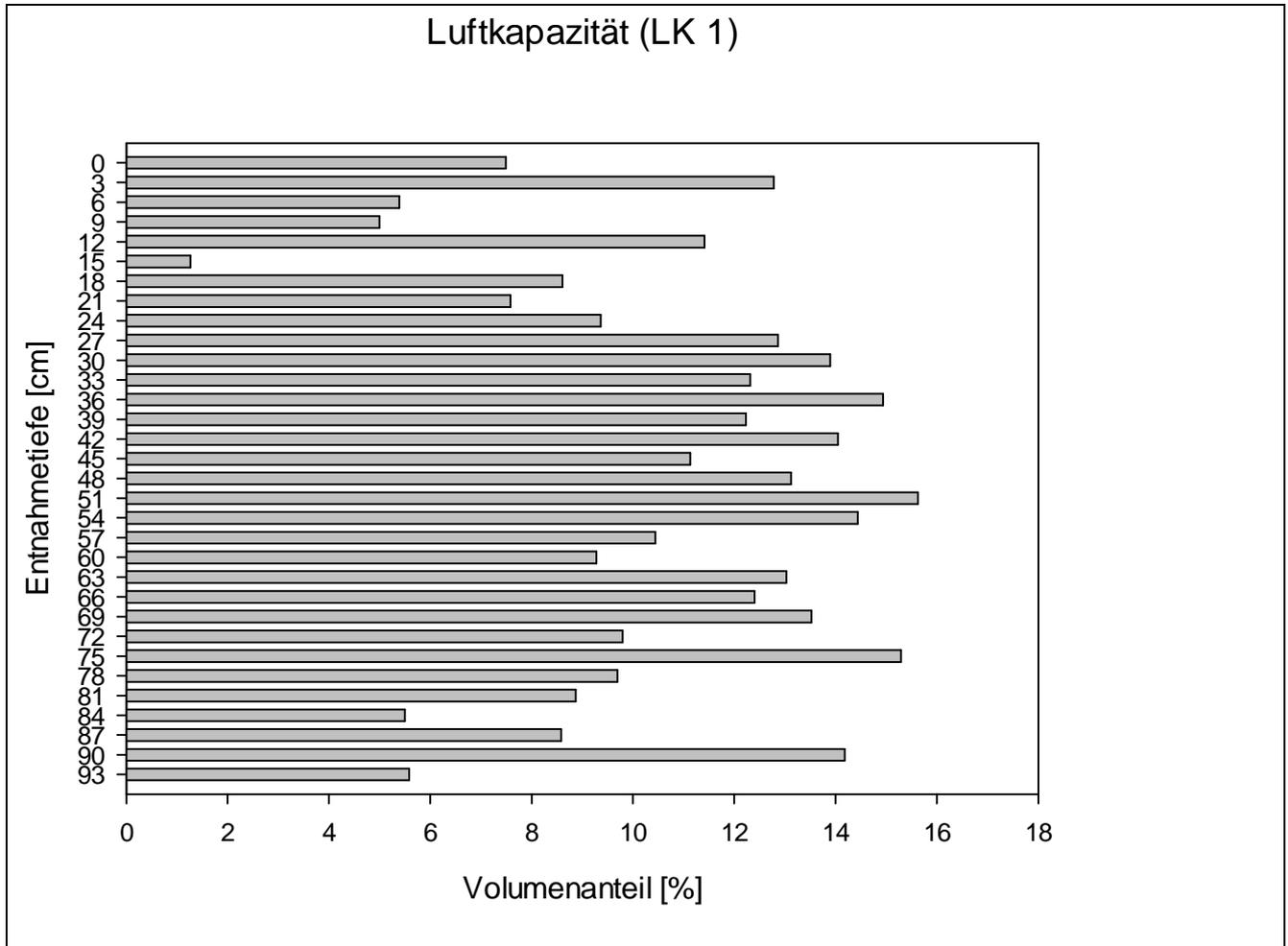


Abbildung 11: Luftkapazität nach herkömmlicher Berechnung

### Beurteilung

Bei den vorliegenden Messwerten handelt es sich um eine Erstaufnahme der Agroforstflächen. Um Aussagen zu den Auswirkungen der Baumstreifen auf Humusgehalt und pH-Wert treffen zu können ist die mehrfache Wiederholung der Messungen im Abstand von einigen Jahren erforderlich. Ein Problem bei der Bewertung von Humusgehalten liegt unter anderem in den langen Zeiträumen (über 10 Jahre) zum Nachweis von Gehaltsänderungen (z.B. HÜLSBERGEN 2010). Auf der Agroforstfläche in KA-Stupferich ist aufgrund der Rodung des Baumbestands und des anschließenden Grünlandumbruchs zunächst ein Rückgang des Humusgehaltes zu erwarten. Eine Einpendelung des Humusgehaltes kann auch hier mehrere Jahrzehnte dauern (z.B. ROGASIK ET AL. 2001). Auch der Einfluss der Wertholzbäume auf die Porengrößenverteilung auf der Agroforstfläche Karlsruhe-Stupferich lässt sich erst nach einer wiederholten Untersuchung in einigen Jahren beurteilen.



## 2.2 AFS als Erosionsschutz

### 2.2.1 Gestaltung von Agroforstsystemen

*Sabine Aßmann, Manuel Oelke*

#### 2.2.1.1 Formen der Erosion

##### **Bodenerosion**

Einer der großen Vorteile von Agroforstsystemen im Zusammenhang mit der Erhaltung und Verbesserung der Bodenproduktivität stellt der Erosionsschutz dar. Als Bodenerosion bezeichnet man den Verlust und die Verlagerung von Bodenmaterial durch Wasser und Wind. Auch unter natürlichen Bedingungen befinden sich Böden nie in einem stabilen Entwicklungszustand und ändern sich fortlaufend (GRASSL 1997, SCHLECKER 2004). Jedoch wird Erosion insbesondere durch menschliche Aktivitäten und Nutzungen wie Abholzung, Brandrodung, intensive Bewirtschaftung und intensives und unkontrolliertes Beweiden begünstigt. Durch die Erosionsprozesse und -mechanismen, bewirkt durch Wind und Wasser, kommt es zum Abtrag des fruchtbaren Oberbodens, wodurch schließlich die Produktivität des Bodens stark abnimmt (BLANCO & LAL 2008).

In Deutschland werden auf vielen landwirtschaftlichen Flächen jährlich pro Hektar mehrere Tonnen Bodenmaterial durch Erosion abtransportiert. Verschiedene Untersuchungen sprechen von Abtragsmengen zwischen 0,15 und 0,3 mm Oberboden pro Jahr. 1 mm Oberboden entspricht je nach Bodenart 10 bis 15 t Boden pro Hektar. Die Bodenerosion stellt deshalb eine so starke Gefährdung für den Erhalt der Bodenfunktionen dar, weil der Boden sich nur sehr langsam – max. 0,1 mm / Jahr – neu bilden kann (SMUL 2010).

Abbildung 12 zeigt die potentielle Erosionsgefährdung in Deutschland. Während im Norden Gefährdungen durch Winderosion festzustellen sind, ist der Süden hingegen eher von Wassererosion betroffen.

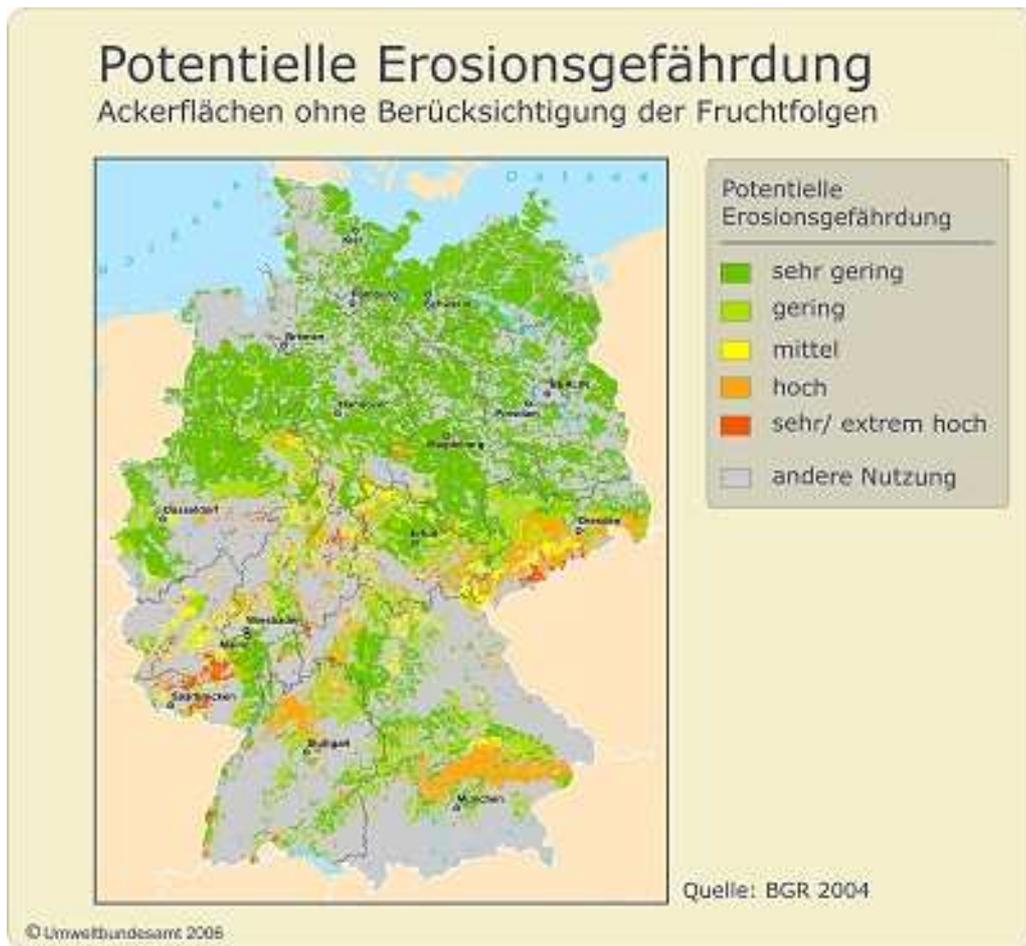


Abbildung 12: Potentielle Erosionsgefährdung in Deutschland (aus UBA 2006)

Europaweit gesehen spielen vor allem in Südeuropa Wasser- und Winderosion, verursacht durch eine Kombination aus widrigen Klimabedingungen, steilen Hanglagen, dünnen Vegetationsdecken und mangelhaften Bewirtschaftungsmaßnahmen, eine herausragende Rolle. Als besonders gefährdet gelten der Mittelmeerraum, der Balkan und die Anrainerstaaten des Schwarzen Meeres (EUA 2002). Nicht alle Böden sind in gleichem Maße erosionsanfällig. Die Widerstandsfähigkeit eines Bodens gegen Erosion ist im Wesentlichen von der Bodenart und -struktur abhängig. Eine gestörte Versickerungsfähigkeit durch Verdichtung und Verschlammung macht die Böden zusätzlich erosionsanfällig. Ebenfalls nimmt die Erosionsgefahr mit der Hangneigung sowie der Hanglänge zu. Grossen Einfluss auf die Erodibilität nimmt aber auch die Bodenbedeckung (SPIECKER et al. 2009). Grünlandflächen sind im Vergleich zu Ackerflächen aufgrund des ganzjährigen Bewuchses deutlich weniger erosionsgefährdet. Dagegen sind folgende landwirtschaftliche Standorte besonders anfällig:

- Unbedeckte landwirtschaftliche Flächen,
- Flächen mit Hackfrüchten (Zuckerrüben, Kartoffeln) und Mais,
- Ackerbauflächen in Hanglagen,
- Schlechte Bodenbedeckung der Winterkulturen (z. B. Winterweizen),
- Flächen mit Bodenverdichtung (SPIECKER et al. 2009).



In Bezug auf Erosion entfalten Bäume sowohl unter- als auch oberirdische Wirkung auf die landwirtschaftlichen Böden. Durch die Reduktion der Windgeschwindigkeit und die erhöhte Interzeption von Wasser findet durch die Anwesenheit von Baumreihen weniger Wasser- und Winderosion statt. Aufgrund der Verringerung des Bodenabtrages werden weniger Nährstoffe in Oberflächengewässer eingetragen. Mit der Anzahl der Bäume auf der Fläche verstärkt sich dieser Effekt (SPIECKER et al. 2009).

Zudem bewirkt der Baumbestand eine Erhöhung des Humusanteils im Boden, was wiederum die Erosionsanfälligkeit mindert. Gleichzeitig erhöht sich dadurch die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens (SPIECKER et al. 2009).

### **Wassererosion**

Zu Schäden durch Wassererosion kommt es vor allem dann, wenn Starkregen auf lange, geneigte Hänge mit schluffigen bis feinsandigen Böden fallen, die infolge intensiver Bodenbearbeitung keine stabilen Bodenaggregate besitzen und deren Oberfläche nicht durch eine Pflanzen- oder Mulchbedeckung geschützt ist (HILLER 2007).

#### *Entstehung von Wassererosion*

Der Aufschlag von Regentropfen mit hoher kinetischer Energie (Niederschlag) führt zur Zerstörung von Bodenaggregaten. Dabei losgelöste Bodenteilchen werden kleinräumig umgelagert und verdichtet. Es bildet sich eine infiltrationshemmende Oberflächenverschlammung, die bei Hangneigung und andauerndem Niederschlag zu Oberflächenabfluss führt. Mit dem Oberflächenabfluss werden losgelöste Bodenpartikel abtransportiert. In Rillen und Rinnen konzentriert sich das abfließende Wasser, so dass Rillen- bzw. Grabenerosion auftreten kann. Bei Abnahme der Fließgeschwindigkeit (z. B.: Unterhangbereiche eines konkaven Hanges) kommt es zur Akkumulation von Bodenteilchen (SMUL 2010).

#### *Auswirkungen der Wassererosion*

Durch die Wassererosion kommt es im Abtragsbereich zu einer Verarmung an Humus und Feinbodenteilchen sowie zu einer Köpfung des Bodenprofils. Es werden die Bodenfunktionen (z. B. Filter-, Puffer- und Speicherfunktion für Nährstoffe und Niederschlagswasser) beeinträchtigt, die Kulturpflanzen werden verletzt, entwurzelt oder ganz vernichtet. Im Bereich der Ablagerung hingegen werden die Pflanzen mit Bodenmaterial überdeckt (SMUL 2010). Durch Wassererosion geht nicht nur Bodenmaterial verloren, sondern es werden auch Nährstoffe, vor allem Nitrat, Ammonium und Phosphate, ausgetragen. Sie gelangen ins Oberflächengewässer und können dort zur Eutrophierung beitragen.

In den USA wurde untersucht, wie Gehölzstreifen den Austrag von Nährstoffen beeinflussen (SCHOONOVER et al. 2005). Ein 10 m breiter Streifen aus Gehölzen reduzierte den Abtransport von Nitrat, Ammonium und Phosphaten um 78–97 % im Vergleich einer Kontrollfläche ohne Schutzstreifen.

Eine allgemein bekannte und oft verwendete methodische Grundlage für die Abschätzung der Bodenerosion durch Wasser bildet die "Universal Soil Loss Equation" (USLE) nach WISCHMEIER &



SMITH (1978) bzw. deren Übertragung auf bayerische Verhältnisse von SCHWERTMANN et al. (1987) als "Allgemeine Bodenabtragungsgleichung" (ABAG). Mit dieser Gleichung kann flächenspezifisch der langfristige mittlere Bodenabtrag in Tonnen pro Hektar abgeschätzt werden.

Die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung lautet:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

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

R = Regen- und Oberflächenabflussfaktor in [kJ / m<sup>2</sup> \* mm / h] bzw. [N / h]

K = Bodenerodierbarkeitsfaktor in [t / ha] / [kJ / m<sup>2</sup> \* mm / h] bzw. [t / ha] / [N / h]

L = Hanglängenfaktor [keine Einheit]

S = Hangneigungsfaktor [keine Einheit]

C = Bewirtschaftungsfaktor [keine Einheit]

P = Erosionsschutzfaktor [keine Einheit]

Da die Niederschlagscharakteristik, die Hangneigung und die Bodeneigenschaften nicht wesentlich verändert werden können, sind Erosionsschutz bzw. Managementmaßnahmen nötig, um Erosion zu minimieren. Agroforstsysteme bewirken verschiedene Effekte auf Erosionsfaktoren, die auch in der oben dargestellten Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung enthalten sind:

*Regenabfluss:* Inwieweit Agroforstsysteme sich auf die Erosionswirksamkeit von Niederschlägen auswirken, ist noch nicht ganz geklärt. Es besteht aber die weitverbreitete Meinung, dass sie die Erosionswirkung vermindern können (HEINDORF 2007). Unter bestimmten Voraussetzungen ist aber das Gegenteil der Fall. Bei einem starken Kronenschluss mit breiten Blättern vereinen sich die einzelnen Regentropfen zu einem großen, der dann bei großer Fallhöhe und Fallgeschwindigkeit eine Splash-Erosion auslösen kann (NAIR 1993). Bestehen die Agroforststreifen aus mehreren Schichten, kann in der Regel die Auffangenergie durch die Unterschicht abgefangen werden (YOUNG 1989).

*Bodenerodierbarkeit:* Wie bereits erwähnt, hängt die Bodenerodierbarkeit grundlegend von der Bodenart und den physikalischen Eigenschaften des Bodens ab. So ist die Bodenart Lehm generell weniger erosionsgefährdet als Schluff- oder Sandböden (EICHLER 2003). Zusätzlich wird die Erodierbarkeit durch die Anteile organischen Materials beeinflusst. Agroforstsysteme weisen in der Regel eine höhere organische Auflage auf als konventionell bewirtschaftete Felder. Dadurch wird die Bodenstruktur verbessert, wodurch sich wiederum die Infiltrationsfähigkeit der Böden erhöht (YOUNG 1989).

*Oberflächenabfluss:* Bäume mit Grasstreifen, Dämme und Terrassen stellen für Wasser eine Barriere dar, die den Oberflächenabfluss und somit auch die Bodenerosion verringern kann. Integrierte Systeme mit Bäumen und / oder Büschen mit Beweidung können den Oberflächenabfluss um 50–80 % reduzieren, den Sedimenttransport um 80 % und den Transport der Nährstoffe Nitrat und Phosphor um etwa 50 % (DANIELS & GILLIAM 1996).



*Geländeoberflächenbedeckung:* Bodenbedeckung aus lebendem oder totem Pflanzenmaterial, wie zum Beispiel krautartige Pflanzen und mehrjähriges Getreide, Getreideüberreste, Laub oder Baumschnitt, hat die Fähigkeit, den Aufprall von Regentropfen sowie die Abflussbildung zu kontrollieren und minimieren. Die Bodenbedeckung hat mehr Potential zur Erosionsreduzierung durch Wasser als die davor erwähnte Baum-Barriere (NAIR 1993).

*Verkürzung der Hanglänge:* Es wird davon ausgegangen, dass mit zunehmender Hanglänge der Bodenabtrag zunimmt (MÜLLER 1990). Durch Agroforststreifen, die als Vegetationsbarrieren fungieren, kann die erosive Hanglänge verkürzt werden (YOUNG 1989). Wird der Hang unterteilt, so wird der Oberflächenabfluss in der Mitte unterbrochen, wodurch die Gesamterosion weniger stark ausfällt (MÜLLER 1990).

*Reduzierung der Hangneigung:* Die Hangneigung ist grundsätzlich ein feststehender Faktor. Werden aber Baumreihen jedoch entlang der Höhenlinien angepflanzt, sammelt sich dort das von den Hängen abgespülte Material und es bilden sich über längere Zeit Hangterrassen aus, die zu einer sukzessiven Reduzierung des Hanggefälles führen (KÖNIG 1992, YOUNG 1989). Diese Terrassierung ist in Abbildung 13 dargestellt.

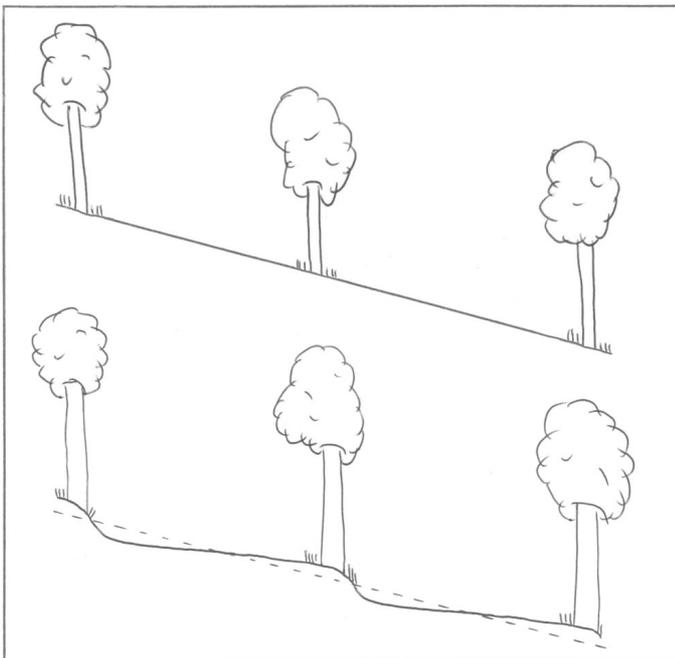


Abbildung 13: Schematische Darstellung der langfristigen Terrassenbildung durch Erosion und Sedimentablagerung an Gehölz- bzw. Baumstreifen (nach BLANCO & LAL 2008)

### **Winderosion**

Winderosion wird als Verlagerung von Bodenmaterial an der Bodenoberfläche durch Wind als Transportmittel definiert. Dabei wird zwischen Bereichen mit vorwiegend Abtrag und vorwiegend Auftrag unterschieden. Tritt Wind mit einer Geschwindigkeit von mehr als 5–6 m / s unmittelbar über gefährdeten Bodenoberflächen auf, werden Bodenteilchen an der Bodenoberfläche



bewegt oder treffen auf andere Teilchen. Durch den Aufprall oder durch die »Strahlwirkung« werden Bodenaggregate zerstört. Die Bewegung größerer Teilchen findet in der Regel nur über kurze Distanzen statt. Kleinste Bodenteilchen werden hingegen weiter nach oben in die Luft getragen und über größere Strecken transportiert (SMUL 2010).

Winderosionsgefährdet sind große, trockene, nicht bedeckte Flächen mit hohem Feinstsandanteil bzw. Anmoor (Mineralböden mit einem sehr hohen Anteil unzersetzter organischer Masse) in gleichzeitig windoffenen Landschaften. Besonders gefährdet sind ausgedehnte Ackerflächen in konventioneller Bearbeitung mit dem Pflug im Zeitraum nach der Saatbettbereitung bis zum Aufwuchs einer schützenden Pflanzendecke (SMUL 2010).

#### *Auswirkungen der Winderosion*

Die Bodenerosion durch Wind hat dieselben Folgen wie durch den Abtrag durch Wasser. Es kommt zu einer Köpfung des Bodenprofils und somit auch zu einer Verarmung an Humus und Feinbodenteilchen. Darüber hinaus werden die Bodenfunktionen (z. B. Filter-, Puffer- und Speicherfunktion für Nährstoffe und Niederschlagswasser) beeinträchtigt. Bodenerosion kann zu Verletzung, Entwurzelung und Vernichtung von Kulturpflanzen führen, sowie Saatgut, Düngemittel und Pflanzenschutzmittel verlagern bzw. verfrachten. Wo sich der Boden wieder ablagert, kommt es hingegen zu Konzentrationen von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln, Pflanzen können mit Material überdeckt werden (SMUL 2010).

Einige Strategien zur Verminderung bzw. Vermeidung von Winderosion sind:

- Aufrechterhaltung einer Pflanzendecke,
- Reduzierung der Kultivierung während der Brache,
- Anpflanzung von Windschutzhecken (Bäume und Büsche) (unabhängig von Agroforstsystemen),
- Reduktion von intensiver Beweidung,
- Minimierung oder Unterlassung des Pflügens,
- Reduzierung der Pflügeschwindigkeit und kein Eingraben von Pflanzenresten,
- Einbringen von Mulch,
- Aufräumen der Erdoberfläche und Reduzierung der Feldlänge (BLANCO & LAL 2008).

*Windschutzstreifen:* Eine traditionelle und zugleich sehr effektive Methode zum Schutz vor Winderosion stellen geschlossene Windsschutzstreifen bzw. Windschutzhecken dar. Sie bestehen aus Bäumen, Büschen und hohem Gras und werden um Ackerflächen herum angelegt. Windschutzhecken schützen die Kulturpflanzen vor starken Winden, lenken die Windrichtung ab, reduzieren die Windgeschwindigkeit und bewirken somit eine Verringerung der Bodenerosion. Windschutzstreifen fördern den Bodenwasserspeicher und reduzieren den Verlust an nährstoffreichen Feinstoffpartikeln (BLANCO & LAL 2008).

Eine solche Hecke verringert die Windgeschwindigkeit sowohl im Luv- als auch im Lee-Bereich deutlich. Dieser Effekt ist auch noch in Abständen von der Pflanzung wirksam, die ein Mehrfaches der Heckenhöhe beträgt. In vielen Ländern und auch in unseren Breiten wird diese Tatsache schon lange gezielt genutzt, um die Ertragsleistungen von Ackerkulturen positiv zu beeinflussen und die Erosion



zu vermindern (HILF 1959). Grünland ist durch die ganzjährige Bedeckung und Oberflächenrauigkeit von Winderosion deutlich weniger betroffen als Ackerflächen. Bei Versuchen im Rahmen des vom BMBF geförderten Agroforst-Projektes konnte ein Windschutz durch Baumreihen nachgewiesen werden, welcher sich in Ertragssteigerungen auswirkte (MÖNDEL 2009). In welchem Umfang Baumreihen den Abtrag von Sedimenten durch Winderosion vermindern, ist bisher unter hiesigen Bedingungen noch nicht gemessen worden, weshalb dieser Effekt nicht quantifizierbar ist. Er hängt vermutlich von folgenden Faktoren ab:

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

Durch das Ergänzen der Baumreihen mit Sträuchern wird der Windschutz- und damit auch der Erosionsschutzeffekt verstärkt (SPIECKER et al. 2009).

### 2.2.1.2 Erosionsschutz durch Gestaltung von Agroforstsystemen in der Praxis

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

- Die Bewegungsenergie des Wassers wird verringert,
- 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 der Strukturelemente langsamer aus (weniger Wind, mehr Schatten). Dadurch ist der Boden vor allem auf sonst trockenen Flächen generell wasseraufnahmefähiger.

Um den Bodenabfluss und somit Erosion zu verringern, sind Hecken mit Bäumen und Büschen ähnlich effektiv wie Waldbestände. Das heißt, je stärker Agroforstsysteme in Bezug auf Streumenge, Abstände und Höhe der Bäume einem Wald ähneln, desto eher können sie Erosionsschutz gewährleisten (BLANCO & LAL 2008).

Nochmals zusammengefasst sind somit folgende Parameter entscheidend, um Erosion mit Hilfe von Agroforstsystemen zu minimieren:

- Abstand zwischen den Baumstreifen,
- Breite der einzelnen Baumstreifen,
- Bäume und weitere Vegetationsschichten,
- Struktur der Gehölzschicht,
- Baumabstand innerhalb der Baumstreifen,
- Ort der Einbringung und Ausrichtung der Baumstreifen (HEINDORF 2007).

HEINDORF (2007) untersuchte auf Ackerflächen im Kraichgau im Nordwesten Baden-Württembergs, welche Agroforst-Designs angewendet werden können, um zur Minderung der Wassererosion beizutragen:



*Streifenabstand:* Ein geringerer Abstand zwischen den Baumstreifen bedeutet, dass es zu mehr Hangunterbrechungen kommt und somit die Hanglänge verkürzt wird (HEINDORF 2007). NAIR (1993) und YOUNG (1997) geben an, dass bei zunehmender Hangneigung der Abstand zwischen den Baumreihen geringer sein sollte.

*Streifenbreite:* Wird ein Baumstreifen auf einem Acker angelegt, werden die Bäume reihenweise auf circa 2 m breiten Baumstreifen gepflanzt. Auf sehr windigen Flächen kann man in Erwägung ziehen, den ersten Baumstreifen zur Hauptwindrichtung durch das Integrieren von Strauchreihen als Windschutzhecke zu gestalten. So wird die Kulturpflanzenentwicklung nicht durch Windturbulenzen beeinträchtigt und Wasserverluste durch Evaporation werden verringert (HILF 1959; CHALMIN et al. 2009).

*Bäume und weitere Vegetationsschichten:* Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Baumstreifen zu bepflanzen. Das Holz in Agroforstsystemen kann mit dem Ziel der energetischen, etwa mit schnell wachsenden Baumarten wie Pappel oder Weide in kurzen Umtriebszeiten (GRÜNEWALD et al. 2005), oder zur stofflichen Verwendung (am ehesten Edellaubbäume wie Ahorne, Esche, Wildobst oder, unter entsprechenden Standortbedingungen, Erle oder Birke) produziert werden. Die Bäume als Wertholz- oder Energieholzträger können entweder mit Sträuchern oder einer niedriger wachsenden Vegetationsform (z. B. Gräsern) kombiniert werden. Eine ergänzende Bepflanzung mit einer dichten Hecke hat z. B. den Vorteil, dass der eintreffende Niederschlag schon vom Blattwerk abgefangen werden kann und nicht direkt auf den Boden gelangt (MÜLLER 1990), wobei aber anzumerken ist, dass es unter bestimmten Voraussetzungen zur oben beschriebenen Splash-Erosion kommen kann. Pflanzen mit einem tief reichenden und weit verzweigten Wurzelwerk sind nach BREGMAN et al. (1993) besser geeignet, um vor Bodenabtragungen durch Abspülungen zu schützen. Sträucher besitzen aufgrund ihrer Höhe ein tiefer ausgeprägtes Wurzelwerk als Gräser. Gräser haben allerdings den Vorteil, dass sie den Boden sehr flächig und dicht bedecken und sich damit durch eine besonders abflusshemmende Wirkung auszeichnen (MÜLLER 1990).

*Baumabstand innerhalb der Streifen:* Bei Versuchen auf mehreren Agroforst-Flächen in Spanien hat eine Erhöhung der Baumdichte nicht zu einer linearen Abnahme der Erosion geführt. Es wurde festgestellt, dass die Distanz zwischen den Bäumen in den Reihen weniger wichtiger zu sein scheint als die Distanz zwischen den Baumreihen (PALMA et al. 2004). Laut NAIR (1997) ist es sogar von Vorteil, wenn Bäume auf Erosionsschutzstreifen nicht zu dicht nebeneinander stehen, so dass sich außerhalb des Kronenbereiches genügend Unterwuchs entwickeln kann und damit eine hohe Infiltrationsrate gewährleistet ist. Der Abstand zwischen den Bäumen sollte demnach mindestens 10 m betragen. Ein ausreichender Abstand zwischen den Bäumen innerhalb der Streifen ist bei der Produktion von Wertholz ohnehin notwendig, da die Bäume ausreichend Wuchsraum benötigen, um in große Dimensionen wachsen zu können (BRIX 2007).

*Ort der Einbringung und Ausrichtung der Streifen:* Die Baumstreifen sollten möglichst entlang der Höhenlinien angelegt werden (MÜLLER 1990). Die Einbringung von Grasstreifen zur Hangunterbrechung ist bei Hangneigungen unter 3 % nach Ansicht von MEILVILLE 1992 (zitiert nach



MORGAN 1999) nicht notwendig. Hingegen wird bei steilen Hängen die Hangunterbrechung immer bedeutender, da bei großen Hangneigungen das Konturpflügen, d. h. pflügen entlang der Höhenlinien, an Bedeutung verliert (MÜLLER 1990).

Werden Bäume und Hecken zum Schutz vor Winderosion genutzt, müssen diese quer zur vorherrschenden Hauptwindrichtung gepflanzt werden, damit der Luftstrom beim Auftreffen auf die Pflanzeneteile stark abgebremst wird (SPAHL 1990).

### 2.2.1.3 Beispiele für die Gestaltung von Agroforstsystemen

Im Folgenden werden unterschiedliche Agroforstsysteme und deren Gestaltung in Bezug auf den Erosionsschutz näher erläutert.

*Silvoarable Agroforstsysteme* kombinieren Aspekte der Dauervegetation und der Gehölzstreifen und stellen eine Form des *Alley-Cropping* dar. Dabei werden Bäume streifenweise auf Ackerflächen integriert. Für die Energieholzproduktion, für welche *Alley-Cropping* hauptsächlich genutzt wird, werden die Ausrichtung und Abstände von Baum- und Ackerstreifen so gewählt, dass eine mechanisierte Ernte der Bäume nach einer Umtriebszeit von maximal 10 Jahren erfolgen kann (GRÜNEWALD & REEG 2009). Laut KANG et al. (1999) sind die Streifen aus Bäumen und / oder Büschen 1–5 m breit. Die „Alleys“ – also der Abstand zwischen den Agroforststreifen können zwischen 10–25 m breit sein, abhängig von Hang, der Heckenbreite, dem Anbausystem, den Bodenbearbeitungsgeräten, der Erosionsgefahr und des regionalen Klimas. *Alley-Cropping* ist vor allem in den Tropen und Subtropen ein weit verbreitetes und bekanntes System, in der gemäßigten Zone hingegen ist es ein relativ neues Phänomen (BLANCO & LAL 2008). Dienen die Baumstreifen der Wertholzproduktion, sind sie in der Regel mit Gras bewachsen und stellen ein Strukturelement dar, das Wasser umlenken und abbremsen kann. Wind bremsende und das Mikroklima verändernde Effekte sind auch für solche Agroforstsysteme nachgewiesen. Weiter ist anzunehmen, dass die Wasseraufnahmekapazität in der Nähe von Baumstreifen zumindest auf trockenen Standorten in Baumnähe größer ist als in der Mitte zwischen zwei Baumreihen (SPIECKER et al. 2009).

*Silvopastorale Agroforstsysteme* sind ideal für Boden- und Wasserschutz, da Bäume und Grünland Wasser- und Winderosion minimieren. Das dichte Wurzelwerk der Bäume und der Grasschicht erhöht die Wasserinfiltration und reduziert das Oberflächenabflussvolumen. Es entsteht in silvopastoralen Agroforstsystemen weniger Bodenerosion, weil zwei vorherrschende Bedeckungen (hohe und niedrige Vegetation) die Regentropfen abfangen und die Abflussgeschwindigkeit reduzieren. Hohe Bäume filtern Staub, indem sie wie ein Windschutz wirken, zudem reduzieren sie Schneedrift. Diese Systeme sind besonders geeignet für degradierte / regenerierende Böden sowie Böden in Hanglage (BLANCO & LAL 2008).



## 2.2.2 Erosionsmessungen

*Frieder Seidl*

### 2.2.2.1 Einleitung

Agroforstsysteme haben das Potenzial Oberflächenabflüsse und die damit verbundene Bodenerosion sowie Nährstoffausträge auf landwirtschaftlichen Flächen zu verringern. Die sich dadurch ergebende Funktion für den Bodenschutz wurde daher in diesem Teilprojekt anhand eines Feldversuchs zur Wirkung von Baumstreifen auf Erosion und Oberflächenabfluss an einer Praxisfläche unter hiesigen Bedingungen überprüft.

Zudem wurde für die Untersuchungsfläche die Nitratverlagerung modelliert. Da die Problematik der Winderosion in kleinstrukturierten Landschaften - wie sie in Baden-Württemberg vorherrschen - eine im Vergleich zur Wassererosion eher untergeordnete Rolle spielt, beschränkten sich die im Rahmen des Projekts durchgeführten Untersuchungen auf die Problematik der durch Niederschläge bedingten Erosion und Nährstoffausträge. Neben der Wassererosion kann auch das oberflächlich abfließende Niederschlagswasser durch den Austrag von Nähr- und Schadstoffen zu negativen Umweltauswirkungen führen. Der gesamte Anteil des Niederschlagswassers, der nicht wieder an die Atmosphäre abgegeben wird, gelangt in den Vorfluter (ein Vorfluter ist ein natürlicher oder künstlicher Wasserlauf, der Wasser und Abwasser aufnimmt und weiterleitet). Der infiltrierende, bis in das Grundwasser durchsickernde Niederschlag erreicht erst nach einer Verweildauer von mehreren Tagen bis Monaten den Vorfluter. Der Niederschlag, der in den oberen Bodenschichten (Drainage- oder Zwischenabfluss) abfließt, gelangt hingegen bereits nach wenigen Stunden bis Tagen und der Oberflächenabfluss innerhalb weniger Minuten in den Vorfluter. Hierdurch können - mit unterschiedlicher zeitlicher Verzögerung - Nähr- und Schadstoffe in Oberflächengewässer oder angrenzende Lebensräume eingetragen werden und z.B. zur Eutrophierung von Gewässern beitragen. Insbesondere der Oberflächenabfluss kann hierbei zu erhöhten Austrägen führen, da die Nährstoffe nicht mehr durch die landwirtschaftlichen Kulturen aufgenommen werden können (RÜTTIMANN 2001, FRIELINGHAUS ET AL. 2002).

### 2.2.2.2 Agroforstsysteme als Schutz vor Bodenerosion

Im Folgenden wird ein Überblick über vorhandene Versuchsergebnisse zur Wirkung von Agroforstsystemen auf Bodenerosion, Oberflächenabfluss und Nährstoffaustrag aus der gemäßigten Klimazone gegeben.

Aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse machen deutlich, dass AFS in vielen Fällen zu einer deutlichen Reduktion von Oberflächenabfluss, Bodenerosion und Nährstoffausträgen beitragen können. Modellierungen der Auswirkungen von Agroforstsystemen auf Erosion unter mittel- und südeuropäischen Verhältnissen ergaben, dass die Anlage von AFS in Kombination mit Konturpflügen in allen Testflächen die Erosion um bis zu 65 % reduzieren kann, während die Etablierung von Agroforstsystemen oder Konturpflügen für sich genommen keine signifikante Reduktion der Erosion bewirkten. Auch eine Reduktion der Nitratauswaschung um bis zu 28 % konnte in Abhängigkeit von der Baumanzahl nachgewiesen werden (PALMA ET AL. 2007). Nach ANDERSON ET AL. (2009) ist die



Infiltration in AFS aufgrund der höheren Wasseraufnahme und Transpirationsleistung der Bäume erhöht. Damit einher geht eine verbesserte Wasserspeicherung. AFS können daher zu einer Reduktion von Oberflächenabfluss und Bodenerosion beitragen (ANDERSON ET AL. 2009). Dabei führt eine Erhöhung der Baumdichte in den Baumstreifen nicht unbedingt zu einer stärkeren Reduktion von Bodenerosion. Entscheidend ist der Abstand der Baumreihen. Dieser sollte im Hinblick auf den Erosionsschutz bei zunehmender Hangneigung geringer sein (z.B. YOUNG 1997, PALMA ET AL. 2005). Erste Auswertungen von Versuchen in Florida lieferten Anhaltspunkte für eine Reduktion des Nährstoffverlustes (N und P) durch Integration von Bäumen sowohl in silvoarablen als auch in silvopastoralen Agroforstsystemen im Vergleich zu herkömmlich bewirtschafteten landwirtschaftlichen Flächen (NAIR & GRAETZ 2004). In Versuchen von SCHOONOVER ET AL. (2005) konnte der Austrag von Nitrat, Ammonium und Phosphor mit dem Oberflächenwasser durch einen zehn Meter breiten Gehölzstreifen um 78 bis 97 % reduziert werden. Auch DUCHEMIN & HOGUE (2009) kommen zu dem Schluss, dass Vegetationsstreifen ein möglicher Ansatz sind, um Schadstoffe im Oberflächenabfluss herauszufiltern und zu verhindern, dass diese in die Vorfluter gelangen. In ihren Versuchen konnten sie feststellen, dass mit Gras und Pappeln bewachsene Baumstreifen mit einer Breite von fünf Metern eine Reduzierung des Oberflächenabflusses aus landwirtschaftlichen Kulturen um 35 % bewirkten. Im gleichen Versuch wurde eine Reduktion der Abschwemmung von Nährstoffen nachgewiesen; der Austrag von Phosphor wurde um bis zu 85 % reduziert, bei Ammonium (NH<sub>4</sub>) um 47 % und Nitrat (NO<sub>3</sub>) um 30 %. Grasstreifen ohne Pappeln bewirkten im Versuch einerseits teilweise eine noch stärkere Reduzierung des Oberflächenabflusses und des Schadstoffaustrages. Im Gegenzug erhöhten sich die Mengen an P und *E. coli*-Bakterien im Sickerwasser aufgrund der durch die verminderte Fließgeschwindigkeit des Oberflächenabflusses bedingten erhöhten Infiltration. Die Gesamtreduktion im Versuch lag bei etwa 50 % der gesamten Exporte an N, P und *E. coli* in Oberflächenabfluss und Sickerwasser. Die Reduktion der Belastung mit *E. coli*-Bakterien stellt insbesondere beim Einsatz von Schweinegülle einen positiven Aspekt dar. Die zusätzliche Bepflanzung der Grasstreifen mit Pappeln brachte jedoch nicht die erhoffte Erhöhung der Filterleistung im Vergleich mit reinen Grasstreifen. Erklärt wird dies mit dem im Versuchszeitraum noch schwachen Entwicklungsstadium der - erst zweijährigen - Pappeln (DUCHEMIN & HOGUE 2009). In einem höheren Alter der Bäume ist insbesondere durch das verstärkte Wurzelwachstum mit einer größeren Nährstoffaufnahme, einer Bodenverbesserung durch den Feinwurzelumsatz und einer dadurch bedingten erhöhten Infiltration zu rechnen.

Auch die durch infiltrierendes und unterirdisch abfließendes Niederschlagswasser ausgetragenen Nährstoffe können durch Baumstreifen reduziert werden. So verglichen DOUGHERTY ET AL. (2009) den Stoffaustrag von herkömmlich bewirtschafteten landwirtschaftlichen Flächen in Kanada (Ontario) mit Flächen, auf denen 1 m breite Baumreihen integriert waren. Im Drainagewasser wurden u.a. auch die Nitratgehalte gemessen. Der Austrag von Nitrat auf der rein landwirtschaftlich genutzten Fläche war im ersten Jahr der Untersuchung signifikant um rund 5 % höher als auf der Agroforstfläche. Im Folgejahr lag der Nitratverlust auf der Agroforstfläche sogar bei etwa der Hälfte der Werte der Ackerfläche. Als Ursachen werden die gesteigerte Wasseraufnahme durch die Baumwurzeln sowie ein Anstieg der mikrobiellen Denitrifikation bei Anwesenheit von Bäumen angeführt (DOUGHERTY ET AL. 2009).



Zur Abschätzung der Erosionsgefährdung werden häufig Erosionsmodelle auf Grundlage der allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) herangezogen (z.B. SCHWERTMANN ET AL. 1987). HEINDORF (2007) stellte hierzu fest, dass die Implementierung eines Agroforstsystems einige Faktoren, z.B. den Hanglängen - oder Bodenerodierbarkeitsfaktor, der Bodenabtragsgleichung im Hinblick auf eine Erosionsminderung beeinflussen kann. Hinsichtlich der Verminderung von Nährstoffausträgen, insbesondere der Nitratauswaschung ist nach KONOLD (2006) beispielsweise die Reduktion des Anteils offener Flächen im Ackerbau und eine Förderung von abflusshemmenden Kleinstrukturen anzustreben (KONOLD 2006). Durch die Anlage von Strukturelementen (z.B. Hecken, Raine) ist es möglich, abfließendes Wasser aufzuhalten und schadlos abzuleiten. Dadurch wird dem Wasser ein Teil der Bewegungsenergie genommen; mitgeführtes Sediment wird abgelagert (Zwischenakkumulation), und der erosionsauslösende Übertritt von Wasser auf darunter liegende Ackerflächen wird meistens verhindert (WÜRFEL & UNTERSEHER 2002). Nach YOUNG (1989) können Vegetationsbarrieren allerdings nur bei Hangneigungen bis zu 14 % als wirksam gelten.

### 2.2.2.3 Material und Methoden

#### Untersuchungsfläche

Die Untersuchungen zur Messung von Oberflächenabfluss, Bodenabtrag und Nitratverlagerung wurden auf der Agroforstfläche des LTZ in Karlsruhe-Stupferich im Zeitraum November 2009 bis April 2010 durchgeführt. Die Messungen erfolgten im silvoarablen Teil der Agroforstfläche (mit Wertholzstreifen) sowie auf der ackerbaulich identisch bewirtschafteten Vergleichsfläche (ohne Wertholzstreifen), die in direkter Nachbarschaft zur Agroforstfläche liegt (siehe Abbildung 14). Die Untersuchungsfläche liegt auf 250 m üNN., weist einen tonigen Lehmboden auf und hat einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von ca. 720 mm. Im Untersuchungszeitraum wurde auf der Fläche Wintergerste angebaut. Die Agroforstfläche weist in dem Bereich, in dem die Messungen durchgeführt wurden, ein Längsgefälle von ca. 7 % auf. Der Hang weist zusätzlich im unteren Teil eine Querneigung von 3 - 4 % auf. Die Vergleichsfläche besitzt ein Längsgefälle von ca. 6 % und weist im Messbereich keine Querneigung auf.

#### Versuchsaufbau

Zunächst wurde das Gefälle der beiden Flächen mit Hilfe eines Gefällemessers ermittelt. Hierzu wurden auf beiden Flächen mehrere Einzelmessungen durchgeführt und die Mittelwerte errechnet (LAP 2005b).

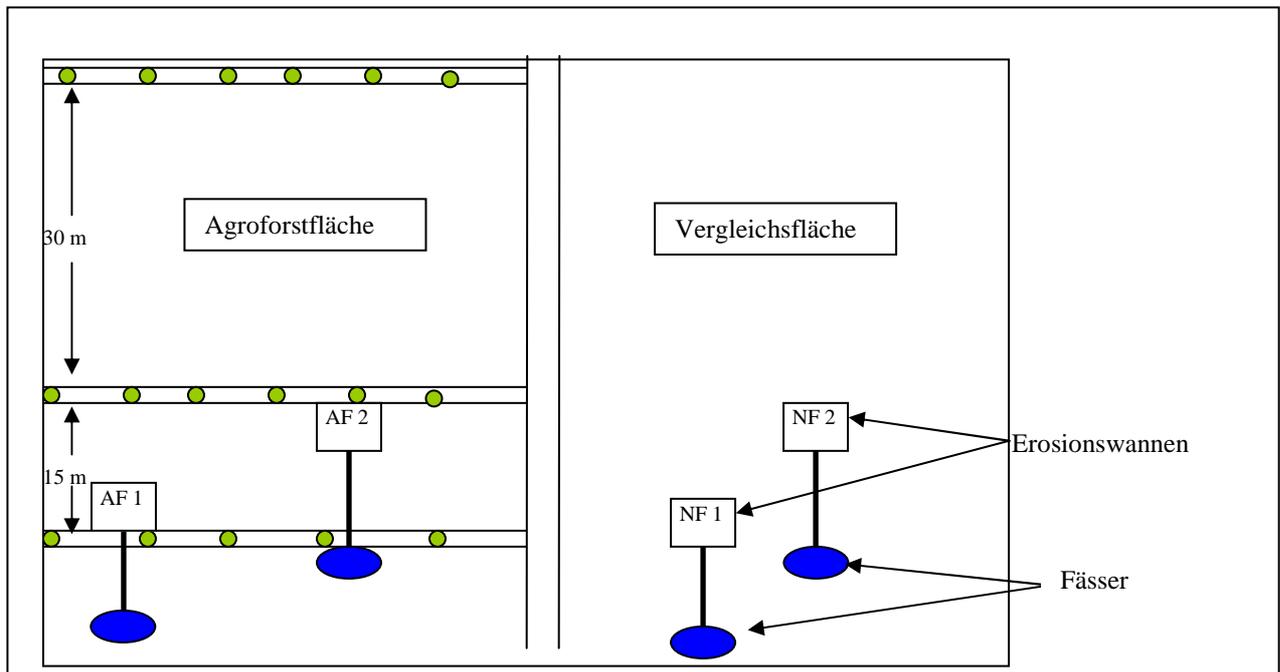


Abbildung 14: Skizze Versuchsaufbau Erosionsmessanlage am Standort KA-Stupferich

Die Messmethode zur Erfassung von Oberflächenabfluss, Bodenabtrag und oberflächlichem Stoffaustrag erfolgte wie bei RÜTTIMANN (2001) beschrieben. Hierzu wurden auf der Agroforstfläche und der Vergleichsfläche jeweils zwei einkammerige Materialfangkästen mit einer Breite von 100 cm installiert. Um auch bei größeren Niederschlagsereignissen das Abflusswasser vollständig zurückhalten zu können, musste zusätzlich ein 200-Liter-Fass als Wasserüberlauf mittels Rohrleitung an den Feldkästen angeschlossen werden (Abbildung 15). Kommt es zu Sedimentabtragungen, so wird das abgeschwemmte Material von den Materialfangkästen aufgenommen; der oberflächlich abfließende Niederschlag wird in Feldkästen und Fass gesammelt. Auf der Agroforstfläche wurde ein Feldkasten unmittelbar unterhalb eines Baumstreifens installiert (AF2), ein weiterer im unteren Teil der Fläche oberhalb des nächsten Baumstreifens. Die Messanlagen auf der Vergleichsfläche wurden so installiert, dass der darüberliegende Hangabschnitt in etwa die gleiche Länge wie auf der Agroforstfläche aufweist, also jeweils 30 m (NF2) bzw. 45 m (NF1) (siehe Abbildung 15). Auf der Vergleichsfläche konnten die Messungen zwar auf einem nahezu gestreckten Hang durchgeführt werden, doch weist dieser Hang seitlich neben dem Messbereich ebenfalls eine Querneigung auf, so dass zusätzliches Oberflächenwasser von dieser Seite in den Messbereich einfließen kann. Um dies auszuschließen, wurde eine Begrenzung installiert, die einen seitlichen Zufluss verhindern sollte (Abbildung 16, Bild 5).

Zur Bestimmung des Niederschlags wurde eine Wetterstation mit einer autonomen Stromversorgung und kabelloser Datenübertragung auf der Versuchsfläche installiert.



Abbildung 15: Bilder 1 bis 4: Einbau der Feldkästen mit Überlaufassern (oben: Agroforstfläche, unten Nachbarfläche mit seitlicher Begrenzung) Bilder: F. SEIDL

### Messungen und Analysen

Messungen und Beprobungen fanden jeweils nach Starkregenereignissen mit Regenmengen bis zu  $25 \text{ l/m}^2$  pro Tag, bis zu  $3,5 \text{ l/m}^2$  pro Stunde oder längeren Regenperioden, sowie nach Schneeschmelze statt. Aufgenommen wurde die Menge des aufgefangenen Oberflächenabflusses und des abgeschwemmten Sediments. Aus jeder Messanlage wurden zusätzlich Wasser- und Sedimentproben entnommen. Die Wasserproben wurden auf N- und P-Gehalte, die Sedimentproben auf N- und P-Gehalte, Kornfraktion und Trockenmasse untersucht. Aufgrund der länger andauernden Schneeaufgabe ergaben sich im Zeitraum Dezember 2009 und Februar 2010 trotz häufigerer Niederschläge nur wenige Messungen.

Für die Bestimmung der Nitratverlagerung wurden im Zeitraum November 2009 bis April 2010 zusätzlich auf beiden Flächen Bodenproben bis 90 cm Tiefe entnommen und die  $N_{\min}$ -Gehalte bestimmt. Mit Hilfe der Niederschlagsdaten wurde anschließend die Simulation der Nitratverlagerung durch das Technologiezentrum Wasser (TZW) Karlsruhe mit dem TZW-Simulationsmodell INVAM durchgeführt.



### **Niederschlagsmessung:**

Die installierte Wetterstation liefert Tages- und Stundenwerte zu Niederschlag und Lufttemperatur. Die Daten können online abgerufen werden.

### **Schwächen der Versuchsanstellung zur Erosionsmessung**

Versuchsfläche:

Üblicherweise werden Flächen nach Ihrer Eignung für derartige Messungen ausgesucht. So sollte beispielsweise das Einzugsgebiet einer Messanlage klar abgrenzbar sein und der Hang keine Querneigung aufweisen. Aus Mangel an alternativen geeigneten silvoarablen Agroforstsystemen wurden die Messungen an der bisher einzigen vorhandenen Anlage in Baden-Württemberg mit einer deutlichen Hangneigung durchgeführt. Der Vorteil der Anlage in KA-Stupferich liegt darin, dass die Vergleichsfläche identisch wie die Agroforstfläche bewirtschaftet wird und die Hangneigung auf beiden Flächen nahezu gleich ist. So war es möglich, Messungen unter vergleichbaren Umweltbedingungen durchzuführen. Auch regelmäßige Kontrollen und Probennahmen auf der Fläche waren aufgrund der geringen Entfernung zum LTZ problemlos möglich. Negativ wirkt sich aus, dass auf der Agroforstfläche der Hang eine leichte Querneigung aufweist und Niederschlagswasser daher auch quer zum Hang abfließen kann. Ein weiterer Punkt, der bei der Auswertung berücksichtigt werden muss, ist die Tatsache, dass die Reihen der Kultur auf der Agroforstfläche hangparallel und auf der Nachbarfläche in Längsrichtung zum Hang angelegt wurden.

Messeinrichtungen:

Bei der Messung des Niederschlags muss darauf hingewiesen werden, dass sich die Aufstellung einer Wetterstation auf der Versuchsfläche verzögerte und daher für den ersten Teil der Messungen nur Werte von einer entfernteren Wetterstation zur Verfügung stehen. Auf der Vergleichsfläche liefen die Gruben für die Fässer trotz Abdeckung mit Hangzugwasser voll, was ein Aufschwemmen der Fässer bewirkte. Daher mussten die Rohrleitungen im Zuge eines Umbaus der Messeinrichtung verlängert werden, so dass die Fässer am Unterhang ohne Eingrabung aufgestellt werden konnten (Abbildung 16, Bilder 5 und 6). Hierdurch ergab sich eine zeitweilige Unterbrechung der Messungen. Aus diesen genannten Einschränkungen ergibt sich, dass diese Messreihe nur beschränkt belastbare Aussagen erlaubt und aus ihr lediglich Tendenzen abgeleitet werden konnten. Auch eine statistische Auswertung der Ergebnisse war aufgrund dieser Voraussetzungen (und damit verbunden der geringen Anzahl an Messwerten) nicht möglich. Um belastbare Ergebnisse zu bekommen, müssten solche Messungen zukünftig auf geeigneteren Flächen und über mehrere Vegetationsperioden durchgeführt werden.



Abbildung 16: Bilder 5 und 6: umgebaute Erosionsmesseinrichtungen (links Agroforstfläche, rechts Vergleichsfläche) Bilder: F. SEIDL

#### 2.2.2.4 Ergebnisse und Diskussion

##### Oberflächenabfluss

Die ersten Messungen wurden im November 2009 durchgeführt. Hier erfolgten die ersten stärkeren Niederschläge mit jeweils 10 bis 14 l/m<sup>2</sup> und Tag. Zu dieser Zeit nahm der trockene Boden den größten Teil des Niederschlags auf. Die Messungen ergaben nur geringe Oberflächenabflüsse zwischen 0 und 5 l auf beiden Flächen. Im Laufe der nächsten Wochen summierte sich die Gesamtniederschlagsmenge auf etwa 90 l/m<sup>2</sup>. Die nächste Messung Anfang Dezember ergab Abflussmengen von 0,7 bis 12 l je Messanlage. Bei diesen ersten Messungen zeigte sich, dass die höchsten Werte auf der Agroforstfläche an der Messanlage AF2 auftraten, wenn auch auf niedrigem Niveau. Im Dezember stiegen die gemessenen Werte an der Messanlage NF1 deutlich an. Hier erreichten die Abflussmengen zwischen 22 und 78 l. Die höchsten Abflüsse wurden bei zwei Messungen mit 100 bis 157 l im Januar und Februar an beiden Messeinrichtungen der Vergleichsfläche gemessen. Zu diesem Messzeitpunkt lagen die Werte auf der Agroforstfläche bei maximal sechs Litern. Diese Messungen erfolgten nach Starkregenereignissen mit Niederschlagsmengen von 15 bzw. 22 l/m<sup>2</sup> und Tag. Die Ergebnisse der Messungen (Niederschlag und Oberflächenabfluss) sind in Abbildung 17 bis Abbildung 19 dargestellt.

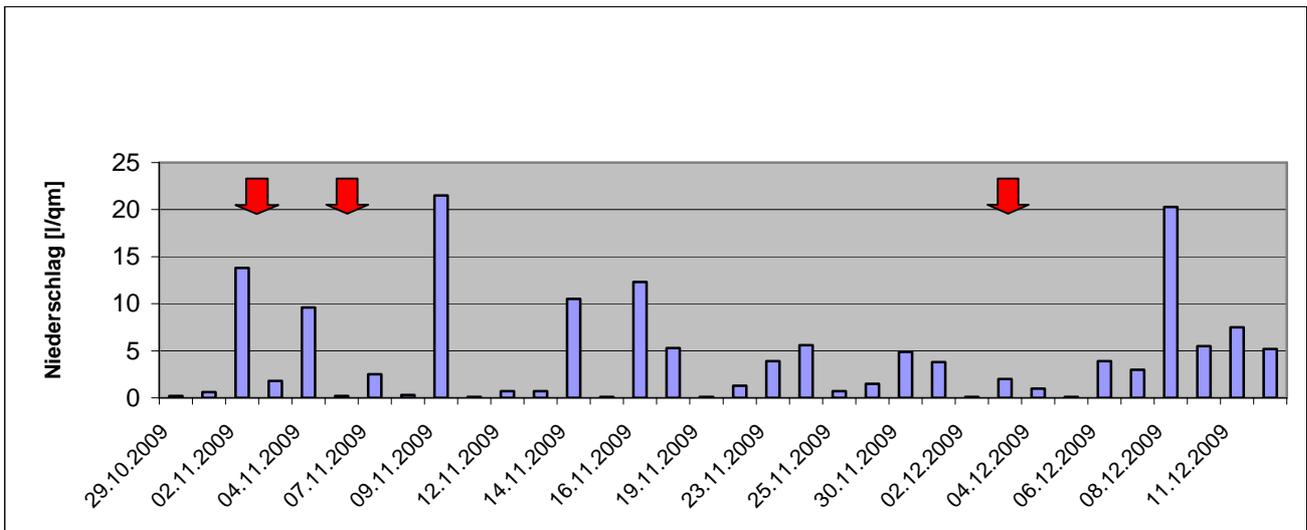


Abbildung 17: Niederschlagsdaten (Tageswerte) vom 29.10.2009 bis 12.12.2009 (Wetterstation KA-Rüppurr) (rote Pfeile markieren die Tage der Messungen)

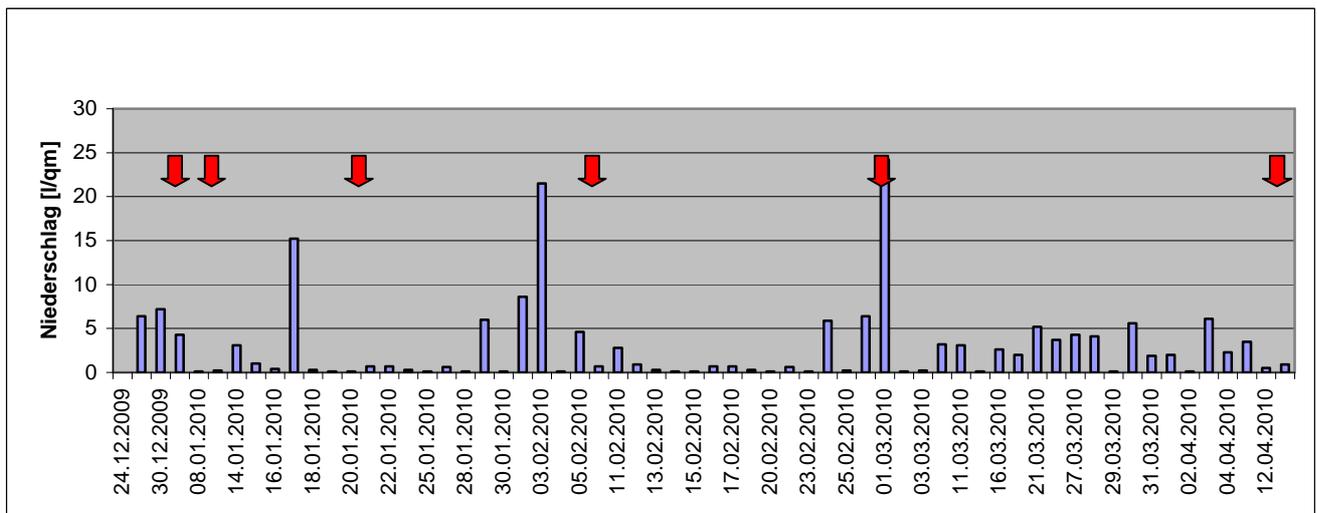


Abbildung 18: Niederschlagsdaten (Tageswerte) vom 13.12. 2009 bis 12.04.2010 (Wetterstation KA-Stupferich). (rote Pfeile markieren die Tage der Messungen)

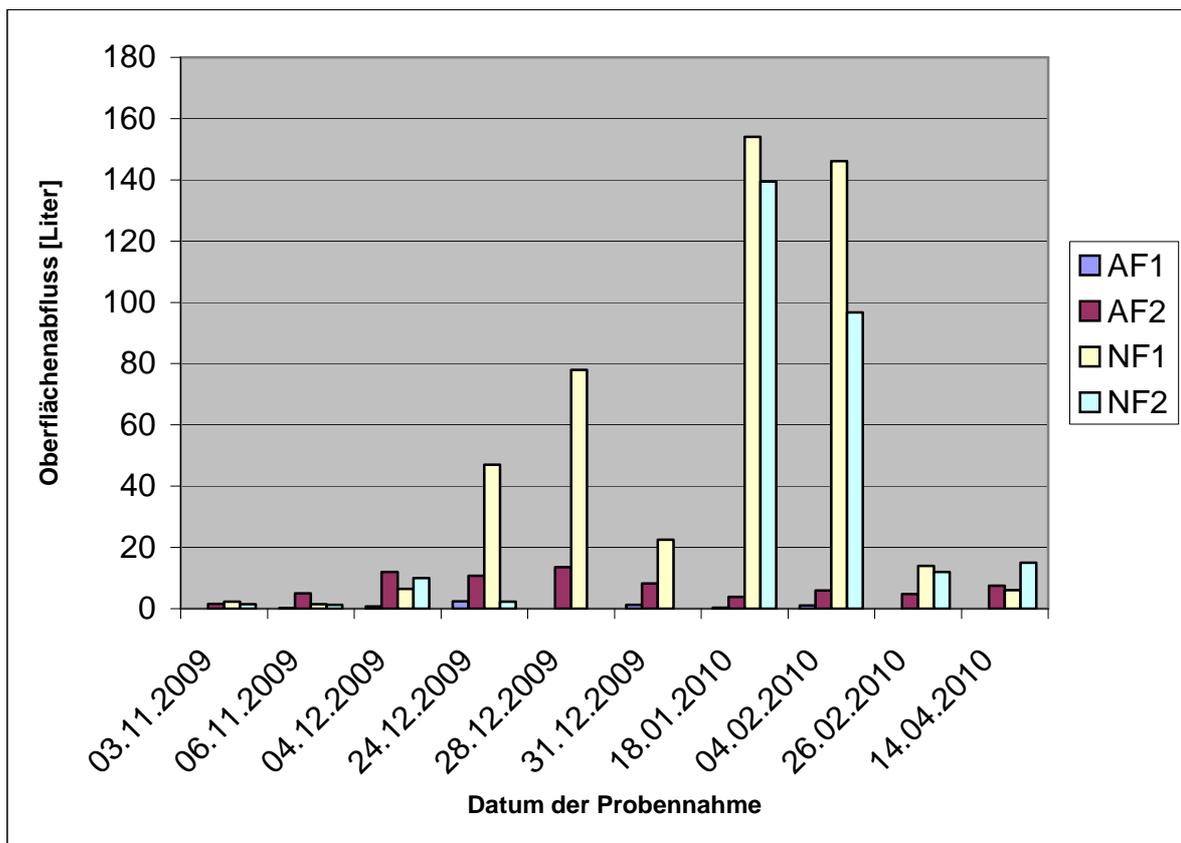


Abbildung 19: Ergebnisse der Messungen des Oberflächenabflusses (Agroforstfläche AF1/AF2, Vergleichsfläche NF1/NF2)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die größten Abflussmengen auf der Vergleichsfläche gemessen wurden. Die Messanlage mit der darüberliegenden Hanglänge von 45 Metern (NF1) wies hierbei die höchsten Einzelwerte (154 und 146 l) auf. Die Messanlage mit der kürzeren Hanglänge von 30 Metern (NF2) wies etwas geringere Werte auf (97 und 140 l). Die Abflussmengen auf der Agroforstfläche betragen im Vergleich dazu maximal 29 %. Auch bei den Gesamtmengen des Oberflächenabflusses wurde auf der Vergleichsfläche an der Messanlage NF1 (größere Hanglänge) mit 478 l eine um 70 % höhere Menge im Vergleich mit der Messanlage NF2 (kürzere Hanglänge) gemessen. Während des gesamten Messzeitraumes wurden auf der Agroforstfläche 79 l an Oberflächenabfluss gemessen, während auf der Nachbarfläche 756 l Niederschlagswasser oberirdisch abfloss. **Diese wenigen Messwerte bestätigen, dass Baumstreifen in AFS eine Minderung des Oberflächenabflusses bewirken können.** Um eindeutige Aussagen treffen zu können, sind weitere Untersuchungen unbedingt erforderlich. Die Messwerte stimmen u.a. mit den Untersuchungen von DUCHEMIN & HOGUE (2009) überein, die Reduktionen des Oberflächenabflusses von 35 % feststellten.

Gründe für die Abflussminderung sind beispielsweise in der Tatsache zu sehen, dass Strukturelemente wie etwa bewachsene Baumstreifen abfließendes Wasser aufhalten und schadlos ableiten können. Dadurch wird dem Wasser ein Teil der Bewegungsenergie genommen; mitgeführtes Sediment wird abgelagert (Zwischenakkumulation), und der erosionsauslösende Übertritt von Wasser



auf darunter liegende Ackerflächen wird meistens verhindert (WÜRFEL & UNTERSEHER 2002). Auch die Infiltration wird bei Verringerung der Bewegungsenergie erhöht (DUCHEMIN & HOGUE 2009). Ein Einfluss der Bäume beispielsweise durch verstärkte Wasseraufnahme und Transpiration ist hingegen aufgrund der Vegetationsruhe der Bäume während des Messzeitraumes und aufgrund deren geringen Alters auszuschließen.

Deutlich wird bei den Ergebnissen auch, dass die Hanglänge einen Einfluss auf den Oberflächenabfluss hat. Eine Verkürzung der Hanglänge durch Baumstreifen in AFS wirkt sich demnach positiv hinsichtlich einer Erosionsminderung aus. Dies wird z.B. auch bei der Abschätzung von Erosion mit Hilfe der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) berücksichtigt (siehe z.B. SCHWERTMANN ET AL. 1987).

### **Erosion**

Zu Sedimentaustrag kam es im Verlauf der Messungen nur an einem Tag in beiden Messanlagen der Vergleichsfläche. Hierbei wurden jeweils ca. 150 g Boden (Trockensubstanz) abgetragen. An diesem Tag wurden auch die größten Mengen an Oberflächenabfluss mit 140 bzw. 154 Litern gemessen. Die Analyse ergab bei beiden Proben einen Phosphatgehalt ( $P_2O_5$ ) von 0,2 % der Trockensubstanz, was einer Gesamtmenge von etwa drei g entspricht. Der Stickstoffgehalt lag zwischen 0,13 und 0,14 % der Trockensubstanz, was einer Gesamtmenge von etwa zwei g entspricht. Auf der Agroforstfläche wurde während des gesamten Messzeitraumes kein Sedimentabtrag festgestellt. Zu beachten ist dabei, dass sich die im Versuchszeitraum vorhandene Bodenbedeckung durch eine Winterkultur (Wintergerste) positiv hinsichtlich einer Erosionsminderung auswirkt. Eine Bodenbedeckung zwischen 25 und 30 % kann bereits eine Reduzierung des Bodenabtrags durch Wassererosion von 75 % bewirken. Oberflächen schützende Winterkulturen sind daher prinzipiell in erosionsgefährdeten Gebieten den Sommerkulturen vorzuziehen (FRIELINGHAUS ET AL. 2002, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

Zusammenfassend kann eine Tendenz zur Minderung von Wassererosion durch Baumstreifen festgestellt werden. Insbesondere die oben beschriebene Verringerung des Oberflächenabflusses und die damit verbundene Reduktion der erosiven Kräfte weist darauf hin, dass Baumstreifen auf erosionsgefährdeten Standorten auch zu einer Reduktion der Bodenerosion durch Wasser beitragen können.

### **Nährstoffausträge**

Bei der Analyse der Wasserproben auf ihre Gehalte an Ammonium und Nitrat ergaben sich höhere Werte für die Vergleichsfläche. Die Durchschnittswerte für Stickstoff ( $NH_4$  und  $NO_3$ ) lagen auf der Agroforstfläche an beiden Messanlagen bei 0,74 und 1,27 mg, auf der Nachbarfläche bei 1,02 und 1,59 mg pro Liter Wasser.

Beim Phosphor lagen die Werte der Vergleichsfläche mit 0,52 und 1,14 mg pro Liter Wasser deutlich über denen der Agroforstfläche (0,16 und 0,39 mg/l). Auf der Agroforstfläche lagen die Werte bei acht Proben sogar unterhalb der Bestimmungsgrenze. Betrachtet man die Ergebnisse der Flächen separat, fällt auf, dass die höheren durchschnittlichen Nährstoffgehalte jeweils an den Messanlagen mit der kürzeren Hanglänge (AF2, NF2) gemessen wurden (siehe Tabelle 4).



Das entscheidende Ergebnis ergibt sich bei Einbezug der gemessenen Abflussmengen. So ergeben sich über den gesamten Messzeitraum Stickstoffausträge etwa 3300 mg für die Vergleichsfläche, während auf der Agroforstfläche nur rund 160 mg ausgetragen wurden. Noch deutlichere Unterschiede ergeben sich beim Phosphor. Hier wurden auf der Vergleichsfläche knapp 550 mg mit dem Oberflächenabfluss ausgetragen, auf der Agroforstfläche hingegen nur etwa 5 mg. Eine Hochrechnung auf Hektarwerte ist aufgrund der angesprochenen nicht klar abzugrenzenden Größe der Bezugsfläche der Messanlagen nicht möglich.

Tabelle 4: Mittlere Nährstoffgehalte (N/P) der analysierten Wasserproben und die Gesamtmengen an ausgetragenem N und P

Messanlage	Stickstoff (NH <sub>4</sub> /NO <sub>3</sub> ) [mg/l]	Phosphor [mg/l]	Gesamtmenge Stickstoff [mg]	Gesamtmenge Phosphor [mg]
AF1	0,74	0,16	4,7	0,09
AF2	1,27	0,39	153,6	5,2
NF1	1,02	0,52	1424,7	224,7
NF2	1,59	1,14	1890,3	319,5

Auf der Agroforstfläche waren die Nährstoffgehalte im Oberflächenabfluss im Vergleich zur benachbarten Ackerfläche um durchschnittlich 25 % (Phosphor) bis 70 % (Stickstoff) reduziert. Diese Werte decken sich mit den in Kapitel 3.8.2 beschriebenen Ergebnissen von DUCHEMIN & HOGUE (2009). Durch die starke Reduktion des Oberflächenabflusses auf der Agroforstfläche wurden die Gesamtmengen an Nährstoffen, die ausgetragen und in die Vorfluter gelangen können, um über 90 % gesenkt. Die Reduktion der Stoffausträge ist vermutlich durch die Verringerung der Fließgeschwindigkeit des Oberflächenabflusses bedingt, der durch die Baumstreifen erreicht wird. Hierdurch wird die Infiltration des Wassers erhöht, wodurch die Nährstoffe in den Boden verlagert werden. Die erhöhte Infiltrationsrate in AFS ist auch für DUCHEMIN & HOGUE (2009) und SCHOONOVER ET AL. 2004 der entscheidende Grund für die reduzierten Stofffrachten im Oberflächenabfluss. Die Versuchsergebnisse sind allerdings unter den eingangs erwähnten Einschränkungen durch die Versuchsanstellung zu sehen. Insbesondere die deutlichen Unterschiede der Abflussmengen sind sicher auch durch die leichte Querneigung der Agroforstfläche beeinflusst.

#### **Nitratverlagerung** (Simulation und Bericht: Technologiezentrum Wasser (TZW) Karlsruhe)

Die Wassergehalte zwischen den beiden Versuchsflächen unterschieden sich teilweise recht deutlich, weshalb trotz gleicher Probennahmeterminen unterschiedliche Sickerwassermengen resultieren. Die Feldkapazität wurde auf Basis der vorliegenden Wassergehalte abgeschätzt. Dabei zeigten sich Unterschiede von maximal 15 mm zwischen gleichen Bodenschichten der beiden Untersuchungsflächen. Als Summenwert für den Bodenbereich 0 – 90 cm resultierten jedoch in beiden Fällen 270 mm.

Beide Flächen wurden am 26.02.2010 mit 65 kg N/ha und am 03.04.2010 mit 54 kg N/ha KAS gedüngt. Auffallend waren auch die teils hohen Ammoniumgehalte insbesondere im mittleren und



unteren Bodenbereich und bei den Terminen 15.03. und 14.04.2010, insbesondere auf der Agroforstfläche. Derartige Effekte sind sonst nur bei stark durchlässigen, künstlich aufgebauten Böden zu beobachten. Die Ammoniumgehalte wurden für die Simulationsrechnungen jedoch nicht berücksichtigt, da die im Modell abgebildeten Prozesse nur für nichtsorbiebare Stoffe gelten. Bei jeweils drei der fünf Probennahmetermine lagen ungesättigte Verhältnisse vor. An diesen Terminen konnte nur eine Simulationsrechnung ohne Anpassung (d. h. eine reine Auswaschungsrechnung) durchgeführt werden. Dies erklärt die angegebenen Werte für den Bilanzsaldo. Aufgrund der vorgenommenen Düngung im März / April liegen die berechneten Werte unter den gemessenen Werten (negativer Bilanzsaldo). Für die Vergleichsfläche ergab sich aus der Bodenwasserbilanz zwischen den Probennahmeterminen 15.03. und 14.04.2010 keine Sickerung, weshalb die Berechnungen für diesen Zeitraum nur Verlagerungseffekte aufzeigen, jedoch keine Auswaschungseffekte.

Die INVAM-Simulationsrechnungen haben gezeigt, dass die Hauptauswaschungsperiode zwischen den Probennahmeterminen 17.11.2009 und 25.01.2010 stattfand (siehe Abbildung 20 und Abbildung 21). Die berechnete Nitratauswaschung ist zwischen diesen beiden Probennahmeterminen bei der Agroforstfläche mit 38 kg N/ha um 11 kg N/ha höher als bei der Vergleichsfläche, bei der 27 kg N/ha berechnet wurden.

Um die Nitratstickstoffgehalte Mitte Januar 2010 nachvollziehen zu können, war bei der Vergleichsfläche die Berücksichtigung einer positiven Anpassung in Höhe von 33 kg N/ha erforderlich. Bei der Agroforstfläche war dies nicht notwendig. Hier konnte der Summenwert von Mitte Januar bereits durch eine reine Auswaschungsrechnung recht gut nachvollzogen werden. Die Ursache für diesen Unterschied ist nicht bekannt.

Die gesamte Nitratauswaschung zwischen den Probennahmeterminen 17.11.2009 und 14.04.2010 lässt sich für die Agroforstfläche zu 51 kg N/ha und für die Vergleichsfläche zu 39 kg N/ha abschätzen. Unter Berücksichtigung der Sickerwassermengen resultieren daraus mittlere Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter diesen Flächen von 94 mg/l für die Agroforstfläche bzw. 76 mg/l für die Vergleichsfläche.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich die beiden nahe beieinander liegenden Flächen sowohl hinsichtlich der Wassergehalte als auch hinsichtlich der Nitratstickstoffgehalte deutlich unterscheiden. Die Unterschiede sind auf die unterschiedliche Vorgeschichte (Agroforstfläche: ehemalige Obstanlage) zurückzuführen. Dies gilt insbesondere für die hohen  $N_{\min}$ -Werte, die sich zwangsläufig nach der Rodung der Obstanlage und dem Umbruch des Grasbewuchses unter den Obstbäumen ergeben. Inwiefern die Baumreihen auf der Agroforstfläche einen Einfluss auf die Nitratverlagerung haben, kann daher erst nach wiederholten Messungen beurteilt werden.

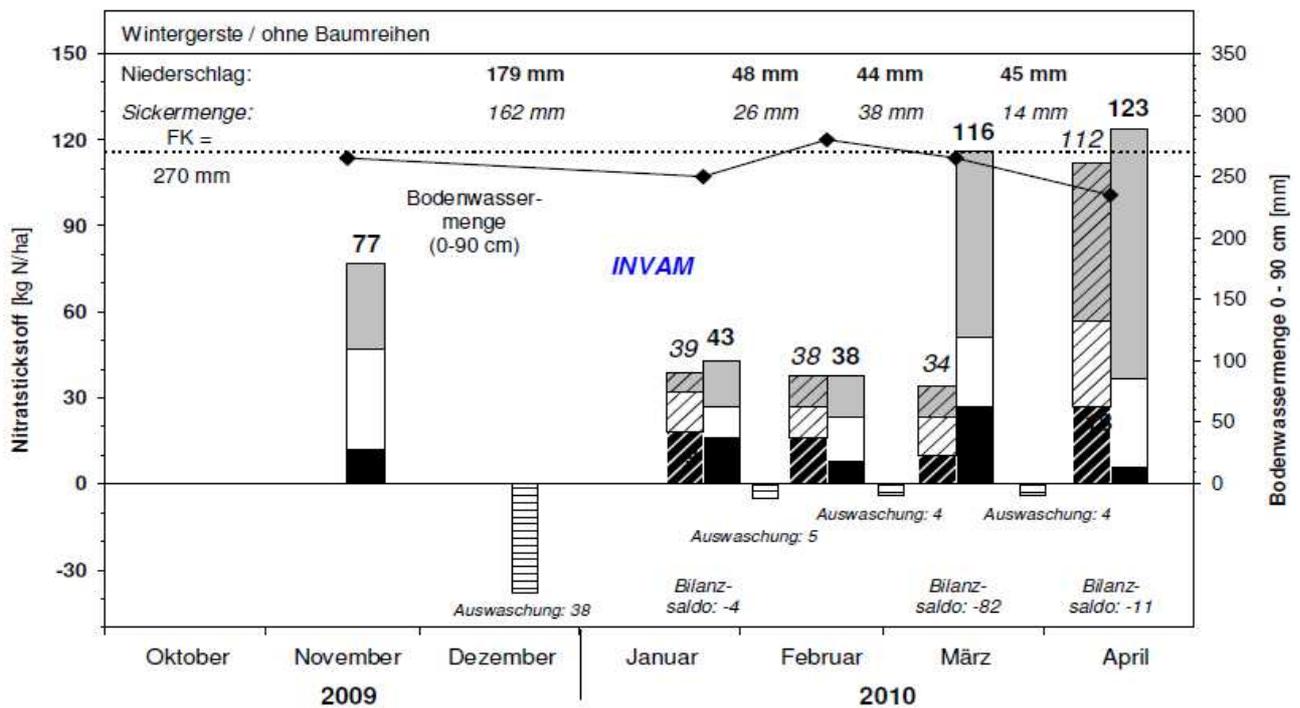


Abbildung 20: Entwicklung des Nitratstickstoffgehaltes und der Simulationsergebnisse auf der Agroforstfläche (mit Baumreihen) KA-Stufferich im Zeitraum November 2009 bis April 2010 (Berechnungen: TZW 2010)

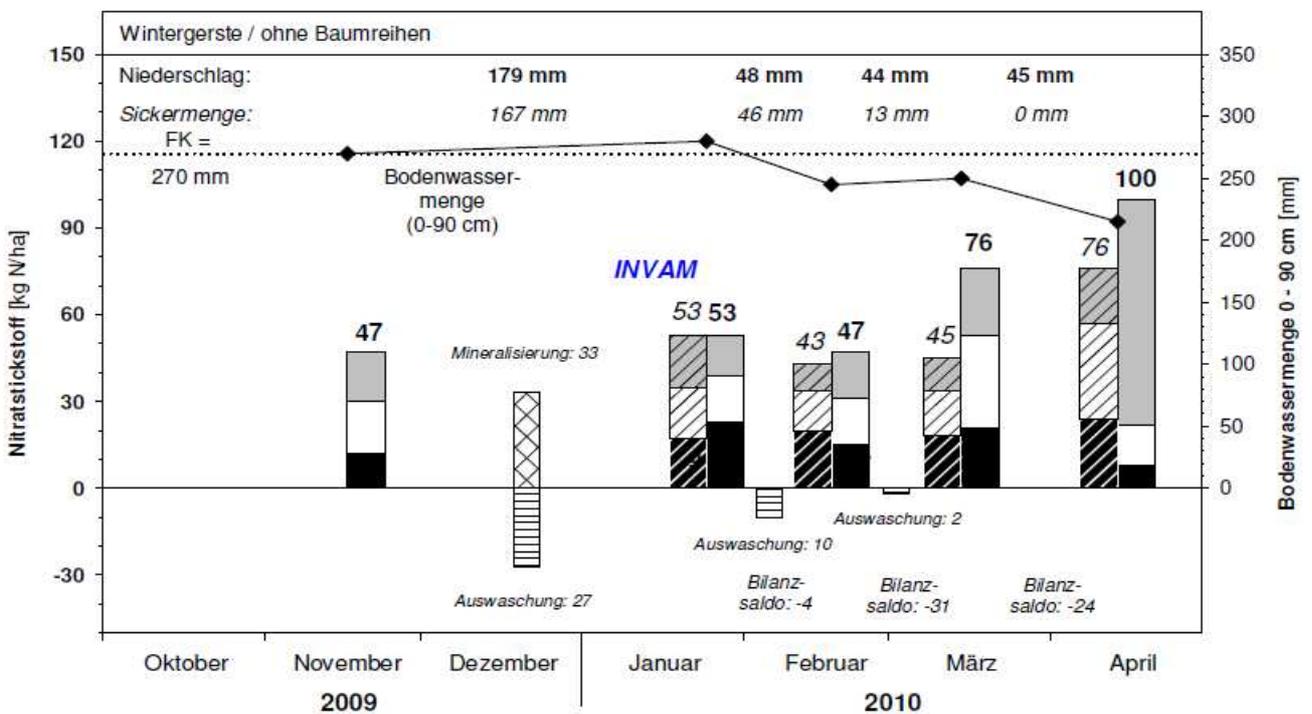


Abbildung 21: Entwicklung des Nitratstickstoffgehaltes und der Simulationsergebnisse auf der Nachbarfläche (ohne Baumreihen) im Zeitraum November 2009 bis April 2010 (Berechnungen: TZW 2010)



## 2.3 Wertholzträger und Kurzumtriebsflächen als potentielle Kohlenstoffsenken

*Simeon Springmann, Christopher Morhart*

### 2.3.1 Einleitung

Im Zuge der Klimadiskussion und der Debatte um Emission von Treibhausgasen ist in den letzten Jahren die Funktion von Wäldern als wichtigster Kohlenstoffspeicher der lebenden terrestrischen Biosphäre immer mehr in den umweltpolitischen Fokus gerückt. Bäume, bzw. Wälder entziehen bei der Photosynthese der Atmosphäre ständig Kohlenstoff und bauen diesen in die Pflanzenmasse ein. Beim Abbau der organischen Substanz zum Beispiel durch Verrottung oder Verbrennung wird der Kohlenstoff in Form von  $\text{CO}_2$  wieder freigesetzt.

Agroforstsysteme mit Baumkomponente, zum Beispiel zur Wertholzproduktion, bieten die Chance auf bisher rein landwirtschaftlich genutzten Flächen Kohlenstoff dauerhaft innerhalb des Baumbestandes zu speichern. Durch Kombination von Wertholzproduktion mit Kurzumtriebsbereichen, auf denen mehrjährige schnellwachsende Baumarten angebaut werden, lässt sich die mögliche Speichermenge an Kohlenstoff je Flächeneinheit zusätzlich steigern. Das Potenzial eines solchen Agroforstsystems mit Wertholzproduktion und Biomasseerzeugung im Kurzumtrieb wird im Folgenden beispielhaft aufgezeigt.

### 2.3.2 Ergebnisse

Durch Analyse des Kohlenstoffgehalts in den Holz- und Rindenproben (siehe TaTabelle 42 und Tabelle 43) konnte die gespeicherte Kohlenstoffmenge für Wertholzträger der drei untersuchten Baumarten Esche, Ahorn und Kirsche kompartimentsweise berechnet werden. Entsprechend der Vorgehensweise bei der Berechnung der Nährstoffgehalte (siehe Themenkomplex 5) wurden die Werte für den Kohlenstoffgehalt hergeleitet. Für die Dimension des Wertholzträgers nach 60 Jahren wurden ebenfalls die gleichen Maße verwendet (Höhe=30 m, BHD= 60 cm).

In Abbildung 22 sind die enthaltenen Kohlenstoffgehalte je Kompartiment dargestellt. Nach 60 Jahren Wachstum sind in je nach Baumart zwischen 1,8 und 1,9 Tonnen Kohlenstoff je Baum gespeichert. Dies entspricht einer  $\text{CO}_2$  –Menge von 6,6 bis 7 Tonnen. Etwa die Hälfte davon ist im Derbholz oberhalb des astfreien Stammabschnitts enthalten. Circa ein Drittel des aufgenommenen Kohlenstoffs ist im Wertholzabschnitt, dem astfreien Schaft (Afs), gespeichert.

Je Jahr und Baum werden im Durchschnitt 31 kg Kohlenstoff ( $114 \text{ kg CO}_2$ ) zum Aufbau der Biomasse der Atmosphäre entzogen. Entsprechend der Verwendung und Weiterverarbeitung des Holzes bleibt der Kohlenstoff unterschiedlich lange Zeit nach der Ernte gebunden. Bei unterstellter späterer Nutzung des Derbholzes oberhalb des Wertholzschafte (DH ohne

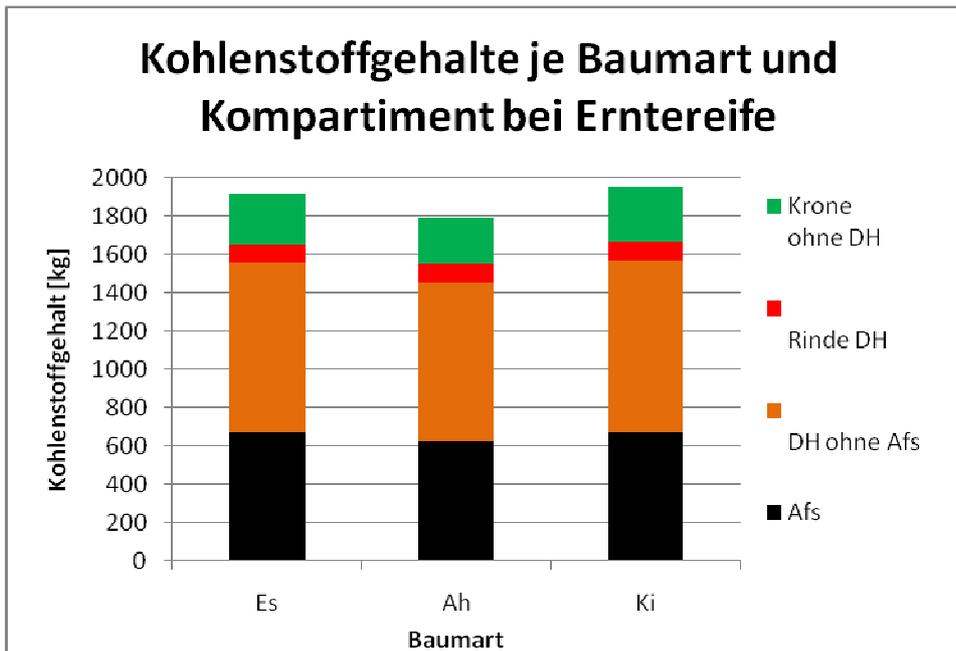


Abbildung 22: Gespeicherte Kohlenstoffmenge in verschiedenen Bestandteilen eines Wertholzträgers am Ende der Produktionszeit nach 60 Jahren (Dimension: Höhe=30 m, BHD= 60 cm) (DH= Derbhholz; Afs= astfreier Stammabschnitt).

Afs in Abbildung 22) als Brennholz sowie dem Belassen des übrigen Kronenmaterials auf der Fläche, wird der darin enthaltene Kohlenstoff bereits innerhalb weniger Jahre nach der Ernte wieder an die Atmosphäre in Form von CO<sub>2</sub> zurückgegeben. Bei der Verarbeitung des Wertholzabschnitts zu hochwertigem Furnier, das heißt langlebigen Holzprodukten ist hingegen von einer deutlich längeren Dauer bis zur Wiederfreisetzung des darin gebundenen Kohlenstoffs auszugehen. Durch die Nutzung von Holz in solch langfristigen Holzprodukten, und der damit einhergehenden langfristigen Kohlenstoffbindung, verlängert sich die Speicherfunktion von Bäumen (BRANDL 2002).

Bei ungleichaltriger Bestockung der Wertholzträger innerhalb eines Agroforstsystems ist es jedoch auch möglich dauerhaft Kohlenstoff zu binden. Hierfür ist ein gestaffeltes Alter der Wertholzträger wodurch beispielsweise alle zwei Jahre ein erntereifer Baum eingeschlagen und durch Pflanzung eines neuen Baums ersetzt wird optimal. Auf diese Art ist eine andauernde Kohlenstoffspeicherung innerhalb des Wertholzbaumbestandes des Agroforstsystems möglich. Für das ebenso bei der ökonomischen Betrachtung und Nährstoffanalyse angenommene Agroforstsystem mit 35 Wertholzträgern je Hektar (siehe Tabelle 16), können so bei gestaffelter Alterstruktur der Bäume konstant über 28 Tonnen Kohlenstoff (entspricht 103 t CO<sub>2</sub>) je Hektar in der lebenden Biomasse der Wertholzträger gespeichert werden.

In Tabelle 5 sind für die innerhalb des Projekts analysierten Pappelklone die Kohlenstoffgehalte in Prozent sowie das mögliche Speichervolumen an Kohlenstoff je Jahr und Hektar dargestellt. Die Werte wurden unter Verwendung der Ergebnisse der Nährstoff- und Kohlenstoffanalyse (siehe Themenkomplex 5) berechnet.

Anders als bei der Wertholzproduktion wird bei der Biomasseproduktion das gesamte Holz nach der Ernte energetisch umgesetzt, wodurch der während des Wachstums gespeicherte Kohlenstoff



kurzfristig wieder an die Atmosphäre zurückgeführt wird. Eine dauerhafte gleichbleibend hohe Speicherung auf der Fläche kann hier nur durch eine gestaffelte Altersstruktur (ähnlich wie bei der Wertholzproduktion beschrieben) erreicht werden.

Bei dem als Beispiel angeführten Agroforstsystem (siehe Tabelle 16) stehen 4 Bereiche zwischen den Wertholzträgerreihen zur Verfügung, die für Kurzumtrieb genutzt werden können (insgesamt 8500 m<sup>2</sup> je Hektar Agroforstsystem). Bei einer unterstellten Rotationszeit von 4 Jahren und gestaffelter Alterstruktur der Felder kann in einem solchen System jedes Jahr 1 Feld abgeerntet werden. Drei Felder sind bei dieser Nutzungsvariante stets bestockt (1 Feld=einjährig, 1 Feld=zweijährig, 1 Feld=dreijährig) . Auf ihnen ist dadurch je Hektar Agroforstsystem 6,7 Tonnen Kohlenstoff (entspricht 24,6 t CO<sub>2</sub>) dauerhaft gespeichert.

Das Gesamtsystem, bestehend aus Wertholzbäumen und Kurzumtriebsbereichen (beide gestaffelten Alters) ist somit fähig insgesamt 128 t CO<sub>2</sub> nachhaltig zu binden und der Atmosphäre als Treibhausgas zu entziehen.

Tabelle 5: C- Gehalte vier verschiedener Pappelklone

	C [%]	C [t/(ha*a)]
Hybride 275	48,28	5,26
Kornik	48,39	5,27
Monviso	48,21	5,25
Max 3	48,83	5,32
Mean	48,43	5,28

### 2.3.3 Fazit

Agroforstsysteme mit Wertholzkomponente und Kurzumtriebsbereich bieten bei entsprechender Bewirtschaftungsweise (gestaffelte Alterstruktur) die Möglichkeit dauerhaft Kohlenstoff zu binden. Der in den geernteten Bäumen enthaltene Kohlenstoff bleibt je nach Verwendungsart des Holzes unterschiedlich lange gebunden. Speziell bei den aus dem Wertholzabschnitt erzeugten Produkten kann aufgrund ihrer Hochwertigkeit von einer langen Lebensdauer ausgegangen werden, was die Speicherfunktion verlängert.

Wertholzbäume in Agroforstsysteme, z.B. in Kombination mit Kurzumtriebsbereichen, können auf bisher rein landwirtschaftlich genutzten Flächen neue Kohlenstoffsinken darstellen und so dazu beitragen den prognostizierten Klimawandel abzumildern.



## 3 Untersuchung zusätzlicher Ertragsmöglichkeiten

### 3.1 AFS als mögliche Kompensationsmaßnahme im Sinne des Natur- und Ressourcenschutzes

*Frieder Seidl, Manuel Oelke*

#### 3.1.1 Kurzfassung

In diesem Teilprojekt wurde der Frage nachgegangen, inwieweit die Anlage von AFS und eventuelle zusätzliche Maßnahmen als Kompensationsmaßnahmen im Rahmen der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung und von Ökokontoregelungen anerkannt werden können. Die Analyse der einzelnen Rechtsvorschriften und untergesetzlichen Regelungen auf Bundes- und Länderebene ergab bis auf wenige Ausnahmen keine Berücksichtigung von AFS. Die Vorgaben orientieren sich in den allermeisten Fällen an den gängigen Biotoptypen. Überschneidungen mit Elementen von AFS ergeben sich zwar relativ häufig, ein Bezug lässt sich jedoch meist nur für die Flächen herstellen, die letztendlich auch mit Bäumen oder Baumstreifen bepflanzt sind. Der Flächenbezug und damit die Honorierung – wenn sie denn erfolgt – würde nach den bisherigen Regelungen daher im Allgemeinen gering ausfallen. Alternative Ansatzpunkte für eine Anerkennung als Ökokontomaßnahme bestehen für AFS über die Aufwertung anderer Schutzgüter (z. B. Boden) wie etwa eine Verbesserung der Infiltrationskapazität oder der Erosionsminderung. AFS als eigene Landnutzungsform sollen bisher nur in Baden-Württemberg als Kompensationsmaßnahme in Form von silvopastoralen AFS als „Wertholzweiden“ zukünftig anerkannt werden. Diskussionsansätze, Alternativen zu herkömmlichen Kompensationsmaßnahmen z. B. in Form von sog. „produktionsintegrierten Maßnahmen“ zu ermöglichen, gibt es jedoch auch in anderen Bundesländern. Weitere Forschungsaktivitäten zu positiven Umweltwirkungen von AFS sind in diesem Sinne anzustreben.

Die Frage, ob ein Agroforstsystem als Kompensationsmaßnahme im Sinne des Natur- und Ressourcenschutzes anerkannt werden kann, ist nicht pauschal zu beantworten. Neben den rechtlichen Rahmenbedingungen des jeweiligen Bundeslandes sind mehrere Faktoren maßgebend für die Entscheidung, ob ein AFS ökokontofähig ist. Insbesondere hat die naturschutzfachliche Wertigkeit der betreffenden Fläche Einfluss auf die Anerkennung. Zudem muss gutachterlich geklärt werden, zu welchem Grad ein AFS eine Aufwertung der jeweiligen Fläche darstellen wird. Durch die vielfältigen Möglichkeiten in der Gestaltung von AFS kann das System in der Planung den Erfordernissen in einem gewissen Rahmen angepasst werden. Die Entscheidung für oder wider eine Anerkennung einer AFS-Fläche obliegt der zuständigen Unteren Naturschutzbehörde. Die Anerkennung von AFS und die Zuordnung von Ökopunkten können, wenn AFS im jeweiligen Bundesland als ökokontofähige Maßnahme gelten, direkt nach Prüfung der Voraussetzungen erfolgen. Andernfalls ist eine Bewertung anhand der Wirkungen der Anlage beispielsweise auf Boden und Grundwasser möglich, oder kann anhand verwandter Landschaftselemente wie Alleen oder Einzelbäumen vorgenommen werden. Da der Anerkennungsprozess in der Praxis aufwendig ist,



empfehlen sich für die Anerkennung von AFS direkte Kooperationen zwischen Landnutzern und Trägern ausgleichspflichtiger Maßnahmen.

### 3.1.2 Hintergrund

Die im vorhergehenden Teilpaket beschriebenen Naturschutzmaßnahmen werden von Landwirten in der Regel nur durchgeführt werden, wenn es Möglichkeiten gibt, sie finanziell zu honorieren. Eine denkbare Variante wäre die Anerkennung von AFS-Flächen als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme bzw. im Rahmen des Ökokontos der Gemeinden. Auf diese Weise würde die „Vermarktbarkeit“ sonstiger Leistungen von AFS auch zu einer generell höheren ökonomischen Attraktivität führen, da bereits kurzfristig zusätzliche finanzielle Erträge aus dem System anfallen.

### 3.1.3 Vorgehen

Dieser Baustein wurde gemeinsam vom Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg und dem Institut für Landespflege bearbeitet: Während am LTZ die rechtliche Basis analysiert wurde, erarbeitete parallel dazu das Institut für Landespflege die naturschutzfachlichen Anforderungen, die AFS zu diesem Zweck erfüllen müssen. Dies geschah mit Hilfe von Literaturrecherchen und einem Experteninterview. Letzteres wurde an zwei Terminen mit Thomas Breunig, Diplom-Geograph und Leiter des Instituts für Botanik und Landschaftskunde in Karlsruhe, geführt. Herr Breunig wurde als Ansprechpartner gewählt, da sein Institut im Auftrag des Ministeriums Ländlicher Raum Baden-Württemberg und der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz die fachlichen Grundlagen für die Ökokonto-Verordnung Baden-Württembergs erarbeitet. Das Experteninterview sollte zur Klärung folgender Fragen beitragen:

- Welche Möglichkeiten bestehen für die Anerkennung von AFS als Ökokontomaßnahme?
- Welche Anforderungen werden dabei an AFS gestellt?
- Welche Möglichkeiten bestehen in diesem Zusammenhang für Kooperationen zwischen Landwirten und Maßnahmenträgern?

### 3.1.4 Ergebnisse

Rechtliche Rahmenbedingung

#### Einleitung

Die Anlage von Baumstreifen oder Einzelbäumen mit Werthölzern auf landwirtschaftlichen Flächen bedeutet eine langfristige Investition, die frühestens nach 40 bis 50 Jahren Ertrag bringt. Um den finanziellen Anreiz für eine solche Investition zu erhöhen, ist die Anerkennung als Kompensationsmaßnahme im Rahmen der Eingriffsregelung bzw. im Rahmen des Ökokontos der Gemeinden anzustreben. Auf diese Weise würde die „Vermarktbarkeit“ naturschutzfachlicher Leistungen von Agroforstsystemen (AFS) zu einer höheren ökonomischen Attraktivität führen, da bereits kurzfristig zusätzliche finanzielle Erträge aus dem System anfallen. Eine Bevorratung von Kompensationsmaßnahmen im Rahmen des Ökokontos würde die Planung und Anlage von Agroforstsystemen auf geeigneten Flächen ohne eine direkte Zuordnung zu einem Eingriff



ermöglichen. Häufig wird die Eignung und Bewertung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Zuge von Ökokontoregelungen festgelegt. Die folgenden Ergebnisse zeigen daher die aktuellen rechtlichen Möglichkeiten, wie eine Integration von Bäumen in die landwirtschaftliche Produktion in Form von AFS eine Anerkennung als Kompensationsmaßnahme insbesondere im Rahmen des Ökokontos der Gemeinden erlangen könnte. Hierzu wurden die Vorgaben für solche Maßnahmen in den entsprechenden gesetzlichen Regelungen auf mögliche Übereinstimmungen mit Elementen von Agroforstsystemen analysiert. Aufgezeigt werden hierbei lediglich Ansatzpunkte für die Einbindung von AFS in Strategien zur Entwicklung von Ökokontomaßnahmen. Es können dabei keinerlei rechtsverbindliche Aussagen zu deren Umsetzbarkeit und Anerkennung gegeben werden. Die rechtliche Beurteilung und Genehmigung von etwaigen Ökokontomaßnahmen obliegt den zuständigen Behörden und Gemeinden. Ein ausführliches Rechtsgutachten zu Möglichkeiten der Etablierung extensiver Landnutzungsstrategien als Eingriffskompensation auf Bundes- und Länderebene liegt z. B. von HERMANN ET AL. (2007) vor.

Begriffklärung:

Eingriffsregelung und Ökokonto

Ein Ökokonto ist ein Instrument auf kommunaler Ebene im Rahmen der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung. Eingriffe in die Natur können nur zugelassen werden, wenn der Verursacher den Eingriff kompensiert. Die Idee des Ökokontos ist die, diese Kompensationspflicht über das Ökokonto zu erfüllen und zu vereinfachen (z. B. BRITZ 1999).

Definition Eingriff:

Der Begriff des Eingriffes wird im § 14 (1) Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) definiert:

*„Eingriffe in Natur und Landschaft im Sinne dieses Gesetzes sind Veränderungen der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen oder Veränderungen des mit der belebten Bodenschicht in Verbindung stehenden Grundwasserspiegels, die die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts oder das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigen können.“*  
(BNATSchG 2010)

Kompensation von Eingriffen:

Laut § 15 Bundesnaturschutzgesetz müssen vermeidbare Beeinträchtigungen vermieden werden. Unvermeidbare Beeinträchtigungen müssen soweit als möglich minimiert werden und sind durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege durch den Verursacher auszugleichen (Ausgleichsmaßnahmen) oder zu ersetzen (Ersatzmaßnahmen) (BNATSchG 2010).

Die Kompensation einer Beeinträchtigung lässt sich nach HERMANN ET AL. (2007) erreichen:

- a) *durch Ausgleich*: Bei einem Ausgleich muss ein enger räumlicher, zeitlicher und funktionaler Bezug zu den beeinträchtigten Funktionen und Werten des Naturhaushaltes bestehen.



- b) *durch Ersatz*: nach Bundesrecht gilt, dass Ersatzmaßnahmen die Folgen des Eingriffs gleichwertig kompensieren, also in gleicher Weise ersetzen müssen. Damit unterscheiden sich die Ersatzmaßnahmen von den Ausgleichsmaßnahmen insofern, als dass bei den Ersatzmaßnahmen eine Lockerung des funktionalen Bezuges zu den beeinträchtigten Funktionen und Werten von Natur und Landwirtschaft zu verzeichnen ist (räumliche Flexibilität und enge funktionale Bindung).

Im Rahmen des Ökokontos können Ersatzmaßnahmen gezielt bevorratet werden. Entscheidend ist die räumliche und zeitliche Entkoppelung von Eingriff und Ausgleich. Das Ökokonto bietet unter anderem den Vorteil, dass Maßnahmen bereits im Vorfeld künftiger Eingriffe umgesetzt und mit später erfolgenden Eingriffen verrechnet werden können. In der Praxis haben sich dafür unterschiedliche Modelle herausgebildet, wobei man nach HERMANN ET AL. (2007) grob zwischen „Flächenpools“ und „Ökokonten“ unterscheiden kann: Bei einem Flächenpool handelt es sich im wesentlichen um eine Bevorratung von potenziellen Ausgleichsflächen. Im Gegensatz zum Ökokonto werden jedoch bei dem Flächenpool noch keine ökologischen Aufwertungsmaßnahmen durchgeführt (HERMANN ET AL. 2007). Ein Flächenpool dient vor allem der Klärung von Flächenbedarf und der Bevorratung von Flächen (BRUNS ET AL. 2001).

## Rechtliche Grundlagen auf Bundesebene

Die gesetzlichen Grundlagen für die räumliche und zeitliche Flexibilisierung von Kompensationsmaßnahmen, z. B. im Rahmen von Ökokonten, sind wie oben angesprochen auf Bundesebene durch das Baugesetzbuch (BauGB) und das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) geregelt. Während sich die Regelungen im BauGB auf den Innenbereich (nach der Bauleitplanung) beziehen, wird die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung für den Außenbereich über das BNatSchG geregelt. In § 18 BNatSchG wird das Verhältnis zum Baurecht dargelegt. Werden Eingriffe im Rahmen von Verfahren der Bauleitplanung bewertet, ist demnach „über die Vermeidung, den Ausgleich und den Ersatz nach den Vorschriften des Baugesetzbuches zu entscheiden“ (BNatSchG 2010).

Bei der Betrachtung der Frage, ob das Ökokonto bundesgesetzlich geregelt ist, muss nach WAGNER (2007) zwischen dem Naturschutz- und dem Städtebaurecht differenziert werden. In der Neuregelung des BNatSchG (Geltung seit 01.03.2010) heißt es dazu im § 16, dass Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege, die im Hinblick auf zu erwartende Eingriffe durchgeführt worden sind, unter entsprechenden Voraussetzungen als Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen anzuerkennen sind. Im Hinblick auf das Ökokonto wird den Ländern ein Handlungsspielraum gewährt. Dazu heißt es: „die Bevorratung von vorgezogenen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen mittels Ökokonten, Flächenpools oder anderer Maßnahmen, insbesondere die Erfassung, Bewertung oder Buchung vorgezogener Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in Ökokonten, deren Genehmigungsbedürftigkeit und Handelbarkeit sowie der Übergang der Verantwortung nach § 15 Absatz 4 auf Dritte, die vorgezogene Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen durchführen, richtet sich nach Landesrecht“.



Solange und soweit das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit von seiner Ermächtigung [zum Erlass von Rechtsvorschriften] keinen Gebrauch macht, richtet sich das Nähere zur Kompensation von Eingriffen nach Landesrecht, soweit dieses den vorstehenden Absätzen nicht widerspricht“ (§ 15 BNatSchG 2010). Die Einrichtung von Ökokonten ist auch in den Ländern ohne Ökokonto-spezifische landesnaturrechtliche Regelungen möglich, sofern die allgemeinen Grundsätze und Voraussetzungen, die von der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung an Kompensationsmaßnahmen gestellt wird, beachtet werden (WAGNER 2007).

Das Baugesetzbuch lässt neben der Bevorratung von Ausgleichsflächen, z. B. in einem Flächenpool, auch die Bildung sogenannter Maßnahmenpools zur Bevorratung von Ausgleichsmaßnahmen zu. Obwohl hier das Modell des Ökokontos im Gegensatz zu den Landesnaturschutzgesetzen nicht mit diesem Begriff bezeichnet ist, ermöglicht § 135a Abs. 2 BauGB die Maßnahmenbevorratung und damit das grundlegende Prinzip des Ökokontos (WAGNER 2007).

Nach dem Baugesetzbuch können Maßnahmen zum Ausgleich und Ersatz von Eingriffen auch an anderer Stelle als am Ort des Eingriffs erfolgen (räumliche Flexibilisierung, §§ 1a und 200a ). Auch eine Durchführung von Ausgleichsmaßnahmen bereits vor den Baumaßnahmen und der Zuordnung ist möglich (zeitliche Flexibilisierung, § 135a ) (BauGB 2010).

Sobald Ausgleichsmaßnahmen auf geeigneten Ausgleichsflächen kontiert wurden, sprach man in der Bauleitplanung dann auch von einem Ökokonto (BUSSE 2001). Das Ökokonto ist daher nach WAGNER (2007) im Städtebaurecht anerkannt und die Möglichkeit zu seiner Nutzung gesetzlich eingeführt.

Konkrete Anforderungen an bzw. Beispiele für mögliche Kompensationsmaßnahmen werden also auf Länderebene geregelt. Im Hinblick auf Agroforstsysteme ist noch auf die Neuregelung des Bundesnaturschutzgesetzes hinzuweisen, in der es in § 15 Absatz 3 heißt:

*„Bei der Inanspruchnahme von land- oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist auf agrarstrukturelle Belange Rücksicht zu nehmen, insbesondere sind für die landwirtschaftliche Nutzung besonders geeignete Böden nur im notwendigen Umfang in Anspruch zu nehmen. Es ist vorrangig zu prüfen, ob der Ausgleich oder Ersatz auch durch Maßnahmen zur Entsiegelung, durch Maßnahmen zur Wiedervernetzung von Lebensräumen oder durch Bewirtschaftungs- oder Pflegemaßnahmen, die der dauerhaften Aufwertung des Naturhaushalts oder des Landschaftsbildes dienen, erbracht werden kann, um möglichst zu vermeiden, dass Flächen aus der Nutzung genommen werden.“ (BNatSchG 2010)*

Eine Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen im Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion, ist also ausdrücklich erwünscht. Da mit der Anlage von Agroforstsystemen eine solche Aufwertung des Naturhaushalts oder des Landschaftsbildes erreicht werden kann, ohne die Flächenproduktivität deutlich einzuschränken, könnten mit einer Anerkennung als mögliche Kompensationsmaßnahme die genannten Ziele erreicht werden.



## Rechtliche Rahmenbedingungen auf Länderebene

### Entwicklung:

In Rheinland-Pfalz wurde das Prinzip der vorgezogenen Maßnahmenbevorratung bereits 1994 durch eine Verwaltungsvorschrift eingeführt. In Hessen institutionalisierte man bald darauf das Ökokonto nicht lediglich verwaltungsintern auf Grund einer Verwaltungsvorschrift, sondern nahm es 1994 in das Landesnaturschutzgesetz auf. Kurze Zeit später wurde das Ökokonto auch im Saarland geregelt. Hier sah ein Erlass die fakultative Einrichtung eines Ökokontos durch den Eingriffsverursacher oder aber durch juristische Personen des öffentlichen Rechts vor. Im Zuge weiterer Novellierungen der Landesnaturschutzgesetze wurde das Ökokonto in mehreren Bundesländern in die Naturschutzgesetze aufgenommen und dieses Kompensationsmodell näher geregelt, zum Teil unter Rückgriff auf Verordnungsermächtigungen (WAGNER 2007). Bei der Bewertung von Ökokonto-Maßnahmen und Eingriffen stellt das naturschutzrechtliche Ökokonto in der Regel eine landesweit einheitliche Regelung dar, während im Falle des baurechtlichen Ökokontos die Gemeinden Kriterien unter Beachtung des BauGB in eigener Zuständigkeit festlegen können. Der Kompensationsraum von Eingriff und Ökokonto-Maßnahme ist dabei beispielsweise in Baden-Württemberg die Großlandschaft (Außenbereich) und die Gemeindegemarkung (Innenbereich). Im Gegensatz zu den Vorgaben im BauGB ist eine Verzinsung von Guthaben auf dem Ökokonto im Naturschutzrecht in einigen Ländern möglich (MÜLLER 2009). Neben den länderspezifischen Ökokontoverordnungen wurden für die folgende Zusammenstellung insbesondere die entsprechenden Arbeitshilfen oder die sog. „Hinweise zum Vollzug der Eingriffsregelung“, die in einigen Bundesländern vorliegen, zur Recherche nach möglichen Ansatzpunkten für AFS herangezogen.

Im Folgenden werden die rechtlichen Grundlagen sowie mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme im Hinblick auf die Anerkennung als Kompensationsmaßnahmen für die einzelnen Bundesländer aufgeführt. Die Analyse beschränkt sich dabei auf die Flächenstaaten. Eine Kurzübersicht der Ergebnisse findet sich in Tabelle 6.

### Baden-Württemberg

Rechtliche Grundlagen:

Die Möglichkeit der Einrichtung eines Ökokontos existierte in Baden-Württemberg lange Zeit nur in der Bauleitplanung. Mit der Novellierung des Naturschutzgesetzes (gültig seit Januar 2006) wurde das Ökokonto neben der Bauleitplanung in Baden-Württemberg auch für den Außenbereich eingeführt (§ 22 NatSchG). Näheres hierzu wird eine Rechtsverordnung (Ökokontoverordnung) regeln, die voraussichtlich im Jahr 2011 erlassen werden soll. Nach dem vorliegenden Entwurf wird sich die Ökokontoregelung dabei auf die leicht zu bewertenden Schutzgüter „Biotop & Arten“, „Boden“ und „Wasser“ beschränken. Ökokontomaßnahmen sind demnach nicht für die Schutzgüter „Klima und Luft“, „Landschaftsbild“ und „Erholung“ möglich, da hier eine schematisierbare Bewertung schwierig ist. Ökokonto-Maßnahmen sind bei der Ökokonto führenden Unteren Naturschutzbehörde zu beantragen (MÜLLER 2009). Diese gibt eine Einschätzung zur möglichen Flächenaufwertung einer Maßnahme im Rahmen eines Umweltgutachtens ab und muss der geplanten Maßnahme im Vorfeld zustimmen (LUBW 2009, NATSCHG 2010).



Die geplante Ökokontoverordnung sieht des Weiteren vor, dass die Oberste Naturschutzbehörde Flächenagenturen anerkennen kann, welche die Planung und Durchführung von Maßnahmen, deren Veräußerung und die Kompensationsverpflichtung für die Maßnahmenträger übernimmt. Hierzu soll eine solche Flächenagentur in der Regel einen Flächen- und Maßnahmenpool betreiben (MÜLLER 2009). Der Aufwand für die Antragstellung zur Anerkennung von Ausgleichsmaßnahmen wird in Baden-Württemberg für Privatleute als zu hoch eingeschätzt. Unter anderem muss das naturschutzfachliche Gutachten vom Maßnahmenträger finanziert werden. Ein Engagement von Seiten der Gemeinden ist daher nach Einschätzung der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) wahrscheinlicher (LUBW 2009).

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- „Das Schutzgut Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffregelung“ (UMBW 2006)
- „Empfehlungen für die Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft in der Bauleitplanung, Ermittlung von Art und Umfang von Kompensationsmaßnahmen sowie deren Umsetzung“ (LUBW 2005)
- Entwurf der Ökokontoverordnung (LUBW 2009)

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme:

Als mögliche Kompensationsmaßnahmen können z. B. strukturelle Maßnahmen zur Verhinderung von Erosion, die über die gute fachliche Praxis hinausgehen (z. B. Schaffung von begrastem Abflusswegen, Verkürzung der Hanglängen oder im Extremfall Umwandlung von Acker in Grünland oder Wald) durchgeführt werden. Auch eine Änderung der Bewirtschaftung beispielsweise durch Minimalbodenbearbeitung oder Nutzungsänderungen (Umwandlung von Ackerland in z. B. Grünland), die dazu beiträgt, das Wasseraufnahmevermögen des Bodens und die Infiltrationskapazität insbesondere bei Starkniederschlägen zu verbessern und dadurch eine Verschlammung von Böden in Hanglage weitgehend zu verhindern, ist als Kompensationsmaßnahme anerkennungsfähig (UMBW 2006). Als eine solche Bewirtschaftungsänderung wäre auch die Anlage von Baumstreifen in silvoarablen AFS mit hangparallelen Baumstreifen denkbar. Für eine solche Verbesserung der Funktion „Ausgleichskörper im Wasserkreislauf“ werden in der Regel pauschale Zuschläge bei Umwandlung von Acker zu Grünland/Wald gemacht. Eine ähnliche Honorierung wäre auch bei AFS denkbar. Auch Erosionsschutzmaßnahmen (bei Anlage von Heckenstreifen, Begrünung etc.) werden mit entsprechenden pauschalen Zuschlägen belegt. Maßnahmenbeispiele für das Schutzgut „Biotop“, die in AFS verwirklicht werden könnten, sind die Entwicklung von Feldhecken und -gehölzen (LUBW 2005). Die Bewertung von Einzelbäumen errechnet sich aus dem Stammumfang der Bäume (4 Ökopunkte je cm Stammumfang). Hierbei muss allerdings beachtet werden, dass Bäume nicht per se zu einer Aufwertung einer Fläche führen. Auf bestimmten Standorten wie z. B. Magerwiesen ist eine Beschattung der Unterkultur nicht erwünscht. Entscheidend ist also nicht die Pflanzung von Bäumen, sondern deren Wirkung auf die Begleitflora (LUBW 2009). Im Entwurf der neuen Ökokonto-Verordnung (Stand Mai 2010) sind moderne silvopastorale AFS in Form von sog. „Wertholzweiden“ als ausdrücklich anerkennungsfähige Kompensationsmaßnahmen aufgeführt (LUBW 2009).



## Bayern

Rechtliche Grundlagen:

In Bayern gibt es die Möglichkeit der Anlage eines Ökokontos aktuell nur im Rahmen der Bauleitplanung. Eine Regelung hinsichtlich eines naturschutzrechtlichen Ökokontos ist allerdings nach Angabe des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angedacht (BLU 2010). Laut Art. 6a Abs. 3a Bayerisches Naturschutzgesetz (BayNatSchG) muss die untere Naturschutzbehörde einer im Vorfeld durchgeführten Kompensationsmaßnahme die grundsätzliche Eignung der Fläche und der vorgesehenen Maßnahmen bestätigen (BAYNATSCHG 2010).

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- „Leitfaden „Bauen im Einklang mit Natur und Landschaft“ (BLU 2003).

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme:

Empfohlene Maßnahmen zu kurz- bis mittelfristig herstellbaren Biotop- und Nutzungstypen sind die Anpflanzung von Einzelbäumen, Baumreihen, Feldgehölzen, Hecken und Gebüsch auf Acker-, Grünland- oder Brachflächen. Weitere denkbare Maßnahmen, die empfohlen werden, sind z. B. Maßnahmen zum Erosionsschutz durch Anlage naturnaher Strukturen (Schutzgut Boden), Verminderung des Eintrags von Schadstoffen und der Eutrophierung von Oberflächengewässern durch die Anlage von Uferstreifen sowie die Verminderung des Oberflächenabflusses durch Entsiegelung und Pflanzungen (Schutzgut Wasser). Im Hinblick auf das Schutzgut Klima/Luft werden auch Windschutzpflanzungen als mögliche Kompensationsmaßnahmen angeführt (BLU 2003).

## Brandenburg

Rechtliche Grundlagen:

In Brandenburg wird in der Verordnung zur Durchführung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in Maßnahmen- und Flächenpools in Brandenburg (Flächenpoolverordnung - FPV) vom 24. Februar 2009 ein Qualitätsstandard für regionale Flächenpools und ein Anrechnungsverfahren für vorgezogene Maßnahmen festgelegt.

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- „Hinweise zum Vollzug der Eingriffsregelung - (HVE)" (HVEBB 2009)

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme:

Kompensationsmaßnahmen mit Bezug zu AFS wären beispielsweise Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserinfiltration. So ist es demnach möglich, Bodenversiegelungen, die nicht durch Entsiegelung ausgeglichen werden können, durch die deutliche Aufwertung von Bodenfunktionen zu kompensieren. In den HVE werden auch explizit Gehölzpflanzungen als Kompensationsmaßnahmen angeführt. Diese müssen jedoch eine Breite von fünf Metern oder mindestens 3 Baumreihen und eine Mindestfläche von 100 qm aufweisen. Auch zur Kompensation von Baumfällungen sind



Gehölzpflanzungen möglich. Hierzu sind allerdings nur Baumpflanzungen von standortgerechten und einheimischen Arten anzuerkennen (HVEBB 2009).

## Hessen

Rechtliche Grundlagen:

In Hessen sollen nach den Vorgaben der Kompensationsverordnung (Verordnung über die Durchführung von Kompensationsmaßnahmen, Ökokonten, deren Handelbarkeit und die Festsetzung von Ausgleichsabgaben vom 1. September 2005) Kompensationsmaßnahmen vorrangig in NATURA 2000-Gebiete gelenkt werden. Andererseits sollen die landwirtschaftlich hochwertigen Nutzflächen bei der Planung von Kompensationsmaßnahmen geschont und die landwirtschaftlichen Betriebe dadurch entlastet werden (HMULV 2010). Zwischen Eingriff und Kompensationsmaßnahme muss ein regionaler Zusammenhang bestehen. Das ist der Fall, wenn beide im Wesentlichen in derselben naturräumlichen Haupteinheitengruppe oder im Gebiet desselben Flächennutzungsplanes liegen. Kompensationsmaßnahmen sollen des Weiteren nur dann auf ackerbaulich nutzbaren Flächen durchgeführt werden, wenn sie die ackerbauliche Nutzung nicht beeinträchtigen oder die ackerbauliche Nutzung nur von untergeordneter Bedeutung (geringe Ertragsmesszahl) ist (HMULV 2005a, HMULV 2005b).

In Hessen gibt es eine landesweit tätige "Öko-Agentur" (Hessische Landgesellschaft mbH Ökoagentur für Hessen) die mit der Übernahme des Pflegemanagements und weiteren Dienstleistungen (Planung, Bilanzierung usw.) im Zusammenhang mit Kompensationsmaßnahmen als Dienstleister auftritt. Sie unterliegt der Aufsicht durch das Land Hessen und kauft ggf. Maßnahmen von einem Anbieter (HMULV 2007).

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- „Arbeitshilfe zur Verordnung über die Durchführung von Kompensationsmaßnahmen, Ökokonten deren Handelbarkeit und die Festsetzung von Ausgleichsabgaben“ (HMULV 2005b).

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme:

Möglich sind beispielsweise Maßnahmen zur Aufwertung landwirtschaftlich genutzter Flächen, die über die gute fachliche Praxis hinausgehen: Pflanzung von Einzelbäumen (heimisch/nicht heimisch) und Bäumen außerhalb von Nutzungstypen, die ohnehin durch Bäume charakterisiert sind, wie Wald, Streuobstwiesen u. ä.. Im Bereich ihrer Kronentraufe wird die unter den Bäumen befindliche Fläche (z. B. Rasen, Pflaster, Acker) entsprechend um eine bestimmte Punktzahl aufgewertet. Des Weiteren werden auch Maßnahmen auf erosionsgefährdeten Hängen anerkannt. Eine entscheidende Einschränkung für Einzelmaßnahmen ist die Vorgabe, dass solche nur dann anerkennungsfähig sind, wenn sie Arten der Anhänge II oder IV der europäischen FFH-Richtlinie (92/43/EWG) oder des Anhangs I der EU-Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG) zugute kommen (HMULV 2005b).



## Mecklenburg-Vorpommern

Rechtliche Grundlagen:

Neben dem baurechtlichen Ökokonto der Gemeinden gibt es dieses seit Februar 2010 auch für den Außenbereich. Mit der Novellierung des Naturschutzgesetzes wurde die sogenannte Ökokontierung erlaubt. (LUMV 1999, MV 2010).

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- „Hinweise zur Eingriffsregelung“ (LUMV 1999).

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme:

Empfohlene Maßnahmen sind beispielsweise die Anpflanzung von Gehölzen, freiwachsenden Hecken und Waldsäumen angeführt, wobei sich die gewählte Pflanzenartkombination streng an den Biotoptypen orientieren muss. Feldgehölze müssen demnach einen Anteil von > 30 % an Baumgehölzen aufweisen. Bei der Anpflanzung von Einzelbäumen oder der Pflanzung von Solitärbäumen in markanter Lage wird als Bezugsfläche pro Baum ein Flächenäquivalent von 25 m<sup>2</sup> zugrunde gelegt (LUMV 1999).

## Niedersachsen

Rechtliche Grundlagen:

Eine im Entwurf vorliegende Arbeitshilfe mit dem Titel „Bevorratung von Flächen und Maßnahmen zum Ausgleich von Eingriffsfolgen“ aus dem Jahr 2009 soll zukünftig in Niedersachsen die Bevorratung von Flächen und Maßnahmen zur Kompensation regeln. Der Entwurf bezieht sich sowohl auf die Eingriffsregelung in der Bauleitplanung als auch die vorhabensbezogene Anwendung der Eingriffsregelung. Auf den bereit gehaltenen Flächen können potenzielle Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen bevorratet werden. Inwieweit diese vorab durchgeführten Maßnahmen tatsächlich als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen angerechnet werden können, kann aber erst entschieden werden, wenn die Eingriffsfolgen des jeweiligen Eingriffs bekannt sind. Insoweit bleibt diese Entscheidung dem späteren Zulassungsverfahren (in der Bauleitplanung dem Bebauungsplan) vorbehalten. Als potenzielle Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sind Maßnahmen, von denen günstige Wirkungen auf die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts oder auf das Landschaftsbild ausgehen, aufgeführt. Voraussetzungen sind u. a. eine vorherige Zustimmung zu der Maßnahme durch die UNB und eine dauerhafte rechtliche Sicherung der Fläche, auf der die Maßnahme durchgeführt wird (BREUER 2009).

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- Arbeitshilfe zur Anwendung der Eingriffsregelung bei Bodenabbauvorhaben auf der Grundlage des „Leitfadens zur Zulassung des Abbaus von Bodenschätzen nach dem NNatG und dem NWG“ (UMNS 2002)
- Hinweise zur Flächen- und Maßnahmenbevorratung bei der Eingriffskompensation. Ökokontomodell für Niedersachsen. Entwurf Juli 2007 (UMNS 2007)



Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme:

Vorgeschlagen werden neben den üblichen Maßnahmen wie etwa Gehölzpflanzungen oder Grünlandextensivierungen auch gezielte Maßnahmen zur Verbesserung des Landschaftsbildes bzw. des Naturerlebens (UMNS 2007). Bei den im Zuge von Kompensationsmaßnahmen zu etablierenden Biotoptypen muss mindestens die Wertstufe III (Wertstufen nach den Arbeitshilfen zur Anwendung der Eingriffsregelung) vorliegen, um als Kompensationsmaßnahme anerkannt zu werden, was beispielsweise bei der Anlage von Feldhecken der Fall wäre. Bei Einzelbäumen wird auf Wertstufen verzichtet. Für beseitigte Einzelbäume, Baumgruppen oder Baumreihen und Alleen ist als Kompensation in entsprechender Art, Zahl und Länge Ersatz zu schaffen (UMNS 2002). Bezogen auf das Schutzgut „Arten“ könnten AFS am ehesten zur Wiederherstellung der Wuchsstandorte bestimmter Pflanzen oder der Habitate bestimmter Gebüsch bewohnender Vogelarten, Säuger oder Wirbelloser beitragen. Für eine Anrechenbarkeit als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist jedoch immer einschränkend zu beachten, dass diese in dem Raum angesiedelt sein müssen, in dem der Eingriff den Naturhaushalt beeinträchtigt (UMNS 2007).

### **Nordrhein-Westfalen**

Rechtliche Grundlagen:

Eine Ökokonto-Verordnung existiert seit dem Jahr 2008. Danach entscheidet die zuständige Behörde im Benehmen mit der unteren Landschaftsbehörde über die Eignung einer Maßnahme (§ 6 ÖKVO).

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- „Numerische Bewertung von Biotoptypen für die Eingriffsregelung in NRW“ (LFUNRW 2008)

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme

Eine Aufwertung von intensiv genutzten Ackerfluren ist prinzipiell durch die Anlage von Gehölzstreifen, Baumreihen oder Einzelbäumen möglich. Bei Einzelbäumen erfolgt die Berechnung des Flächenbezugs über den Kronentraufbereich (in m<sup>2</sup>) (LFUNRW 2008). Die Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen bewertet ausdrücklich Maßnahmenkombinationen zur Extensivierung von Acker (flächig bzw. streifig) für die Bauleitplanung in NRW (zitiert nach WAGENER 2008). Es werden entsprechende Biotopwertvorschläge für eine naturverträgliche Bodennutzung für Acker und Wirtschaftsgrünland mit Vorgabe fester Bewirtschaftungspakete mit Zielbiotopen und Prognosewerten zur Extensivierung (Förderung spezieller Tierarten) angeführt (NEISS 2008). Als Maßnahmen werden hierbei jedoch hauptsächlich der Verzicht auf Pflanzenschutzmittel und Düngergaben, das Belassen von Stoppeln oder Getreidestreifen oder die Unterteilung in kleinere Wirtschaftseinheiten angeführt (LFUNRW 2008). Die Integration von Baumstreifen oder Einzelbäumen in solche Maßnahmenkombinationen wäre aus Sicht des Autors eine sinnvolle Ergänzung. In bestimmten Gebieten wie beispielsweise den Bördelandschaften ist z. B. das Anlegen von rotierenden Blühstreifen sowie generell das Einbringen von Struktur in die weitflächige Landschaft anerkennungsfähig, wenn es zu einer dauerhaften Verbesserung des Arten- und Biotopschutzes führt (HERMANN ET AL. 2007).



## Rheinland-Pfalz

Rechtliche Grundlagen:

Seit 2002 existiert in Rheinland-Pfalz neben dem baurechtlichen auch ein naturschutzrechtliches Ökokonto. Kompensationsmaßnahmen müssen nach den Vorgaben zu einer tatsächlichen ökologischen und/oder landschaftsästhetischen Aufwertung einer als geeignet ermittelten Fläche führen. Flächen und Maßnahmen werden von der Landschaftspflegebehörde auf ihre Eignung beurteilt (MURP 2002).

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- „Hinweise zum Vollzug der Eingriffsregelung (HVE)“ (LUGRP 1998)
- Rundschreiben „Anlage von Kurzumtriebswäldern in Rheinland-Pfalz. Hinweise aus forst- und naturschutzfachlicher Sicht“ vom 6. Dezember 2006 (zitiert nach HERMANN ET AL. 2007)

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme:

Als Kompensationsmaßnahmen für Bodenversiegelungen kommen z. B. Maßnahmen in Betracht, welche die Intensität landwirtschaftlicher Bodennutzung reduzieren. Des Weiteren werden Erosionsschutzmaßnahmen, Maßnahmen zur Verbesserung der Infiltrationsleistung von Oberflächenwasser oder die Wiederherstellung bzw. Neuanlage von natur- und kulturraumtypischen Landschaftselemente wie Allees und Baumreihen genannt (LUGRP 1998). Im Einzelfall kann die Anlage von Kurzumtriebsplantagen als Kompensationsmaßnahmen unter bestimmten Voraussetzungen bezüglich der Aufwertung der Bodenfunktion in Betracht kommen. Voraussetzung ist, dass stoffliche Einträge gegenüber der Vornutzung vermindert werden und der Boden insgesamt aufgewertet wird (zitiert nach HERMANN ET AL. 2007). Da in den Baumstreifen (Kurzumtrieb oder Wertholz) von AFS auf den Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln weitgehend verzichtet wird, wäre eine Anrechnung entsprechend der Flächengröße der Streifen denkbar.

## Saarland

Rechtliche Grundlagen:

Im Saarland gibt es bereits seit 1997 ein naturschutzrechtliches Ökokonto. Auch im Saarland existieren entsprechende Agenturen, die Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auf Vorrat durchführen, die dann von den Verursachern als Kompensation für ihre Eingriffe erworben werden können. Der räumliche und funktionelle Zusammenhang von Ersatzmaßnahmen wird vom Ministerium für Umwelt geprüft (VEITH 2006).

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- „Methode zur Bewertung des Eingriffes, der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung sowie der Maßnahmen des Ökokontos - Leitfaden Eingriffsbewertung“ (MFUS 2001).

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme:



Neben den üblichen Bewertungen für Biotoptypen (möglich Einzelbäume, Feldgehölze, Baumreihen) wurden keine in Bezug auf Agroforstsysteme anwendbaren Kompensationsmaßnahmen gefunden (MFUS 2001). Nach HERMANN ET AL. (2007) besteht Zurückhaltung hinsichtlich der Frage, ob sich Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Agroforstsysteme als Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahme eignen.

## **Sachsen**

Rechtliche Grundlagen:

In Sachsen existiert seit 2008 eine Ökokontoverordnung (Ökokonto- und Kompensationsflächenkataster-Verordnung). Seit 2008 gibt es zudem die Sächsische Ökoflächen-Agentur, die den Handel mit Ansprüchen auf Anrechnung von Ökokonto – Maßnahmen als Kompensation organisiert und einen Kompensationsflächenpool aufbaut und bewirtschaftet (SÖA 2010).

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- „Handlungsempfehlung zur Bewertung und Bilanzierung von Eingriffen im Freistaat Sachsen“ (SMUL 2003)
- Homepage der „Sächsischen Ökoflächenagentur“ (SÖA 2010)

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme:

Als Beispiele für Kompensationsmaßnahmen werden Blühstreifen und Strukturelemente in der Landschaft genannt. Weitere Ansatzpunkte für AFS wären beispielsweise in Kompensationsmaßnahmen für Bodenversiegelungen zu sehen. Hier werden neben der Umwandlung von Ackerflächen in Gehölzflächen auch nutzungsintegrierte Maßnahmen wie etwa Humuspflüge oder bodenverbessernde Maßnahmen anerkannt. Kompensationsmöglichkeiten bestehen auch für den Verlust von Einzelgehölzen oder Alleen. Es sollte dabei allerdings möglichst autochthones oder aus gesicherten Herkünften stammendes Pflanzgut Verwendung finden (SMUL 2003). Eine Anerkennung von Kurzumtriebsplantagen als Kompensationsmaßnahme könnte insbesondere dann in Erwägung gezogen werden, wenn eine niederwertige Ausgangsfläche vorliegt (HERMANN ET AL. 2007). Ob AFS mit streifenweisem Anbau von Kurzumtriebshölzern anerkennungsfähig sein könnte, ist daher eher fraglich.

## **Sachsen-Anhalt**

Rechtliche Grundlagen:

In Sachsen-Anhalt ist das Ökokonto in § 20 Abs. 3 des Naturschutzgesetzes geregelt (WAGNER 2007). Seit 2005 gibt es auch eine entsprechende Ökokonto-Verordnung, in der auch ausdrücklich der Handel mit den Anrechnungsansprüchen zugelassen wird. In Sachsen-Anhalt wird jedem Biotoptyp entsprechend seiner naturschutzfachlichen Wertigkeit ein Wert von „0“ (z. B. versiegelte Flächen) bis „30“ (z. B. wertvolle FFH-Lebensraumtypen) zugeordnet. Mit diesem Modell kann über die Biotopwerte ganz einfach der Ausgangszustand der Ökokontoflächen bewertet und die anrechenbare Wertsteigerung bei der Anrechnung der Maßnahme festgestellt werden.



Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- „Richtlinie zur Bewertung und Bilanzierung von Eingriffen im Land Sachsen-Anhalt (Bewertungsmodell Sachsen-Anhalt)“ (MLUSA 2004)

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme:

Eine Aufwertung von Ackerflächen (Biotopwert 5) wäre beispielsweise durch die Anlage von Baumreihen (Biotopwert 10 bis 16, je nach Baumarten) entsprechend der Flächengröße des Baumstreifens prinzipiell möglich. Bei Einzelbäumen oder -sträuchern ist die übertraufte Fläche bei der Wertermittlung zu berücksichtigen. Eine doppelte Bewertung der Fläche (Biotopwertpunkte für den Einzelbaum oder -strauch und Biotopwertpunkte für z. B. Grünland) ist nicht möglich, was sinngemäß auch für andere Biotoptypen wie z. B. Alleen oder Baumreihen gilt (MLUSA 2004, MLUSA 2010).

### **Schleswig-Holstein**

Rechtliche Grundlagen:

In Schleswig-Holstein werden Kompensationsmaßnahmen durch eine Ökokonto-Verordnung geregelt. Jede juristische oder natürliche Person kann einen Antrag zur Aufnahme von Maßnahmen in das Ökokonto stellen. Die UNB prüft, ob die Maßnahme geeignet ist, die durch zukünftige Eingriffe beeinträchtigten Funktionen des Naturhaushaltes in gleichwertiger Weise zu ersetzen oder das Landschaftsbild landschaftsgerecht neu gestalten zu können. Die Mindestgröße einer Fläche für eine vorgesehene Maßnahme beträgt 5.000 m<sup>2</sup> (außerhalb des Schutzgebiets- und Biotopverbundsystems 10.000 m<sup>2</sup>). Des Weiteren muss die Maßnahme auf einer Fläche durchgeführt werden, die tatsächlich in naturschutzfachlicher Hinsicht aufwertungsfähig ist (ÖKVOSH 2008). Als Dienstleister fungiert die Ausgleichsagentur Schleswig-Holstein GmbH, die in der Koordination der Entwicklung von Ökokonten tätig ist. Ziel ist die Entwicklung von Ökokonten für alle Kreise und Naturräume Schleswig-Holsteins. Derzeit sind nach Angaben der Agentur etwa 40 Ökokonten in Entwicklung (AUSGLEICHAGENTUR 2010).

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- „Landesverordnung über das Ökokonto, die Einrichtung des Ausgleichsflächenkatasters und über Standards für Ersatzmaßnahmen (Ökokonto- und Ausgleichsflächenkatasterverordnung - ÖkokontoVO)“ (ÖVSH 2008)

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme

Sehr interessant in dieser Hinsicht ist eine aktuelles Pilotprojekt, in dem sog. „Produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahmen“, also zeitlich befristete Naturschutzmaßnahmen auf wechselnden landwirtschaftlichen Nutzflächen als mögliche Ergänzung zur Flächenkompensation in der Eingriffsregelung untersucht und gleichzeitig die Akzeptanz in der Landwirtschaft geprüft werden soll. In Bezug auf Agroforstsysteme kämen von den im Projekt realisierten Maßnahmen z. B. Blühstreifen oder Buntbrachen, sowie die Anlage von Ackerstreifen oder Parzellen durch Verwendung einer vorgegebenen Ansaatmischung oder Saum-/Randstreifen im Grünland durch die Anlage von extensiv



genutzten Randstreifen in Frage (SNSH 2009). Laut Ökokonto-Verordnung sind Einzelmaßnahmen jedoch nicht vorgesehen. Bei Ökokontomaßnahmen können Zuschläge für bestimmte Artenschutzmaßnahmen erlangt werden. Hier werden z. B. die Optimierung der Durchgängigkeit von Knicks und sonstigen Gehölzstrukturen als Lebensraum und Wanderkorridor für Haselmäuse oder die Schaffung von Kleinstrukturen im Ackerbereich zur Aufwertung von Lebensräumen als Nahrungs- und Lebensraum für Vögel der Agrarlandschaft genannt (ÖVSH 2008).

## Thüringen

Rechtliche Grundlagen:

Auch in Thüringen gibt es ähnlich wie in Brandenburg neben dem bauleitplanerischen Ökokonto naturschutzrechtliche Flächenpools. Der Begriff Flächenpool wird in Thüringen als Oberbegriff für einen Flächen- und Maßnahmenpool verwendet. Es geht dabei um die Bereitstellung von Flächen für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, die späteren Eingriffen zugeordnet werden können. Die Einrichtung und Verwaltung von Flächenpools können z. B. von Gemeinden und Städten in Abgleich mit einem bauleitplanerischen Ökokonto, von staatlichen Verwaltungen, der Stiftung Naturschutz, von beauftragten so genannten Flächenpoolmanagern, aber auch von privaten Flächeneigentümern durchgeführt werden. Auch die Landkreise können Flächenpools als Teil der Fortschreibung der Landschaftspläne entwickeln oder konkretisieren. Ein Maßnahmenkonzept bedarf der Anerkennung durch die Naturschutzbehörde und ist mit den betroffenen Eigentümern und Landnutzern unter Einbeziehung beteiligter Behörden und Dritter abzustimmen (TMLNU 2006).

Regelungen und Dokumente mit Hinweisen zu Kompensationsmaßnahmen:

- Das bauleitplanerische „Ökokonto“. -Hinweise zur Bevorratung von Ausgleichsmaßnahmen für Eingriffe in Natur und Landschaft (TMLNU 2001)

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme:

Als Beispiele für „Ökokonto-Maßnahmen“ werden lediglich die Anlage von Feldgehölzen, Hecken und Saumbiotopen in ausgeräumten oder an Strukturen armen Landschaften angeführt (TMLNU 2001).

### 3.1.5 Zusammenfassung und Fazit

Agroforstsysteme werden in den Vorgaben und Hinweisen zur Durchführung von Kompensationsmaßnahmen in den landesrechtlichen Regelungen bis auf wenige Ausnahmen noch nicht berücksichtigt. Die Vorgaben orientieren sich in den allermeisten Fällen an den gängigen Biotoptypen. Überschneidungen mit Elementen von Agroforstsystemen ergeben sich zwar relativ häufig, ein Bezug lässt sich jedoch meist nur für die Flächen herstellen, die letztendlich auch mit Bäumen oder Baumstreifen bepflanzt sind. Der Flächenbezug und damit die Honorierung – wenn sie denn erfolgt – würde nach den bisherigen Regelungen daher im Allgemeinen gering ausfallen. Andere Möglichkeiten der Anerkennung bestehen für AFS über die Aufwertung anderer Schutzgüter (z. B. Boden) wie etwa eine Verbesserung der Infiltrationskapazität oder der Erosionsminderung (z. B. Baden-Württemberg).



AFS als eigene Landnutzungsform sollen bisher nur in Baden-Württemberg als Kompensationsmaßnahme in Form von silvopastoralen AFS als „Wertholzweiden“ anerkannt werden. Diskussionsansätze, Alternativen zu herkömmlichen Kompensationsmaßnahmen z. B. in Form von sog. „produktionsintegrierten Maßnahmen“ zu ermöglichen, gibt es jedoch auch in anderen Bundesländern. Hierbei handelt es sich um Nutzungseinschränkungen, wobei weiterhin eine, meist verminderte, landwirtschaftliche Produktion betrieben wird (BAUER & KEIL 2005). Im Zuge dieser Überlegungen sollte daher auch die Anlage von Agroforstsystemen diskutiert werden. Die Forderung nach Bewirtschaftungs- oder Pflegemaßnahmen, die der dauerhaften Aufwertung des Naturhaushalts oder des Landschaftsbildes dienen, findet sich auch im Bundesnaturschutzgesetz. Die Anlage von AFS stellt durch die Extensivierung und ökologische Aufwertung herkömmlicher landwirtschaftlicher Nutzungssysteme eine mögliche Nutzungsform in dieser Hinsicht dar.

Als wesentlichen Vorteil der produktionsintegrierten Kompensation sehen auch BAUER & KEIL (2005) die Entschärfung von Flächennutzungskonflikten. Den landwirtschaftlichen Betrieben gehen auf diese Weise die Kompensationsflächen nicht als Produktionsstandorte verloren und die finanziellen Mittel der Eingriffsregelung können ausschließlich für die Honorierung der Kompensationsleistungen aufgewendet werden, da sie nicht für den Flächenerwerb benötigt werden (BAUER & KEIL 2005). Auch in Baden-Württemberg ist es prinzipiell erwünscht, dass landwirtschaftliche Betriebe in Kompensationsmaßnahmen eingebunden werden, um landwirtschaftliche Nutzflächen nicht völlig der Produktion zu entziehen (LUBW 2009).

Um eine Anerkennung als Kompensationsmaßnahme insbesondere auch von silvoarablen AFS zu erreichen, ist es erforderlich, die positiven Auswirkungen für Umwelt und Landschaft, die von solchen Nutzungssystemen ausgehen können, noch deutlicher herauszustellen und durch weitere wissenschaftliche Untersuchungen zu belegen. Auch wäre es hilfreich, den Prozess einer solchen Anerkennung beispielhaft an einem bestehenden AFS zu beschreiten, um Hinweise für die Durchführung in der Praxis entwickeln, Schwächen in der Umsetzung aufdecken und Verbesserungsvorschläge erarbeiten zu können.



Tabelle 6: Übersicht über mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme im Hinblick auf die Anerkennung als Kompensationsmaßnahme im Rahmen der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung in den einzelnen (Flächen-) Bundesländern

Mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme zur Anerkennung als Kompensationsmaßnahme												
Bundesland	Pflanzung von Einzelbäumen bzw. Gehölzen	Baumstreifen	Erosionsschutzmaßnahmen	Produktionsintegrierte Maßnahmen	Windschutzpflanzungen	Hecken und andere Strukturelemente	Blühstreifen	Verbesserung der Infiltrationsrate	Vegetationsstreifen	Reduzierung der Bewirtschaftungsintensität	Anlage von KUP	Bemerkungen
B.-W.	x	x	x			x		x				zukünftig: Anerkennung von „Wertholzweiden“ (Entwurf ÖKVO 5/2010)
Bayern	x	x	x		x		x		x*			*Uferstreifen
Brandenburg		x				x		x				
Hessen	x					x						
M.-V.	x	x										
Niedersachsen	x	x										
NRW	x	x					x			x		
Rheinland-Pfalz		x	x					x		x	x	KUP in Einzelfällen, wenn Böden aufgewertet werden
Saarland	x	x										
Sachsen	x					x	x				x	KUP in Einzelfällen, wenn niederwertige Ausgangsfläche vorliegt
Sachsen-Anhalt	x	x										
Schleswig-Holstein				x		x	x			x*		*Extensiv genutzte Randstreifen
Thüringen	x	x				x						



### 3.1.6 Möglichkeiten der Anerkennung von Agroforstsystemen

#### 3.1.6.1 Anforderungen an AFS

Das Ökokonto ermöglicht im Rahmen der Eingriffsregelung die Handelbarkeit von Kompensationsmaßnahmen. Damit können Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen innerhalb eines definierten räumlichen Bereiches zur Kompensation eines Eingriffs herangezogen werden. Als Kompensationsmaßnahmen können solche Maßnahmen anerkannt werden, die geeignet sind, Natur und Landschaft aufzuwerten und somit Eingriffe in die Natur auszugleichen. Je nach dem Grad der Aufwertung einer Fläche durch die Maßnahme werden von der Unteren Naturschutzbehörde Ökopunkte vergeben, welche auf Ökokonten gutgeschrieben werden. Ist ein Träger einer Baumaßnahme aufgrund seines Eingriffs in den Naturhaushalt zum Ausgleich verpflichtet (Bsp. Straßenbau), kann er die entsprechende Anzahl an Ökopunkten käuflich erwerben, wodurch ein finanzieller Rückfluss für die Naturschutzmaßnahmen entsteht. Insofern stellt das Ökokonto ein Instrument zur Bevorratung von Kompensationsmaßnahmen dar. Nach Einschätzung von MÖNDEL et al. (2007) können AFS zur Wertholzerzeugung vor allem für Gemeinden als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen bzw. für das Ökokonto (MÖNDEL et al. 2007) große Potenziale bieten.

Die Anerkennung dieses Nutzungssystems als ausgleichsfähige Maßnahme im Rahmen der Eingriffsregelung könnte dazu beitragen, die Attraktivität von AFS für Landnutzer zu erhöhen. Sind Ökopunkte für die Anlage erhältlich, besteht durch deren Vermarktung an Träger ausgleichspflichtiger Maßnahmen eine zusätzliche Einkommensmöglichkeit, die einen Rückfluss von Kapital ermöglicht, lange bevor das erste Wertholz geerntet wird. Somit nimmt sie auch positiven Einfluss auf die ökonomische Rentabilität von AFS.

In der Praxis sind hierfür jedoch einige Hürden zu überwinden. Die Anerkennung einer Maßnahme als ökokontofähig ist ein Prozess, der zeitlichen und finanziellen Aufwand erfordert. Daher dürfte er sich für Privatpersonen kaum lohnen, stattdessen ist dieses Vorgehen eher für Gemeinden und andere Maßnahmenträger interessant. Die Anerkennung einer Maßnahme wird bei der zuständigen Unteren Naturschutzbehörde beantragt, welche das Vorhaben einer Prüfung unterzieht. Der Antrag erfordert in aller Regel eine standortangepasste naturschutzfachliche Planung für das Vorhaben, welche im Rahmen eines Umweltgutachtens eingeschätzt wird. Die Bewertung muss durch einen naturschutzfachlich kompetenten Gutachter vorgenommen werden, wobei für Planung und Gutachten der Antragsteller aufzukommen hat.

Die Grundlage für die Anerkennung von Maßnahmen durch die Unteren Naturschutzbehörden stellen die jeweiligen Gesetze und Verordnungen der Bundesländer dar. In Baden-Württemberg wurde von der Landesregierung am 23. November 2010 der neue Entwurf einer Ökokonto-Verordnung beschlossen. Als nächster Schritt steht die Entscheidung des Landtages über die Verordnung an, voraussichtlich im Frühjahr 2011 wird diese in Kraft treten. Nach dem aktuellen Entwurf der Ökokonto-Verordnung können Maßnahmen in das Ökokonto aufgenommen werden, wenn sie einem der folgenden Wirkungsbereiche zuzuordnen sind (MUNV 2010a):



Verbesserung der Biotopqualität, Schaffung höherwertiger Biotoptypen,

- Förderung spezifischer Arten,
- Schaffung von natürlichen Retentionsflächen,
- Wiederherstellung und Verbesserung von Bodenfunktionen, Verbesserung der Grundwassergüte.

Allgemein können für die Anerkennung von AFS die Schutzgüter *Pflanzen und Tiere, Landschaftsbild, Klima und Luft, Boden und Wasser* relevant sein (MÖNDEL et al. 2007). In den meisten Fällen wird für die Etablierung von AFS in erster Linie die Verbesserung der Bodenfunktionen und die Erhöhung der Biotopqualität sprechen. In Baden-Württemberg werden in dem Entwurf zur neuen Ökokonto-Verordnung AFS aus letztgenannten Gründen als ökokontofähige Maßnahme angeführt: unter dem Punkt „Förderung und Entwicklung höherwertiger, über die Vegetation definierter Biotoptypen des Offenlands“ findet sich das Kriterium „Förderung und Entwicklung von Grünland mit Baumbestand (Streuobstwiesen, Wertholzweiden)“ (MUNV 2010a: 2), was zumindest silvopastorale AFS einschließt. Die Bewertung von AFS kann, wenn diese nicht als Maßnahme explizit vorgesehen sind, bei entsprechender Ausgestaltung der Anlage an verwandte Landschaftselemente und Nutzungsformen wie Alleen, Baumreihen, Baumgruppen, Einzelbäumen, oder Streuobstwiesen angelehnt werden (MÖNDEL et al. 2007, REEG et al. 2008). Dies ist natürlich auch ganz entscheidend von der Ausgestaltung des AFS, besonders von den verwendeten Baumarten und deren Anordnung im Gelände, abhängig. Die Anerkennung eines AFS zur Wertholzerzeugung als „Streuobstwiese“ und die entsprechende Zuteilung von Ökopunkten ist in Baden-Württemberg bereits realisiert worden. Die Voraussetzung hierfür war die enge Einbindung der Unteren Naturschutzbehörde in die Planung, die ‚streuobstnahe‘ Gestaltung der Anlage und die Gewährleistung einer unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten sinnvollen Umsetzung des AFS.

Sollen AFS als ökokontofähige Maßnahme anerkannt werden, gelten keine festgelegten Mindeststandards für die Fläche, an denen man sich orientieren könnte. Allein der Beitrag des AFS zur Aufwertung der Fläche ist von Belang. Die Entscheidung für oder wider die Anerkennung obliegt schlussendlich der Unteren Naturschutzbehörde. Bei der Beurteilung der Anerkennungsfähigkeit von konkreten Maßnahmen ist dabei der Vergleich des Flächenzustandes vor und nach Durchführung der Maßnahme als Bewertungskriterium entscheidend. Dieser wird im Rahmen des Umweltgutachtens abgeschätzt.

Ökopunkte werden bei gegebener Anerkennungsfähigkeit von Maßnahmen nach festen Kriterien vergeben, die von Bundesland zu Bundesland variieren können. Die Menge der vergebenen Ökopunkte kann sich nach den gepflanzten Bäumen richten (etwa: eine bestimmte Anzahl Punkte je gepflanztem Baum oder in Abhängigkeit von den Stammdurchmessern). In Bezug auf AFS steht jedoch in der Regel weniger die Pflanzung von Bäumen selbst im Vordergrund, sondern deren Wirkung, z. B. auf die Böden oder Biotope, insbesondere die Wirkung auf die Begleitflora. Zur Ermittlung der anrechenbaren Ökopunkte werden die Biotopwerte vor und nach Durchführung der Maßnahme verglichen, indem Biotopwertpunkte zugeordnet werden. In Bezug auf den Boden betreffende Auswirkungen von Maßnahmen werden beispielsweise nach dem Entwurf der neuen Ökokonto-VO in Baden-Württemberg zur Herleitung der Ökopunkte bei der Ermittlung der Wertstufen des Bodens (Bewertung von Böden) die folgenden Bodenfunktionen betrachtet (MUNV 2010b):



- Natürliche Bodenfruchtbarkeit,
- Ausgleichskörper im Wasserkreislauf,
- Filter und Puffer für Schadstoffe,
- Sonderstandort für naturnahe Vegetation.

Die Einschätzung der jeweiligen Wertigkeit geschieht in Bewertungsklassen, nach denen sich die Anzahl der vergebaren Ökopunkte richtet. Es wird die Differenz der Wertigkeit vor und nach Durchführung der Maßnahme geteilt.

Für die Anerkennung von AFS sind daher die Ausgangslage und Ausgestaltung sowie Bewirtschaftung des AFS und damit verbundene Auswirkungen auf Natur und Landschaft relevant. Das heißt, dass die Fläche, auf der ein AFS etabliert werden soll, zuerst einmal aufwertungsfähig und -würdig sein muss. Ist diese Voraussetzung erfüllt, muss das AFS in seiner geplanten Ausgestaltung zudem eine Aufwertung von Natur und Landschaft bewirken. Die Wirkungen von AFS sind dabei nicht nur von der Holznutzung, sondern sehr stark auch von der landwirtschaftlichen Komponente des Systems abhängig. Das Gesamt-Design der Anlage inklusive eventuell geplanter zusätzlicher Naturschutzmaßnahmen (vgl. Kap. 5.1) ist entscheidend.

Die Vorteile von AFS liegen in diesem Zusammenhang in ihrem großen Gestaltungsspielraum: AFS können individuell auf die jeweilige Fläche zugeschnitten werden und den (naturschutzfachlichen) Zielsetzungen angepasst werden. Gleichzeitig bedingen sie nur einen geringen Verlust an landwirtschaftlicher Nutzfläche (MÖNDEL et al. 2007). Dies stellt einen deutlichen Vorteil gegenüber anderen gängigen Ökokontomaßnahmen dar, die bei Flächenmangel oft auf guten Ackerstandorten umgesetzt werden und somit ein Konfliktpotenzial bergen (REEG et al. 2008). Die Einbindung landwirtschaftlicher Betriebe in Kompensationsmaßnahmen ist wünschenswert, um Kompensationsflächen nicht völlig der Produktion zu entziehen.

Im Vergleich zu Streuobstnutzungen erfordern AFS zur Wertholzproduktion einen deutlich geringeren Arbeitsaufwand, weshalb sie von MÖNDEL et al. (2007) als die zeitgemäßere Bewirtschaftungsform eingestuft und beispielsweise für Gemeindeflächen empfohlen werden. Gleichwohl muss eingeschränkt werden, dass moderne AFS Streuobstwiesen in ihrer naturschutzfachlichen Wertigkeit nicht gleichzustellen sind.

Wichtig ist hierbei zu beachten, dass Bäume auf einigen Standorten nicht per se als Aufwertung zu betrachten sind, so z. B. auf Magerwiesen. Die Zuordnung von Ökopunkten geschieht in Abhängigkeit der Wertigkeit der Unterkultur: je wertvoller diese ist, desto weniger Punkte sind prinzipiell für die Pflanzung von Bäumen erhältlich. Dieser Mechanismus dient dem Schutz von naturschutzfachlich hochwertigen Offenlandbiotopen vor der Verdrängung durch Gehölzbiotope, die in Baden-Württemberg eher in der Zunahme begriffen sind. Nach Einschätzung von MÖNDEL et al. (2007) können AFS insbesondere auf Flächen mit geringem bis mittlerem Biotopwert zur Förderung von Natur und Landschaft beitragen.

Wird angestrebt, für die Einrichtung eines AFS Ökopunkte zu beantragen, ist daher die enge Zusammenarbeit mit der Unteren Naturschutzbehörde unerlässlich, um Fragen der Anerkennungsmöglichkeiten, der Ausgestaltung der Anlage, der Durchführung zusätzlicher Naturschutzmaßnahmen zur Aufwertung des Systems und Fragen der späteren Entnahme der Bäume zu klären sowie die Vorgehensweise festzulegen. Um die Chancen auf eine Anerkennung zu erhöhen, sollte die Anlage



unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten vor dem Hintergrund der jeweiligen Ausgangsbedingungen (abiotische Standortfaktoren, bisherige Nutzung der Fläche und der Umgebung, vorhandene Landschaftselemente, Flächengröße, Artenausstattung, etc.) optimal gestaltet sein. Hierfür kann sich die Umsetzung zusätzlicher Naturschutzmaßnahmen anbieten (vgl. Kap. 5.1).

Private Flächeneigner, die die Anerkennung eines geplanten AFS als Ökokonto-Maßnahme anstreben, sollten berücksichtigen, dass insbesondere in ländlichen Gebieten nicht immer direkter Bedarf für Ökopunkte besteht und daher einige Zeit vergehen kann, bis ein finanzieller Rückfluss erfolgt. Auch aus diesem Grund ist es für private Flächeneigentümer daher empfehlenswert, die Anerkennung in Kooperation mit einem Maßnahmenträger zu beantragen (s. u.). Somit ist für Unterstützung in dem aufwendigen Antragsverfahren gesorgt und die spätere Verwendung der Ökopunkte gesichert.

### 3.1.6.2 Kooperationsmöglichkeiten

Werden AFS im Rahmen eines Planungsverfahrens als Ausgleich für einen Eingriff vorgesehen und verfügt der Maßnahmenträger des ausgleichspflichtigen Vorhabens nicht über geeignete Flächen für deren Etablierung, so sind Kooperationen mit Landwirten oder anderen Flächennutzern möglich. Dies ist für Gemeinden, vor allem aber auch für weitere Maßnahmenträger denkbar. Relevant könnte dieses Vorgehen beispielsweise für Straßenbaumaßnahmen sein. Kooperationen zwischen Landwirten und Maßnahmenträgern bergen den Vorteil, dass für Landnutzer, welche ein AFS einrichten möchten, die Beantragung der Anerkennung eines geplanten AFS als Kompensationsmaßnahme erleichtert und ein zusätzlicher finanzieller Rückfluss ermöglicht wird. Diese Honorierung könnte die Attraktivität von AFS steigern und zur vermehrten Etablierung dieser Landnutzungssysteme führen.

Werden AFS von Flächennutzern auf eigenen Flächen im Rahmen einer Kooperation mit Maßnahmenträgern etabliert, gilt es im Vorfeld einige Punkte individuell gründlich zu klären. Diese sollten zwischen den Partnern vertraglich festgelegt werden:

- In welcher Form wird dem Flächennutzer die Bereitstellung seines Flurstücks honoriert?
- Beteiligt sich der Maßnahmenträger an der Einrichtung des AFS (Kosten und Arbeitsaufwand)?
- Beteiligt sich der Maßnahmenträger an der Durchführung von eventuellen zusätzlichen Naturschutzmaßnahmen (Kosten und Arbeitsaufwand)?
- Wer übernimmt die fachmännische Pflege der Bäume (insbesondere Ästung)?
- Wer übernimmt die Pflege der Fläche bzw. des Baumstreifens?
- Wer stellt das AFS im Falle von Schäden (etwa beim Ausfall von Bäumen) wieder in einen ordentlichen Zustand her (Kosten und Arbeitsaufwand)?
- Wer übernimmt die Ernte und Vermarktung des Holzes (auch: Entscheidung über den Zeitpunkt der Holzernte)?
- Wem gebührt (zu welchen Anteilen) der Holzerlös?
- Wer übernimmt das Nachpflanzen von Bäumen nach der Holzernte?
- Erhält der Flächennutzer einen gesonderten Ausgleich für erwartete Ernteeinbußen?
- Über welchen Zeitraum soll das ausgehandelte Vertragsverhältnis bestehen?



Die Bildung von Kooperationen zwischen Landwirten und Maßnahmenträgern sind wünschenswert, da sie die Möglichkeiten zur Etablierung von AFS in der Landschaft deutlich erweitert. In jedem Fall erfordert dieses Vorgehen eine gründliche Abstimmung, sowohl zwischen Landwirt und Maßnahmenträger als auch mit der zuständigen Unteren Naturschutzbehörde. Eine wichtige Voraussetzung für diese Lösung ist jedoch, dass die Kooperationspartner sich gegenseitig ‚finden‘. Hierfür empfiehlt es sich, Informationen über AFS und deren Anerkennungsmöglichkeiten als Ökokontomaßnahmen sowohl unter Landwirten, als auch in der Landschaftsplanung weiter zu verbreiten.

## **3.2 Nutzung des Baumstreifens für zusätzliche jährliche Erträge**

*Frieder Seidl*

### **3.2.1 Nutzungsmöglichkeiten**

#### **3.2.1.1 Einleitung**

Die Baumstreifen in silvoarablen Agroforstsystemen mit Werthölzern fallen aus der ackerbaulichen Nutzung heraus und stellen daher eine Minderung der landwirtschaftlichen Produktionsfläche dar. Aufgrund der geringen Baumzahlen in modernen AFS stellen die - in der Regel mindestens zwei Meter breiten - Baumstreifen daher eine größtenteils „ungenutzte“ Fläche dar. Dies gilt insbesondere für die ersten Jahre, wenn die Bäume noch klein sind. Daher stellt sich die Frage, inwieweit eine ergänzende Nutzung dieser Flächen Landwirten kurz- und mittelfristige finanzielle Rückflüsse aus AFS und damit ein zusätzliches Einkommen ermöglichen kann.

Im Folgenden sind Ideen für mögliche zusätzliche Nutzungen dargestellt, die zu Teilen bereits in der Praxis Anwendung finden. Hierbei sollen potenzielle Möglichkeiten aufgezeigt werden. Inwieweit die angesprochenen Nutzungsformen in die Strukturen und Arbeitsabläufe der jeweiligen landwirtschaftlichen Betriebe passen, muss individuell überlegt werden. Eine zusätzliche Nutzung der Baumstreifen ist jedoch in der Regel mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden und eignet sich daher vorwiegend für Betriebe mit ausreichend Arbeitskraftkapazität, wie etwa Gartenbaubetriebe (BENDER ET AL. 2009). Insbesondere ist zu beachten, dass die Nutzung zwischen den Werthölzern in der Regel nicht mechanisierbar ist.

#### **3.2.1.2 Bienenweide**

Eine mögliche Nutzung besteht in der Ansaat von Blümmischungen (Blühstreifen) als Bienenweide. Diese sind insbesondere für Bienen und Hummeln von Nutzen, deren kontinuierliche Nahrungsversorgung durch zunehmende Monokulturen in der Ackerlandschaft gefährdet ist. Für die Entwicklung von Blütenbestäubern ist entscheidend, dass über die gesamte Vegetationsperiode eine entsprechende Nahrungsgrundlage zur Verfügung steht (UNTERSEHER 2010). Der Anbau von Blümmischungen wird häufig durch Agrarumweltprogramme gefördert. In Baden-Württemberg erfolgt diese Förderung über den sog. Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich (MEKA). In Bezug auf Agroforstsysteme steht einer Förderung jedoch der Umstand entgegen, dass nur definierte



einjährige Blühmischungen förderfähig sind. Die Aussaat einer Blühmischung ist nur im Jahr der Anlage des AFS sinnvoll möglich, da in den Folgejahren die gepflanzten Bäume eine Aussaat erschweren. Die Förderung ist aber u.a. an eine Beibehaltung der Maßnahme über fünf Jahre gebunden (UNTERSEHER 2010). Eine Förderung mehrjähriger Blühmischungen wäre daher in diesem Zusammenhang wünschenswert.

Als Bienenweide eignen sich neben den MEKA-geförderten Mischungen aber auch viele andere einheimische Trachtpflanzen. Einsetzbar sind verschiedene Straucharten wie etwa Hartriegel, Weißdorn, Felsenbirne oder Kornelkirsche. Weidenarten stellen beispielsweise als Frühblüher wichtige erste Bienen- und Hummelweiden dar (SCHUMANN 2006). Eine Alternative sind auch Beerensträucher wie Brombeere, Schwarze Johannisbeere oder Stachelbeere. Ein Vorteil bei diesen Sträuchern liegt darin, dass viele Arten vegetativ über Steckhölzer oder Stecklinge vermehrbar sind (BRAUNSDORF 2005) und auch die Früchte genutzt werden können. Ohne einen finanziellen Ausgleich der Ansaat und Pflanzung von Blühmischungen oder anderer Trachtpflanzen in den Baumstreifen, ist die Nutzung der Baumstreifen als Bienenweide aus ökonomischer Sicht wohl aktuell nur für Betriebe mit Bienenhaltung interessant. Unter Umständen kann sich jedoch ein nicht-monetärer Nutzen z.B. durch einen etwaigen Imagegewinn infolge der Aufwertung des Landschaftsbildes ergeben.

### 3.2.1.3 Hecken und Sträucher

Hecken und Sträucher sind zwar kein essentieller Bestandteil von Agroforstsystemen können aber - insbesondere bei einer Baumanordnung in Reihen - problemlos in diese integriert werden (REEG ET AL. 2008). Für viehhaltende Betriebe besteht die Möglichkeit, diese Gehölze zur Laubheugewinnung (Gehölzfutter) zu nutzen. Diese Nutzungsform von Hecken war in früheren Zeiten weit verbreitet und wird auch heute noch vereinzelt, vor allem in der ökologischen Landwirtschaft, praktiziert. Nach RAHMANN (2004) sind insbesondere Ziegen in der Lage, Laubfutter zu verwerten. Sie können bis zu 60 % ihres Futterbedarfs in Form von Blättern, frischen Trieben und Rinde aufnehmen. Aber auch Rinder, Pferde und Schafe können mit Anteilen von 10 - 20 % Gehölzfutter versorgt werden (RAHMANN 2004). Nach VAN ELSSEN & IMMEL (2001) eignen sich folgende Gehölze zur Laubheugewinnung: Bergahorn, Winter- und Sommerlinde, Esche, Holunder, Weiden, Pappeln, Rotbuche, Birken, Eichen, Ulmen, Hainbuche und Hasel. Für Schafe und Ziegen ist sogar die Robinie geeignet. Laubheu und Reisigfutter gelten als nährstoffreich, und die gleichzeitige Verwendung von Heu und Laubfutter soll sogar einen höheren Verdauungsgrad bewirken ((VAN ELSSEN & IMMEL 2001, MACHATSCHEK 2002). Eine solche Nutzung kommt jedoch nur für besondere Tierhaltungsformen in Frage.

Auch Beerensträucher und Wildobstarten bieten sich als sinnvolle Zusatznutzung an. Einsetzbar sind z.B. Johannisbeere, Brombeere, Himbeere und Stachelbeere, aber auch Schlehe, Hagebutte, Wacholder, Sanddorn, Eberesche oder Holunder. Neben dem Verkauf der Früchte eignen sich auch viele Arten zur Konfitüre-, Saft- oder Obstbrandherstellung (siehe Abbildung 23, Bilder 1 u. 2). Ein wesentlicher Vorteil ist die Tatsache, dass es sich hierbei um Dauerkulturen handelt. Eine Behinderung des Maschineneinsatzes durch die Wertholzbäume ist daher nicht so gravierend. Auf der anderen Seite ist die Pflege und Ernte mit sehr viel Handarbeit verbunden. Bei den Wildobstarten



wäre die Ernte der gesamten Fruchttäste mit anschließender maschineller Abtrennung der Früchte denkbar (VAN ELSSEN & IMMEL 2001).

Gehölzstrukturen können - neben ihrer direkten Nutzung - zudem die Attraktivität des Landschaftsbildes und des Hofumfeldes erhöhen, damit das „Einkaufserlebnis“ bei einer Direktvermarktung unterstützen und so indirekt die Ökonomie im positiven Sinne beeinflussen (VAN ELSSEN & IMMEL 2001).

Auch der Anbau von Dauerkulturen wie etwa Hagebutten, Salicyl-Weiden, Haselnuss, Liguster oder Faulbaum zur Gewinnung von autochthonem Saat- und Vermehrungsgut dienen ist eine Möglichkeit (KAYSER ET AL. 2005, RIEGER 2010). Haselnüsse könnten zudem auch für die Fruchtproduktion verwendet werden, brauchen dafür jedoch relativ viel Platz zur Seite und kommen daher nur für breitere Baumstreifen in Frage.

Weitere indirekte Effekte der Baumstreifen, die Einfluss auf die Ökonomie haben können, sind in erosionsgefährdeten Gebieten/Lagen etwa die Schutzwirkung gegen Wind- und Wassererosion. Erosionsschäden auf Ackerflächen sind beispielsweise das Wegspülen und Wegblasen von Saatgut sowie Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, eine Verarmung des Bodens an Humus und Pflanzennährstoffen sowie das erschwerte Befahren durch Erosionsrinnen. Insgesamt kann es zu einer Minderung der Erträge und der Ertragsfähigkeit kommen (FRIELINGHAUS ET AL. 2002). Während bei Wassererosion bereits durch einen dauerhaften Bewuchs der Baumstreifen beispielsweise mit Gräsern eine positive Wirkung erreicht werden kann, ist für den zusätzlichen Schutz vor Winderosion die Bepflanzung der Baumstreifen mit Hecken oder Gehölzen erforderlich. Hier kann zum Beispiel die Nutzung der Baumstreifen für Kurzumtrieb oder Beerensträucher einen zusätzlichen - wenn auch nicht direkt messbaren - finanziellen Nutzen haben. Solche Windschutzanlagen können insbesondere in Betrieben mit großen Schlägen, wie sie verbreitet im Osten Deutschlands vorkommen, sinnvoll sein. Bei Windschutzhecken muss darauf geachtet werden, dass diese nicht mit zunehmendem Alter im unteren Bereich lückig werden. Dies kann durch Unterpflanzungen mit Beerensträuchern (z.B. Brombeere, Stachelbeere) oder durch regelmäßiges „auf den Stock setzen“ verhindert werden (WHITEFIELD 1999). Prinzipiell lassen sich auch Baumreihen mit Werthölzern durch einen entsprechenden mehrstufigen Unterbau aus Bäumen und Sträuchern zu einer Windschutzanlage ausbauen.

Neben einem Effekt auf Winderosion können Hecken unter bestimmten Bedingungen auch allgemein eine ertragssteigernde Wirkung haben, die u.a. durch eine Reduzierung der Lufttemperaturmaxima und eine Erhöhung der Luft- und Bodenfeuchte bedingt ist (z.B. PRETZSCHEL ET AL. 1991 ).



Abbildung 23: Bilder 1 u. 2: Anbau von Beerensträuchern auf Grünland zur Schnapsherstellung (Mispel, Schlehe u.a.) in Blaufelden, Baden-Württemberg (links, Foto F.Seidl). Pflanzung von Beerensträuchern auf einem neu angelegten Streifen mit Obstbäumen in Möhlin, Schweiz (rechts, Foto M.Oelke).

#### 3.2.1.4 Gemüseanbau

Für Gartenbaubetriebe könnte unter Umständen die Gewinnung von Mulchmaterial für den Gemüseanbau sinnvoll sein (ANONYMUS 2010). Auch kann der Baumstreifen direkt zum Anbau von Gemüse genutzt werden, wie es bereits in einem Betrieb in der Schweiz praktiziert wird (siehe Abbildung 24, Bild 3). Hierfür kommen aufgrund der angesprochenen Umstände vorwiegend Dauerkulturen in Frage. Eine Möglichkeit ist z.B. der Anbau von Rhabarber, wie er auch auf dem o.a. Betrieb in der Schweiz erfolgt. Rhabarber verträgt leichten Schatten und kann relativ einfach über Rhizomstücke gepflanzt werden. Er gilt als ideale Dauerkultur für marktferne Betriebe (PELZMANN 2004, LWG 2008). Potenziell geeignet ist auch der Meerrettich als eine schattenertragende Gemüseart. Er kann als Dauerkultur geführt werden, wenn bei der Ernte Wurzelteile im Boden belassen werden, die dann wieder neu austreiben. Die Knollen bzw. Wurzeln dieser Pflanzen können über den ganzen Winter mit einer Grabgabel geerntet und als Wintergemüse für den Frischmarkt genutzt werden. Neben einer ergänzenden Nutzung in Gartenbaubetrieben bietet sich der Gemüseanbau auf den Baumstreifen natürlich auch für die Selbstversorgung an.



Abbildung 24: Bild 3: Gemüsebeet auf einem Streifen mit Obstbäumen in Möhlin, Schweiz (Foto: M.Oelke)

### 3.2.1.5 Energetische Nutzungen

Hinsichtlich einer energetischen Nutzung der Baumstreifen bietet sich die Anpflanzung von schnellwachsenden Baumarten in kurzen Umtriebszeiten zur Gewinnung von Energieholz an. Neben der getrennten Nutzung von Baumstreifen mit Werthölzern und solchen mit Kurzumtriebshölzern ist auch eine Kombination dieser beiden Varianten eine denkbare Alternative. Beachtet werden muss hierbei die unterschiedliche Wuchsdynamik der Wertholzbäume und der Kurzumtriebshölzer. Letztere weisen in der Regel ein rasches Jugendwachstum auf und würden bei gleichzeitiger Pflanzung die vergleichsweise langsam wachsenden Wertholzbäume unterdrücken. Die Begründung der Kurzumtriebskomponente sollte daher erst bei Erreichen einer gewissen Mindesthöhe der Wertholzbäume erfolgen oder entsprechende Abstände eingehalten werden. Da Kurzumtriebsflächen mit Steckhölzern begründet werden, ist eine Bepflanzung der Baumstreifen per Hand problemlos möglich. Auch eine Pflanzgutgewinnung ist über die Anlage von Mutterquartieren durch den Landwirt möglich. Die Bodenvorbereitung lässt sich auch nach Pflanzung der Wertholzbäume z.B. mit einer Fräse oder Motorhacke durchführen. Als Baumarten kommen Pappeln, Weiden, Robinien oder andere heimische Hölzer wie etwa Eschen oder Aspen in Frage. Für Pappeln bietet sich bei einer Baumstreifenbreite von zwei Metern eine einreihige Pflanzung an, Weiden können auch doppelreihig gepflanzt werden. Im Hinblick auf naturschutzfachliche Fragestellungen sind insbesondere die frühblühenden Weiden in ihrer Funktion als Bienenweide positiv zu werten. Hierbei müssen auch nicht zwangsweise starkwüchsige Energieholzkclone zum Einsatz kommen. Vorteile bietet auch die Salweide, die neben ihrer Eigenschaft als Bienenweide auch zur Erhöhung der Nahrungsmengen für Fledermäuse beitragen kann (GOTTFRIEDSEN 2009). Mit dieser Baumart lassen sich nach bisherigen Erkenntnissen auch unter ungünstigen Bedingungen Erträge von bis zu 8 t TM/ha/a erzielen (z.B. UNSELD 2008).



Die Beschattung der Ackerkulturen beim Anbau von Energieholz lässt sich prinzipiell durch eine Anpassung der Umtriebszeiten (zwischen zwei und fünf Jahren) regulieren. Alternative Nutzungsmöglichkeiten wie die oben angesprochene Laubheugewinnung lassen sich ebenfalls in ein solches Nutzungssystem integrieren. Bei Weiden besteht zudem die Möglichkeit, diese zum Korbflechten einzusetzen.

Zur Ernte der Kurzumtriebsstreifen scheiden vollmechanisierte Verfahren aufgrund der Wertholzbäume aus. Hier bieten sich motormanuelle Verfahren, wie z.B. der Einsatz eines Freischneiders an. Die so geernteten Ruten können nach einer Trocknungsphase mit einem mobilen Hacker nach Bedarf zu Hackschnitzeln verarbeitet werden. Eine solche Nutzung könnte eine gute Ergänzung darstellen, wenn im Betrieb noch andere Kurzumtriebsflächen vorhanden sind und die Hackschnitzel zur Selbstversorgung in einer eigenen Biomasseheizanlage eingesetzt werden. Dadurch lassen sich die häufig hohen Transportkosten minimieren. Motormanuelle Ernteverfahren liegen jedoch in ihren Kosten deutlich über denen vollmechanisierter Varianten.

### **3.2.1.6 Weitere Nutzungsmöglichkeiten**

Die Wertholzbäume können prinzipiell auch einer Doppelnutzung unterzogen werden. So können bei Walnussbäumen neben dem Holz auch die Nüsse oder bei Wildobst die Früchte geerntet werden. Für eine Fruchtnutzung werden jedoch größere Kronen benötigt. Eine zu hohe Astung ist daher bei einer Doppelnutzung nicht sinnvoll.

Denkbar ist auch der Anbau von schattenverträglichen und - nach Möglichkeit - mehrjährigen Arznei- und Gewürzpflanzen. Hier kommen Kräuter wie z.B. Zitronenmelisse, Pfefferminze, Petersilie, Bärlauch oder Liebstöckel in Frage (DACHLER & PELZMANN 1999, LWG 2007). Ein Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen sollte jedoch prinzipiell nur bei gesichertem Absatz oder Eigenverbrauch erfolgen (BOMME 2004).

### **3.2.1.7 Ökonomische Bewertung und Diskussion**

Aus produktionstechnischer Sicht stellt die Anpflanzung von anuellen Kulturen nur in Einzelfällen eine sinnvolle Nutzungsform für die Baumstreifen dar. Am ehesten kommen hierfür Dauerkulturen wie etwa Beerensträucher, Hecken oder schnellwachsende Baumarten in Frage. Diese können einmal gepflanzt und dann über mehrere Jahre genutzt werden.

Eine ökonomische Bewertung der zusätzlichen Nutzungsformen ist nicht ohne weiteres möglich. Verfügbare Deckungsbeiträge für die verschiedenen angesprochenen Kulturen beziehen sich in der Regel auf größere, maschinell bearbeitbare Flächen. Eine maschinelle Bearbeitung der Baumstreifen ist jedoch nur im Jahr der Anlage eines AFS ohne größere Einschränkungen möglich. In den Folgejahren stehen die gepflanzten Wertholzbäume dieser im Wege. Daher ist in der Folgezeit allenfalls eine teilmechanisierte Bearbeitung der Streifen möglich. Auch sind die Erlöse für diese Kulturen von den Absatzmöglichkeiten abhängig.

Zur Orientierung sind in Tabelle 7 einige durchschnittliche Deckungsbeiträge ausgewählter Kulturen aufgeführt. Bei der nutzbaren Fläche wurde dabei von etwa 800 m<sup>2</sup> je Hektar ausgegangen (5



Baumstreifen/ha à 2 m Breite, abzüglich der Fläche für die Bäume). Die Werte sind jedoch aufgrund der genannten Besonderheiten nicht direkt auf die Nutzung in Agroforstsystemen übertragbar.

Auch eine ökonomische Bewertung der Nutzung von Baumstreifen als Bienenweide ist schwer möglich. Der wirtschaftliche Nutzen der Blütenbestäubung sollte allerdings nicht unterschätzt werden. Er liegt wissenschaftlichen Berechnungen zufolge weltweit bei etwa 10 % des Wertes der Weltnahrungsmittelproduktion (GALLAI ET AL. 2008 zitiert bei UNTERSEHER 2010). Eine kontinuierliche Versorgung der Bienen mit Nahrung hat daher durchaus auch eine ökonomische Komponente. Eine finanzielle Vergütung von Bienenweiden, die in Agroforstsystemen realisiert werden können, ist bisher jedoch nicht gegeben. Auch andere Effekte, wie etwa eine Ertragssteigerung durch Windschutz oder ein etwaiger Imagegewinn lassen sich nur schwer ökonomisch quantifizieren.

Tabelle 7: Ökonomische Kenndaten (Deckungsbeiträge) einiger ausgewählter Kulturen, die zum Anbau auf Baumstreifen geeignet sein könnten

Kultur	Durchschnittlicher Deckungsbeitrag (mittleres Ertragsniveau)	Flächenbezogener Deckungsbeitrag in AFS bei einer zusätzlich nutzbaren Fläche von 800 m <sup>2</sup> /ha	Quelle
Kurzumtrieb/Energieholz	ca. 89 €/ha	7 €/ha	HDFMANN 2009
Beerensträucher: Johannisbeeren; Himbeeren	4.500 €/ha bis 6.000 €/ha	360 € bis 480 €/ha	LEL 2010
Küchenkräuter	1.200 bis 1.800 €/ha	96 bis 144 €/ha	ESG KRÄUTER GMBH (2007)

Eine aussichtsreiche Möglichkeit, zusätzliche Einkommen aus den Baumstreifen zu akquirieren, liegt in der Vergütung der Umweltleistungen von Agroforstsystemen. Dadurch ließe sich zukünftig unter Umständen eine Förderung über das Ökokonto, oder über Agrarumweltmaßnahmen (Baden-Württemberg: MEKA) erreichen. Hierbei könnte die Gestaltung bzw. Nutzung der Baumstreifen ein wichtiges Argument für eine mögliche Anerkennung eines AFS als Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahme darstellen.

### 3.2.2 Naturschutzfachliche Bewertung

Sabine Aßmann, Manuel Oelke

#### 3.2.2.1 Beerensträucher

In einem Gehölzstreifen mit Beerensträuchern – wie Brombeere (*Rubus fruticosus*), Himbeere (*Rubus idaeus*), Stachelbeere (*Ribes uva-crispa*), Johannisbeere (*Ribes rubrum*) – finden zahlreiche Tierartengruppen Schutz und Nahrung. Insbesondere für Vogelarten stellen Beerensträucher einen wichtigen Lebensraum dar. Ihre Früchte dienen als Nahrungsquelle, die Sträucher selber werden als Versteckmöglichkeit und Nistplatz genutzt. Auch Säugetiere wie der Igel (*Erinaceus spec.*) verstecken sich nicht nur gerne in diesem Gestrüpp, sie ziehen



dort auch ihren Nachwuchs auf. Aus dem im Herbst abgeworfenen welken Laub bildet sich mit der Zeit ein idealer Boden für die natürliche Krautschicht. Dort leben zahlreiche Insektenarten, die wiederum Vögeln oder anderen Tierartengruppen als Nahrung dienen (OFFERMANN et al. 2010). Somit kommen Beerensträuchern aus naturschutzfachlicher Sicht durchaus wichtige Funktionen zu. Dabei ist zwischen den einzelnen Straucharten zu unterscheiden, da sie ein teilweise unterschiedliches Spektrum an Tierarten ansprechen.

Brombeeren ziehen fast das ganze Jahr über zahlreiche Insekten und andere Kleintiere an, wie die Radnetz (*Araneidae*)- und Jagdspinnen (*Dolomedes fimbriatus*), Weberknechte (*Opiliones*), Heupferde (*Tettigonia viridissima*), Keulen- (*Myrmeleotettix maculatus*, *Gomphocerippus rufus*) und Strauchschrecken (*Pholidoptera*), Marienkäfer (*Coccinellidae*), Falter (*Lepidoptera*), Schwebfliegen (*Syrphidae*) und Wildbienen (*Apoidea*). Zu den Brombeerbesuchern und -bewohnern gehören auch zahlreiche Wanzen (*Heteroptera*). Neben Gartenwanzen (*Rhaphigaster nebulosa*), Rotbeinigen Baumwanzen (*Pentatoma rufipes*) und Grünen Stinkwanzen (*Palomena prasina*) tummeln sich hier vor allem die stattlichen Lederwanzen (*Coreus marginatus*) in großer Zahl (MAY 2007).

Wildbienen und die solitär lebenden Grab (*Spheciformes*)- und Lehmwespen (etwa *Delta unguiculata*) nutzen die abgestorbenen Stängel der Brombeere als Niststätten (JAKUBZIK 1993). Letztere kleiden das Innere der hohlen Stängel mit Lehm aus, um ihre Eier darin abzulegen. Die Lehmwespe *Odynerus laevipes* stattet diese Brutzellen mit gelähmten Rüsselkäferlarven aus, die der Brut als Nahrung dienen (WEBER 2003). Adulte Exemplare dieser Art ernähren sich unter anderem von Nektar der Brombeere.

Die Himbeere wird ebenfalls von sehr vielen Insektenarten befliegen und bekrabbelt, so von der Honigbiene (*Apis mellifera*), von Wildbienenarten, von Hummeln (*Bombus spec.*), Fliegen (*Brachycera*), Blattwespen (*Tenthredinidae*), Rüsselkäfern (*Curculionidae*), Schmetterlingen wie Kaisermantel (*Argynnis paphia*) und Faulbaumbläuling (*Celastrina argiolus*).

Von den Blättern der Himbeere (wie auch der Brombeere) ernähren sich verschiedenste Insektengruppen, insbesondere auch viele Raupen von Falterarten, so die des Malvenfalters (*Augiades alceae*), des Roten Würfelfalters (*Spialia sertorius*), des Brombeerzipfelfalters (*Callophrys rubi*), des Perlmutterfalters (*Argynnis lathonia*) und des Kleinen Nachtpfauenauges (*Saturnia pavonia*). Zudem sind sie Nahrungsquelle für Feldhasen (*Lepus europaeus*) und Rehe (*Capreolus capreolus*) (BUND 2010).

Die Beeren unserer Sträucher werden bevorzugt von Vögeln gefressen, z. B. von Kleinspecht (*Dendrocopos minor*), Mittelspecht (*Dendrocopos medius*), Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*), Hausrotschwanz (*Phoenicurus ochruros*), Pirol (*Oriolus oriolus*) und Wachtel (*Coturnix coturnix*). Neben Vögeln ernähren sich auch zahlreiche Säugetierarten wie die Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*), der Marder (*Martes spec.*), der Siebenschläfer (*Glis glis*), der Fuchs (*Vulpes vulpes*) und das Eichhörnchen (*Sciurus vulgaris*) von den Beeren (PH KARLSRUHE 2010).



In Agroforstsystemen können Beerensträucher (entweder als reine Strauch-Streifen oder integriert in die Baumstreifen) auch eine positive Wirkung durch den zusätzlichen Schutz des Bodens vor Winderosion entwickeln. Gleichzeitig profitieren Himbeere und Brombeere durch den Halbschatten unter den Bäumen (KREUTER 1996). Allerdings sollte trotzdem auf ausreichenden Lichtgenuss geachtet werden, damit Blüten und aromatische Früchte ausgebildet werden. Je nach Dichte des Baumbestandes in AFS kann daher die Eignung einer Fläche für den Beerenanbau in späteren Jahrzehnten der Nutzung eingeschränkt sein. Insgesamt ist die Anpflanzung von Beerensträuchern in Agroforstsystemen zu begrüßen, sie erhöhen die Strukturvielfalt auf der Fläche und dienen verschiedensten Tierartengruppen, insbesondere Insekten und Vögeln, als Lebensraum und Nahrungsquelle. Da die Nutzung der Beerensträucher auch deren Pflege und regelmäßigen Rückschnitt bedeutet, kann es zu einer gewissen Einschränkung der Habitatfunktion der Sträucher kommen (Bsp. Nistplätze). Andererseits kann die Pflege sich auch positiv auswirken: Werden beispielsweise einzelne Stängel der Brombeere bei Pflegemaßnahmen nicht am Boden, sondern etwas darüber abgeschnitten, sind diese für die erwähnten Lehmwespen besser nutzbar.

### 3.2.2.2 Energieholznutzung/Kurzumtriebsplantagen (KUP)

Mit dem Anbau von Kurzumtriebsplantagen (KUP) werden künstlich begründete Gehölzbestände in der Agrarlandschaft etabliert. Durch ihre Arten-, Raum- und Altersstrukturen (einschichtige, gleichaltrige Baumschicht aus einer gebietsfremden Gehölzsippe oder wenigen Klonen – häufig Hochleistungsklone der Weide oder Pappel) stehen sie im Widerspruch zum Naturschutz, wenn sie nach Kriterien wie Naturnähe, Vielfalt, Vorkommen seltener und gefährdeter Arten, Repräsentanz für den Naturraum bzw. die Kulturlandschaft beurteilt werden. Werden sie aber mit ein- oder wenigjährigen landwirtschaftlichen Kulturen in Bezug auf die Biodiversität, der eingenommenen Flächen, der Auswirkungen auf benachbarte Lebensräume und auf die Vielfalt der Landschaft verglichen, kann es zu einer ganz anderen Einschätzung kommen (SCHMIDT & GLASER 2009).

Durch die Einrichtung einer KUP entsteht ein völlig neuer Lebensraumtyp: ein Offenlandbiotop (Acker) wird zu einem flächig mit Gehölzen bestandenen Lebensraum. Durch die Verschiebung der kleinklimatischen Verhältnisse und der Lichtverhältnisse ergeben sich grundlegend veränderte Habitatbedingungen (KRAFT 2008). Im Vergleich zu konventionell oder intensiv bewirtschafteten annualen Kulturen kann daher die Tier- und Pflanzenartenvielfalt in KUP höher sein (NABU 2008). Nach BUSCH (2010) geht die festzustellende Förderung der Artenvielfalt mit dem Strukturreichtum dieser Plantagen einher. Allerdings weisen SCHULZ et al. (2008a) darauf hin, dass die Artenzahl und -vielfalt stark von der jeweilig untersuchten Art und der Ausgestaltung der Kurzumtriebsplantagen abhängt und hierbei auch gegensätzliche Ergebnisse erzielt wurden.



### 3.2.2.3 Auswirkungen auf die Pflanzenwelt

KUP können neben den angebauten Gehölzen vielen krautigen Pflanzen Lebensraum schaffen, insbesondere in den Bereichen zwischen den Gehölzreihen. Entscheidend für die Zusammensetzung der späteren Bodenvegetation ist in erster Linie die Vorbehandlung der Fläche. Während durch den Einsatz von Herbiziden alle Arten gleichermaßen zurückgedrängt werden, fördert die mechanische Kontrolle des Begleitwuchses konkurrenzschwache Offenlandarten, wodurch sich die Artenvielfalt erhöhen kann (KROIHER et al. 2010). Zudem haben sich nach STOLL & DOHRENBUSCH (2010) bei Untersuchungen mit Hinblick auf die Beseitigung von Begleitvegetation und auf den Anwuchserfolg von Pappelstecklingen mechanische Verfahren gegenüber der chemischen Bekämpfung als wirkungsvoller erwiesen. Darüber hinaus wirken sich die Flächenauswahl, die Bestandesgröße, die Pflanzdichte und die Intensität der Bewirtschaftung auf die Pflanzenvielfalt in KUP aus (KROIHER et al. 2010). Auch spielt die Vernetzung mit anderen Landnutzungsformen eine wichtige Rolle, da sie die Einwanderungswege für Arten in die Fläche beeinflusst. KROIHER et al. (2010) empfehlen, KUP in Bestandesblöcken von nicht mehr als einem Hektar anzulegen, da größere, homogene KUP in Untersuchungen keine höhere Pflanzenvielfalt aufwiesen.

In der Regel steigt die Artenzahl der Bodenvegetation nach Anlage der KUP, denn zusätzlich zu den Ackerwildkräutern treten Pflanzen des Grünlandes, waldnaher Staudenfluren und Gebüsche auf. Sowohl die mittlere als auch die Gesamtartenzahl steigen nach der Anlage der KUP an und übertreffen die eines konventionellen Ackers bei Weitem. Obwohl sich das Artengefüge im Laufe der Zeit ändert, bleibt die Gesamtartenzahl in der Phase des aufwachsenden sowie des dicht geschlossenen und erntereifen Bestandes aufgrund der heterogenen Horizontalstruktur (z. B. Lücken durch Ausfall von Pflanzen) der KUP auf ähnlichem Niveau. Bei dichter Beschattung kann die Artenzahl rückläufig sein, nach der Ernte dagegen Maximalwerte erreichen (SCHMIDT & GLASER 2009, KROIHER et al. 2010).

HEILMANN et al. (1995) kamen bei Vegetationsuntersuchungen auf einer 5-jährigen Pappel- und Weiden-KUP in der Umgebung von Regensburg zu dem Ergebnis, dass die Gesamtartenzahl mit 145 Arten nicht nur wesentlich höher war als auf einem Weizenacker (17 Arten), sondern auch höher als auf Grünbracheflächen (114 Arten). In Schweden wurde der Einfluss von KUP auf die Pflanzenvielfalt in Agrarlandschaften untersucht. Dafür wurden auf 21 KUP-Flächen (0,1–13 ha; 6–14 Jahre alt; ehemalige Ackerflächen) Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Die Vegetation wurde mit angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen verglichen. Es wurden die Hypothesen aufgestellt, dass kleine KUP mit Pappeln einen positiven Effekt auf die Pflanzenvielfalt in Agrarlandschaften haben und dass der Artenreichtum am Rand der KUP am größten ist. Es wurde festgestellt, dass die meisten gefundenen Arten weitverbreitete Ruderalpflanzen und „Generalisten“ waren. In 10 von 16 Fällen kamen in den KUP insgesamt mehr Arten vor als auf der Referenzfläche (Acker-



und Grünland). Die mittlere Artenzahl je Aufnahmeeinheit war jedoch auf den Referenzflächen größer. Die Gesamt-Artenzahl war von der Größe der KUP unabhängig. 13–64 % der gefundenen Pflanzenarten wuchsen auch auf der Referenzfläche. Die Artenzahl nahm vom Rand zur Mitte der Fläche ab, in der Mitte der KUP war die Artenzahl sehr gering. Großflächige KUP können daher die Biodiversität einer Landschaft negativ beeinflussen, viele kleine Flächen hingegen könnten sich in Agrarlandschaften positiv auswirken (WEIH et al. 2003).

#### 3.2.2.4 Auswirkungen auf die Tierwelt

Aufgrund der längeren Bodenruhe in KUP, dem höheren Strukturreichtum durch die Gehölze und durch den verminderten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Pestiziden ist die Zoodiversität gegenüber anderen Energiepflanzenflächen eher höher einzustufen (SCHULZ et al. 2010). Eine 8-jährige KUP in Nord-Hessen wies nach Untersuchungen von (LIESEBACH et al. 1999) gegenüber einem angrenzenden Gerstenacker und einem Fichtenwald eine höhere Vielfalt oberirdisch lebender Wirbelloser auf Ebene der Familien auf.

REDDERSEN (2001) untersuchte Insekten in Weiden-Kurzumtriebsplantagen. Dabei wurden Flächen mit 11 Pflanzungen auf intensivem Ackerland genutzt. Die durchschnittliche Flächengröße betrug 1,1 ha mit einem oder mehreren Klonen (*Salix viminalis*). Drei Jahre lang wurden im April das Geschlecht der Blüten und die Anzahl der Kätzchen aufgenommen. Der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Kätzchen und dem Anteil der blühenden Weiden mit der Anzahl der Jahre seit der letzten Ernte (1–4) wurde untersucht. Es wurde festgestellt, dass die Weiden direkt nach der Ernte keine, aber im Laufe der 4 Jahre häufig und zahlreich Blüten trugen. Weiden-KUP können somit wertvolle Bienenweiden sein. Auch dienen sie vielen anderen Insekten, jedoch können auch potenzielle Schädlinge darunter sein (SAGE 1998). Aus diesem Grund beherbergen Weiden-KUP auch doppelt so viele Singvogelarten wie vergleichbare Pappel-KUP, da ihnen die Insekten als Nahrung dienen. Als Habitat für Kleinsäuger sind KUP jedoch weniger geeignet, wenn keine Krautschicht in der Plantage vorhanden ist (SAGE 2006).

Bei einer Untersuchung über die Entwicklung der Brutvogelfauna auf Energieholzflächen in Hessen wurden auf KUP-Flächen mit verschiedenen Altersstadien und Ausprägungen in den Jahren 1993, 1998 und 2007 Kartierungen durchgeführt. Es wurden sieben Begehungen zwischen Mitte April und Ende Mai jeweils nach der gleichen Methode vorgenommen. Dabei wurden revieranzeigende Merkmale wie singende / balzende Männchen, Paarbeobachtungen, Territorialverhalten, Nistmaterial / Futter / Kotballen tragende Altvögel, warnende oder verleitende Altvögel, Nestfunde und gerade flügge gewordene Jungvögel erfasst. Zwei Registrierungen solcher Verhaltensweisen führten zur Abgrenzung eines Reviers. Die untersuchten Flächen selbst wurden in sieben unterschiedliche Strukturtypen (vom frischen Pappelaufwuchs bis zu 15 m hohen, heterogenen Beständen) abgegrenzt. Das



Brutvogelspektrum aller drei Aufnahmejahre wurde auf die Fläche bezogen verglichen und es wurde eine Bewertung anhand von Abundanz und Dominanz der Arten durchgeführt. Bei dieser Untersuchung wurde festgestellt, dass Flächen von Kurzumtriebsplantagen mit zunehmendem Alter immer heterogener wurden und der kleinparzellierte Umtrieb die Strukturdiversität erhöht hat. Die Brutvogelgemeinschaften haben sich im Laufe der Jahre ebenfalls stark verändert: die Brutvogelartenzahlen sind in 13 Jahren von 15 auf 20 gestiegen und die Brutpaardichte hat sich verdoppelt (19,7 BP/10 ha auf 39,3 BP/10 ha). Des Weiteren ist es zu einer Verschiebung der Artenzusammensetzung von Offenlandarten zu Waldarten gekommen. Arten mit Bindung an ältere Gehölzbestände wie Buchfink (*Fringilla coelebs*) und Mönchsgrasmücke (*Sylvia atricapilla*) wurden häufiger angetroffen, wohingegen Arten mit Bindung an niedrige Habitatstrukturen wie Gartengrasmücke (*Sylvia borin*) seltener wurden oder verschwanden. Doch nicht nur die Artenzusammensetzung, sondern auch das eudominante Artenspektrum änderte sich in Richtung der Arten, die ältere Bäume benötigen. Das allgemeine Dominanzverhältnis in den Avizönosen blieb über die Jahre hinweg jedoch relativ ähnlich. Aus naturschutzfachlicher und avifaunistischer Sicht sind die Flächen nach 13 Jahren als eher verarmt zu betrachten. Auf diesen hessischen Versuchsflächen wurde auch nachgewiesen, dass die Brutvögel verstärkt die Randbereiche der Pappelblöcke besiedeln. Zur Mitte hin sind verglichen dazu nur noch einige wenige Arten und diese in geringer Brutdichte zu finden (GRUB & SCHULZ 2008).

Insgesamt ist in großen, monotonen KUP mit verarmten Kerngebieten zu rechnen (SCHULZ et al. 2008b). CHRISTIAN et al. (1997), CUNNINGHAM et al. (2004) und SAGE et al. (2006) kamen auch auf Flächen außerhalb Deutschlands zu dem Ergebnis, dass deutlich mehr Vogelarten mit größerer Individuendichte die Randgebiete der KUP besiedeln. Dieser Ökoton-Effekt ist auch bei anderen Tierarten sichtbar (CUNNINGHAM et al. 2004, SCHULZ et al. 2010). Daraus kann abgeleitet werden, dass unter bestimmten Bedingungen kleinere Energieholzflächen aus tierökologischer Sicht günstiger sind, da sie eine höhere Randliniendichte aufweisen als größere KUP-Flächen (LONDO et al. 2005). Insgesamt weisen Energieholzflächen nach SCHULZ et al. (2010) keinen sehr hohen Artenreichtum auf, jedoch könne dieser durch das Design der Anlage und zusätzliche Maßnahmen (Förderung von Struktureichtum in und am Rande der Anlage, auch Etablierung von Hecken und Krautsäumen) gefördert werden.

### 3.2.2.5 Auswirkungen auf die Bodenökologie

Nach Etablierung einer Kurzumtriebsplantage findet in der Regel keine tiefer greifende Bodenbearbeitung mehr statt (STOLL & DOHRENBUSCH 2010). Durch die langjährige Bodenruhe und den verminderten Einsatz von Pestiziden wird das Bodenleben intensiviert, was in Verbindung mit der Laubzersetzung die Humusbildung im Boden fördert. So lässt sich auf KUP-Flächen zum Beispiel eine Zunahme von Regenwürmern, Asseln und Weberknechten verzeichnen (JEDICKE 1995). Das rege Bodenleben bringt wiederum bessere



physikalische Bodeneigenschaften mit sich: Insgesamt kommt es durch die Anlage einer KUP auf einer Acker- oder Grünlandfläche zu einer Verbesserung der Bodenstruktur und stabileren bodenökologischen Bedingungen, wobei sich die Stoffkreisläufe in KUP grundlegend von jenen im Konventionellen Landbau unterscheiden (LAMERSDORF & SCHULTE-BISPING 2010). Durch Beschattung, mehrjährige Durchwurzelung und Streuauflage sind hinsichtlich der Bodenfeuchte und Bodentemperatur ausgeglichene Verhältnisse festzustellen. Das Wasserspeicher-, Filter- und Puffervermögen des Bodens wird verbessert (KRAFT 2008), allerdings ist zu beachten, dass KUP aufgrund ihrer hohen Transpirationsleistung zur Reduktion der Grundwasserneubildung beitragen können (LAMERSDORF & SCHULTE-BISPING 2010).

Erosionsgefahr besteht bei Kurzumtriebsplantagen nur in der Anlagephase der Plantage. Danach wird der Boden durch die ganzjährige Bedeckung mit Vegetation vor Erosion geschützt (NABU 2008). Der Bedarf an Düngemitteln ist gering bis sehr gering (BUSCH 2010). Untersuchungen zum Nährstoffhaushalt von Kurzumtriebsplantagen im Vergleich mit konventioneller Ackernutzung haben ergeben, dass die Nährstoffauswaschung beim Anbau von schnellwüchsigen Gehölzen langfristig im Allgemeinen geringer ausfällt (NABU 2008), wobei Effekte bei der Rückkehr zum Anbau von Ackerkulturen unberücksichtigt bleiben.

### **3.2.2.6 Auswirkungen auf die Landschaft**

Kurzumtriebsplantagen sind vielseitig einsetzbar, um eine Landschaft zu strukturieren und damit das Landschaftsbild zu fördern und den Erholungswert zu erhöhen (ROHLF 2007). Zudem können durch KUP Trittsteine für Tier- und Pflanzenarten in der Agrarlandschaft geschaffen werden, um eine Vernetzung von Biotopen zu erreichen (SCHULZ et al. 2008c).

Jedoch sollten bestimmte Habitate tabu sein und nicht für die Etablierung von KUP herangezogen werden, da sie hier die Gesamtbiodiversität der Landschaft empfindlich stören würden (SCHULZ et al 2010). Hierzu sind wertvolle Offenlandbiotope wie Magerrasen, Bachauen, Moore, Wiesentälchen und Waldwiesen zu nennen, auf denen keine flächigen Gehölzpflanzungen vorgenommen werden sollten. Es muss zudem darauf geachtet werden, dass die Anlage von KUP nicht zum Rückgang von ausgesprochenen Offenlandarten beiträgt, sondern dass diesen geeignete Ausweichflächen in der Landschaft zur Verfügung stehen.

### **3.2.2.7 Folgerungen**

KUP weisen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Naturhaushalt Vorteile auf, wenn die landwirtschaftlichen Flächen zuvor mit intensiv bewirtschafteten annuellen Kulturen zur Energieerzeugung bestellt waren (NABU 2008). Laut SCHMIDT & GLASER (2009) besteht kein Widerspruch zwischen KUP, deren Chancen in ihrer Nutzung als alternative Energieträger und ihren landschaftsökologisch begründbaren Vorteilen gegenüber intensiv bewirtschafteten Äckern liegen, und Naturschutz, wenn ihre Anlage und Einordnung in die Landschaft umwelt- und



natur(schutz)verträglich gestaltet wird und unter Beachtung regionaler Leitbilder und Naturschutzziele erfolgt (vgl. auch NABU 2005; BUND 2007). KUP können einen Beitrag zum Naturschutz und zur Nachhaltigkeit leisten, wenn sie nicht als großflächige Monokulturen etabliert werden, und wenn sowohl die standörtlichen als auch die landschaftsökologischen Rahmenbedingungen beachtet werden. SCHULZ et al (2010) und KROIHER et al. (2010) empfehlen daher zur Förderung der Tier- und Pflanzenwelt, KUP so anzulegen, dass Blöcke von maximal einem Hektar entstehen, welche im rotierenden Verfahren geerntet werden. Auf diese Weise entsteht ein vielgestaltiges Mosaik auf der Fläche, welches der Biodiversität zu Gute kommt. Um von Randlinieneffekten profitieren zu können, ist die Anlage einer langgestreckte Fläche günstiger als eine quadratische (SCHULZ et al. 2008b, SCHULZ et al. 2010). Auf Wertholz-Streifen angelegte, vergleichsweise schmale KUP-Pflanzungen würden dieser Erkenntnis Rechnung tragen.

Auch wird empfohlen, die Umtriebszeit zumindest auf Teilflächen auf maximal drei Jahre zu beschränken, da sich auf diese Weise aufgrund des Lichtangebotes eine hohe Artenvielfalt einstellen kann. Neben der Umtriebsdauer der KUP spielt auch die Wahl der Baumarten bzw. verwendeten Klone eine wichtige Rolle: In Weiden-Anlagen gelangt deutlich mehr Licht auf den Boden, was für krautige Pflanzen und für Insekten förderlich ist. Bei Pappeln sind insbesondere großblättrige Klone wie „Muhle-Larsen“ oder „Rap“ negativ zu bewerten, da sie im Sommer ein ungünstiges Lichtklima bedingen und die Bodenvegetation übermäßig ausdunkeln (KROIHER et al. 2010). Auch bildet die Streu dieser Klone aufgrund der Blattgröße eine sehr dichte Bedeckung und führt zu ungünstigen klimatischen Bedingungen in der Streuschicht. Aus naturschutzfachlicher Sicht ist auch aus diesen Gründen die Kombination verschiedener Baumarten oder zumindest verschiedener Klone einer Baumart zu empfehlen. Dies kommt nicht nur der Vielfalt in der Anlage zu Gute, sondern begrenzt auch die Risiken durch krankheitsbedingte Ausfälle. STOLL & DOHRENBUSCH (2010) regen zudem an, für KUP eher untypische Baumarten wie Winterlinde (*Tilia cordata*), Eberesche (*Sorbus aucuparia*) oder Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) zu integrieren. Zwar erreichten diese Baumarten geringere Zuwächse, doch seien ihre Biomasseleistungen bei längeren Rotationen nicht zu unterschätzen. SCHULZ et al (2010) favorisieren die Verwendung von blühfähigen männlichen und weiblichen Weiden als Haupt-Baumart in KUP. Diese wirken sich positiv auf die Zoodiversität aus, da sie als Pollenspender für viele Insekten dienen und somit die Avifauna fördern.

Durch gezielte Flächenauswahl für KUP und deren Einbindung in Agroforstsysteme zur Wertholzerzeugung sowie zusätzliche Maßnahmen zur Steigerung der Artenvielfalt kann der Beitrag zum Natur- und Landschaftsschutz daher beachtlich gesteigert werden (BUSCH 2010, SCHULZ et al (2010)).

### 3.2.2.8 Gemüse- und Kräuteranbau

Auch der Anbau von Gemüse und Kräutern auf dem Baumstreifen kann zur Artenvielfalt der Fläche beitragen. Hierbei ist nicht nur relevant, welche Kulturen angebaut werden, sondern auch, wie intensiv dieser Anbau betrieben wird: Die Reduzierung des Einsatzes von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln ist auch deswegen wichtig, damit der Baumstreifen für die im Agroforstsystem lebenden Tiere als Rückzugsraum erhalten bleibt. Eine intensive landwirtschaftliche Nutzung der



Bereiche zwischen den Baumreihen und des Baumstreifens selber ist aus naturschutzfachlicher Sicht nicht optimal.

Die angebauten Pflanzen können in erster Linie aufgrund ihres Blühaspektes für die Artenvielfalt der Fläche interessant sein. Dies wird jedoch nur relevant, wenn diese nicht vorzeitig geerntet werden, sondern zur Blüte kommen (beispielsweise zur Saatgutproduktion). Die Blüten der Zitronenmelisse (*Melissa officinalis*), der Pfefferminze (*Mentha x piperita*), des Schnittlauchs (*Allium schoenoprasum*) und der Petersilie (*Petroselinum crispum*) bieten Schmetterlingen (*Lepidoptera*) und anderen Insekten besonders gute Nahrung. Vor allem die Zitronenmelisse ist eine bevorzugte Nahrungsquelle von Bienen (*Apiformes*), weshalb sie auch zur Bienenweide verwendet wird. Die Blätter der Zitronenmelisse werden auch sehr gerne von Schmetterlingsraupen gefressen (DEUTSCHE WILDTIERSTIFTUNG 2010). Sehr bedeutend für zahlreiche Tagfalterarten (etwa für den Schwalbenschwanz, *Papilio machaon*) ist das Vorhandensein von aromatischen Doldenblütlern wie Karotte (*Daucus carota* ssp. *sativus*), Dill (*Anethum graveolens*), Fenchel (*Foeniculum vulgare*), Pastinake (*Pastinaca sativa*), deren Blätter sie zur Eiablage nutzen (SCHMIDT 2010).

Schmetterlinge stellen eine der wichtigsten Bioindikatorengruppen unter den landlebenden Wirbellosen dar, ihre Förderung kommt gleichzeitig vielen anderen Tierarten auf der Fläche zu Gute. Durch das Vorhandensein von Faltern, Raupen, Käfern und anderen Insekten werden insektenfressende, heimische Vogelarten oder auch nachtaktive Fledermäuse (*Microchiroptera*), angelockt, die wiederum auch Schädlinge landwirtschaftlicher Kulturen vertilgen können (DEUTSCHE WILDTIERSTIFTUNG 2010). Die Nutzung des Baumstreifens zum Anbau von Gemüse oder Kräutern bietet aus naturschutzfachlicher Sicht daher durchaus Potenziale für den Artenschutz, zumal die geringe Beetgröße auf den Baumstreifen ein Mosaik verschiedenster Nutzungen möglich macht.

### 3.2.2.9 Blühstreifen

Die Einsaat von Blühstreifen bietet aus naturschutzfachlicher Sicht eine sehr einfache Möglichkeit, um mit vergleichsweise geringem Einsatz eine deutliche Aufwertung von Agroforst-Flächen zu erzielen.

In erster Linie profitieren von der Einsaat von Blümmischungen neben Schmetterlingen und anderen blütenbesuchenden Insekten vor allem Honigbienen (*Apis mellifera*) und Wildbienen sowie Hummeln (*Bombus spec.*). Dies ist nicht allein aus Gründen des Artenschutzes zu begrüßen, auch aus Sicht der Landwirtschaft ist die Förderung von Bestäubern äußerst sinnvoll: etwa 85 % unserer Wild- und Nutzpflanzenarten sind auf die Bestäubung durch Tiere angewiesen. Insbesondere die Bedeutung von Wildbienen und Hummeln ist nicht zu unterschätzen, da einige Kulturen (Klee, Erbsen, Bohnen) fast ausschließlich von diesen bestäubt werden (UNTERSEHER 2010).

Auch Laufkäfer (*Carabidae*) und Vögel können von Blühstreifen profitieren (DEGENBECK 2006). Letztere nutzen das Angebot an Insekten, die Samenstände der Stauden dienen ihnen als Winternahrung. Die Staudenfluren können als Rückzugsraum für die im Agroforstsystem vertretenen Tierarten dienen, insbesondere wenn hochwüchsige und vereinzelt auch stachelige Arten beteiligt werden. Gerade auch für Bodenbrüter können diese ungestörten Flächen in der Agrarlandschaft interessant sein.

Bei der Auswahl der Arten sollte eine an die gegebenen Standortverhältnisse angepasste Mischung aus Wild- und Kulturarten gewählt werden (DEGENBECK 2006). Zu empfehlen ist die Verwendung von



autochthonem Saatgut heimischer Pflanzen, um Florenverfälschungen zu vermeiden. Auch vom Gesetzgeber ist die Verwendung von gebietsheimischem Saatgut in der freien Landschaft inzwischen gefordert (§ 40 BNatSchG; vgl. DEGENBECK 2010). Aus Gründen der Praktikabilität sind mehrjährige Saatgutmischungen von Vorteil (s.o.). Das Artenspektrum der Aussaat sollte einen möglichst ausgedehnten Blühaspekt gewährleisten und somit Insekten über die gesamte Vegetationsperiode hinweg Nahrung in ausreichender Menge und Qualität anbieten (UNTERSEHER 2010). Daher sollten früh blühende Arten genauso berücksichtigt werden wie im Hochsommer blühende Arten.

Die Verwendung von einjährigen Arten kommt in Betracht, wenn die Agroforst-Anlage neu etabliert wird und die Attraktivität der Fläche gesteigert werden soll, später aber andere Nutzungen als Blühstreifen vorgesehen sind. Auch können einjährige Arten mehrjährigen Mischungen beigefügt werden, um auch schon im ersten Jahr einen ansprechenden Pflanzenbestand zu erreichen. Hinweise zu in Frage kommenden Pflanzenarten sind (siehe Kap 5.1) zu entnehmen.

Positiv anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass sich durch die Anlage von Blühstreifen auf den Baumstreifen ein Mosaik verschiedener Nutzungen auf kleiner Fläche realisieren lässt und Staudenfluren zum Strukturreichtum der Anlage beitragen können. Nicht zuletzt sei auf den positiven Effekt von Blühstreifen auf das Landschaftsbild hingewiesen, welcher gerade in intensiv genutzten Agrarlandschaften eine starke Wirkung erzielt.

## 4 Untersuchungen zur Optimierung der Holzproduktion

### 4.1 Methoden zur Erziehung von furnierfähigem Holz

*Simeon Springmann*

#### 4.1.1 Retrospektive Analysen an Überwallungszonen

##### 4.1.1.1 Einleitung

Der Ablauf des Überwallungsprozesses ist bei der Produktion von hochwertigem Holz in Furnierqualität von entscheidender Bedeutung. Je schneller die Astungswunde überwallt wird, desto früher ist das Holz vor dem Eindringen holzersetzender Pilze geschützt und desto früher beginnt die Bildung „fehlerfreien“ Holzes. Information über den Einfluss verschiedener Ast- bzw. Ästungsparameter auf die Überwallung sind deshalb wichtig um die Ästung so effizient als möglich zu gestalten.

Um Aussagen über den Einfluss verschiedener Astparameter auf die Überwallung zu treffen wurden geastete und überwallte Äste retrospektiv untersucht. Hierzu wurden Holzproben geasteter Kirschen von der Versuchsfläche Gündlingen des Instituts für Waldwachstum entnommen und so präpariert, dass der gesamte Verlauf der Überwallung analysiert werden kann (siehe Abbildung 25). Insgesamt 87 Äste und deren Überwallungszonen wurden vermessen. Erfasst wurden unter anderem Astdurchmesser, Dauer der Überwallung, Breite der Überwallungszone, Astabgangswinkel.



Abbildung 25: Holzprobe zur retrospektiven Analyse von Überwallungszonen

Die nachfolgenden Histogramme zeigen, dass das vorliegende Probenmaterial einen weiten Wertebereich der verschiedenen gemessenen Parameter gut abdeckt (Abbildung 26).

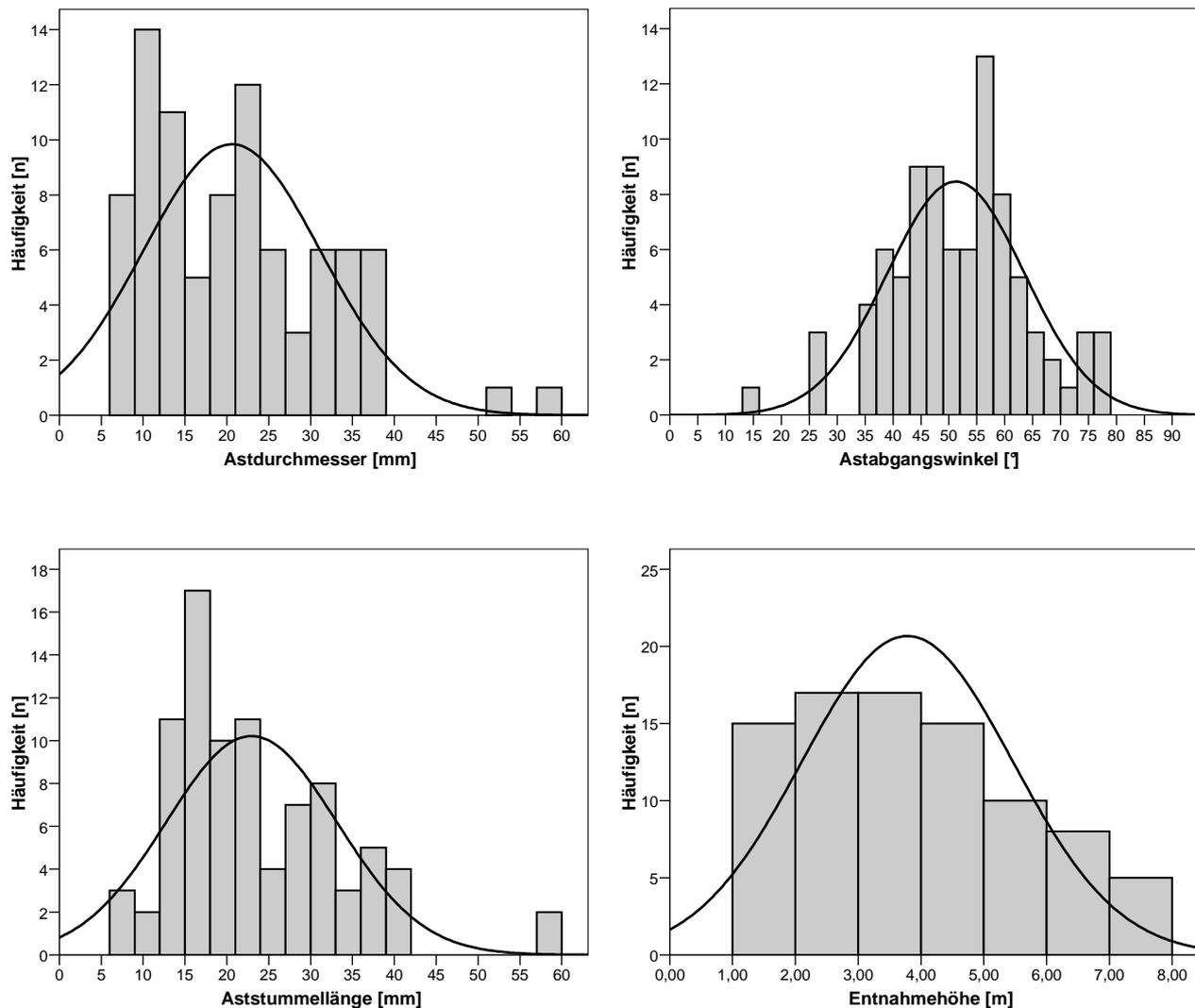


Abbildung 26: Histogramme verschiedener vermessener Astparameter des Probenmaterials

Wie oben beschrieben ist bei der Produktion von Wertholz der Einfluss der Ästung auf die Holzqualität von besonderem Interesse. Überprüft wurde der Einfluss verschiedener Astparameter auf die Überwallungszeit und die Dicke der Überwallungszone.

Die Überwallungszeit ist deshalb besonders von Interesse, da mit zunehmender Überwallungsdauer die Wahrscheinlichkeit der Holzzerstörung durch Pathogene, die über die Ästungswunden eindringen, speziell bei Kirsche steigt (SEIFERT et al. 2010). Das Risiko einer solchen Infektion, die langfristig zum Verfaulen des kompletten Stammes führt, sollte bei der Wertholzproduktion deshalb unbedingt minimiert werden.

Innerhalb eines Furnierholzstammes befindet sich stets ein zylindrischer Kern defekten Holzes, welcher aus den geasteten Ästen sowie deren Überwallungszonen besteht. Furniertaugliches Holz wird außerhalb dieses asthaltigen Kerns produziert. Abbildung 27 verdeutlicht den Einfluss des asthaltigen Kerns auf das Volumen des erzeugten astfreien Holzes. Ein großer asthaltiger Kern im Verhältnis zum Zieldurchmesser des Wertholzstammes wirkt sich stark erlösmindernd aus. Deshalb ist

ein Ziel bei der Wertholzerzeugung den beschriebenen defekten Kern so gering als möglich ausfallen zu lassen. Eine Möglichkeit dies zu erreichen besteht in der Reduktion der Überwallungszone. Je kleiner die Überwallungszone ist, desto früher und desto mehr Wertholz wird produziert.

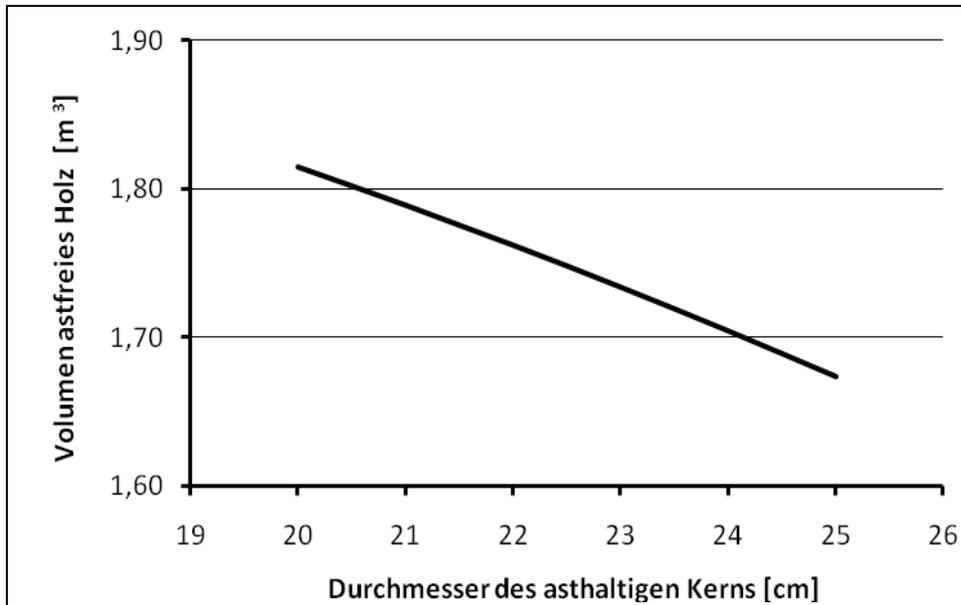


Abbildung 27: Astfreies Holzvolumen in Abhängigkeit vom Durchmesser des asthaltigen Kerns (bei astfreier Stammlänge: 8 m, BHD: 60 cm, Abholzigkeit: 1 cm)

#### 4.1.1.2 Ergebnisse

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die retrospektiv gefundenen Zusammenhänge zwischen gemessenen Astparametern und Überwallungsprozess. Der stärkste Zusammenhang wurde zwischen der Dicke der Überwallungszone und der Länge des Aststummels gefunden (Abbildung 28). Zwischen diesen zwei Faktoren besteht ein direkter linearer Zusammenhang. Abbildung 28 zeigt, dass mit zunehmender Länge des Aststummels auch die Dicke der Überwallungszone zunimmt. Das Bestimmtheitsmaß der linearen Beziehung beläuft sich auf 0,75. Aus diesem gefundenen straffen Zusammenhang lässt sich als Schlussfolgerung ableiten, dass bei der Ästung von Kirschen unbedingt darauf geachtet werden muss, dass die Äste so nah am Stamm als möglich abgesägt werden, um Aststummel zu minimieren. Denn eine Verdoppelung der Aststummellänge bewirkt automatisch beinahe eine Verdoppelung der Überwallungszone und damit einhergehend einen größeren Bereich fehlerhaften Holzes. Diese Feststellung führt zu dem Schluss, dass die Minimierung der Aststummellänge eine einfache Möglichkeit darstellt den Volumenzuwachs an fehlerfreiem Wertholz nach der Ästung zu steigern. Indem sicher gestellt wird, dass die Ästung sorgfältig, das heißt mit Augenmerk auf kleine Aststummel, durchgeführt wird kann die Qualitätsentwicklung des Wertholzträgers ohne Zusatzaufwand optimiert werden.

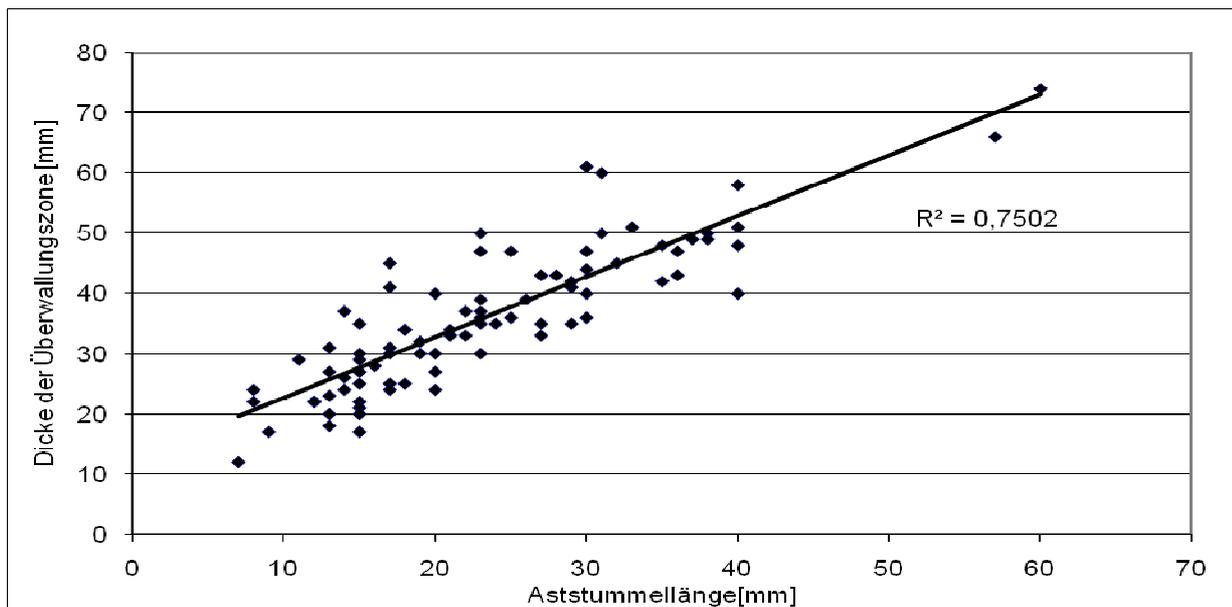


Abbildung 28 : Zusammenhang von Aststummellänge und Dicke der Überwallungszone

Der gefundene Zusammenhang zwischen Aststummellänge und Dicke der Überwallungszone führt zu der Annahme, dass mit zunehmender Aststummellänge auch die Überwallungsdauer zunimmt. Der Einfluss der Aststummellänge auf die Überwallungsdauer ist in Abbildung 29 dargestellt. Die Regressionsgerade zeigt deutlich, dass bei Zunahme der Aststummellänge gleichzeitig eine Verlängerung der Überwallungsdauer festzustellen ist. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht so straff wie der zuvor dargestellte zwischen Aststummellänge und Überwallungszonendicke. Abbildung 29 zeigt, dass die Einzelwerte relativ weit um die Regressionsgerade herum streuen. Das Bestimmtheitsmaß beträgt nur 0,33. Eine wahrscheinliche Erklärung hierfür liegt darin, dass die Überwallungsdauer nicht alleine von der Aststummellänge abhängt. Eine weitere entscheidende Einflussgröße ist der Radialzuwachs des Baumes in Höhe des geästeten Astes. Im Falle eines hohen Radialzuwachses ist die Überwallung des Aststummels schneller abgeschlossen als bei geringem Dickenzuwachs.

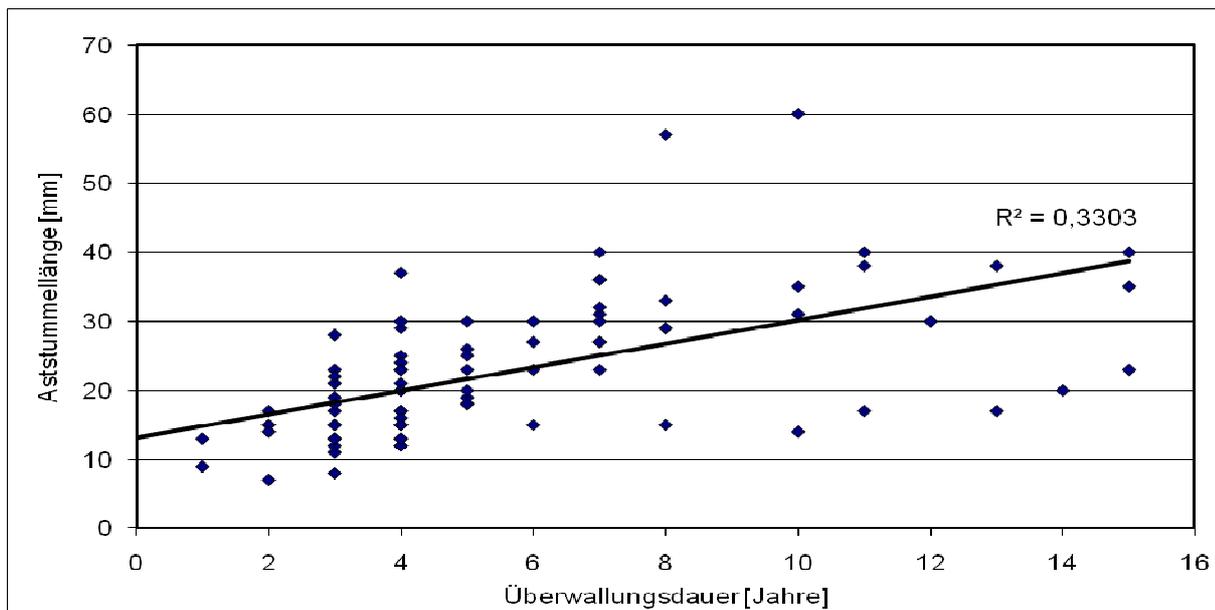


Abbildung 29: Zusammenhang von Aststummellänge und Überwallungsdauer

Neben dem Zusammenhang von Aststummellänge und Überwallungsdauer wurde der Einfluss des Astdurchmessers auf die Überwallungsdauer untersucht. Wie in Abbildung 30 ersichtlich konnte kein direkter Zusammenhang nachgewiesen werden. Die beobachteten einzelnen Werte sind weiträumig um die Ausgleichsgerade herum verteilt. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Resultaten anderer Forschungsarbeiten, dass die Überwallungsdauer dickerer Äste bei Kirsche nicht zwangsläufig länger dauert als bei dünneren (SCHMALTZ 2000). Auch hier ist wiederum wie bei dem Einfluss der Aststummellänge auf die Überwallungsdauer (Abbildung 29) zu berücksichtigen, dass der Radialzuwachs in Asthöhe als weiterer Parameter die Überwallungsdauer beeinflusst. HEIN UND SPIECKER (2007) stellten bei Esche und Ahorn einen signifikanten Einfluss der Kombination von Astdurchmesser und Radialzuwachs auf die Überwallungsdauer fest.

Als weiterer möglicher Zusammenhang wurde der Einfluss des Astdurchmessers auf die Dicke der Überwallungszone überprüft (Abbildung 31). Auch hier ist kein Zusammenhang erkennbar. Die Datenpunkte streuen großflächig um die Regressionsgerade. Für gleiche Astdurchmesser variiert die Dicke der Überwallungszone meist mit Faktor 2 bis 3.

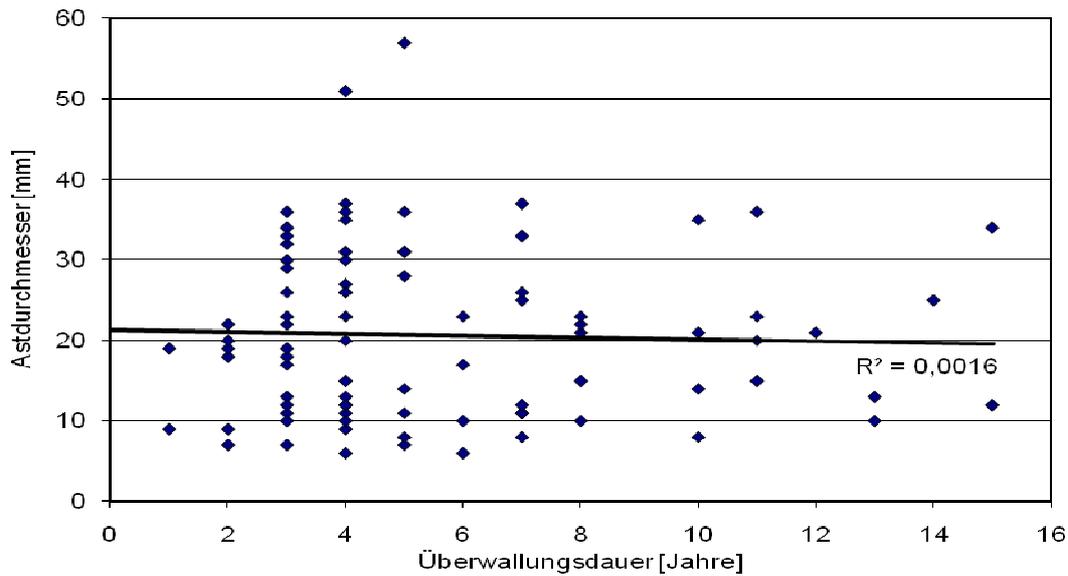


Abbildung 30: Zusammenhang von Astdurchmesser und Überwallungsdauer

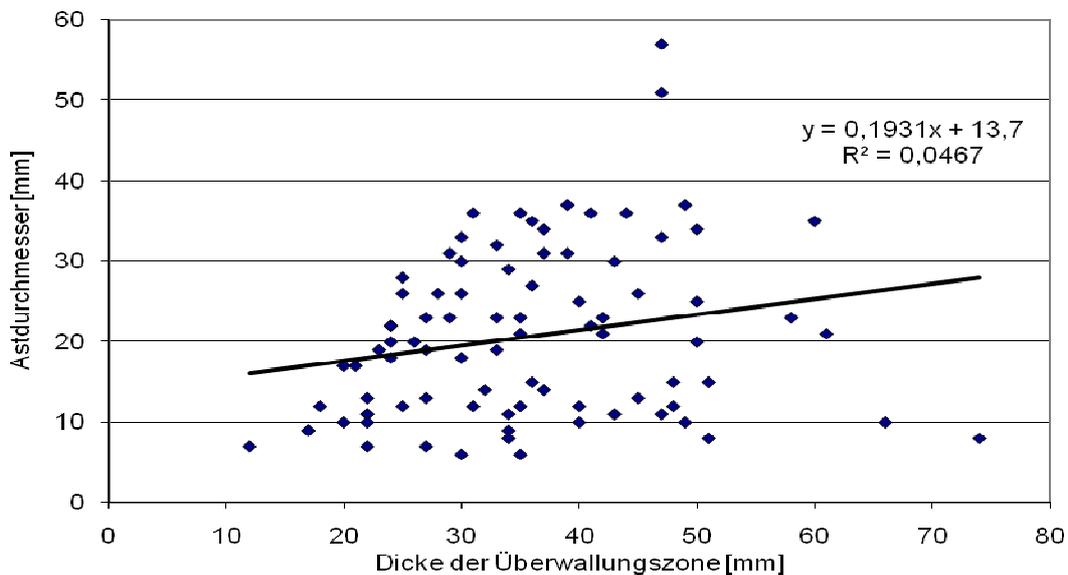


Abbildung 31: Zusammenhang von Astdurchmesser und Dicke der Überwallungszone

#### 4.1.1.3 Fazit

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei Kirsche die Ausführung der Ästung für die weitere Qualitätsentwicklung des Baumes von entscheidender Bedeutung ist. Besonders die Vermeidung langer Aststummel trägt dazu bei die Überwallungszone sowie die Überwallungsdauer zu verringern. Dieses Ergebnis stimmt mit anderen Untersuchungen an Laubbäumen überein, die ebenfalls bestätigen, dass durch saubere Schnittführung und Vermeidung von Aststummeln der



Überwallungsprozess beschleunigt wird (DUJESIEFKEN ET AL. 1998). Durch eine qualitativ hochwertige Ästung wird folglich das Risiko der Infektion durch Pathogene über die Ästungswunden reduziert (SEIFERT ET AL. 2010). Zusätzlich trägt die dadurch erreichte Minimierung der Überwallungszone dazu bei, den Anteil des asthaltigen Kerns am Wertholzstamm zu verringern, wodurch der Wert des Stammes gesteigert wird.

Mit dem analysierten Probenmaterial konnte keine Auswirkung des Astdurchmessers auf Überwallungsdauer und Überwallungszone nachgewiesen werden. Andere Studien konnten hingegen einen signifikanten Einfluss des Astdurchmessers auf die Überwallungsdauer an Edellaubhölzern nachweisen (Hein und Spiecker 2007; Seifert et al. 2010). Für Kirsche wird deshalb grundsätzlich empfohlen Äste entlang des Wertholzabschnitts zu entfernen bevor sie einen Durchmesser von 3 cm überschritten haben (SPIECKER 1994; NICOLESCU AND KRUCH 2009).

## 4.1.2 Untersuchung unterschiedlicher Astungsregime

### 4.1.2.1 Einleitung

In diesem Teilbereich des Projekts wurden mit Hilfe von Dendrometern zeitlich hochaufgelöste und hochpräzise Messungen des Dickenwachstums in verschiedenen Schafthöhen durchgeführt. Der Effekt verschiedener Astungsvarianten auf die Durchmesserentwicklung des Stammes wurde bei den Baumarten Kirsche, Esche und Bergahorn analysiert.

Neben der Durchführung der Dendrometermessungen an Einzelbäumen wurde das Durchmesser- und Höhenwachstum sowie die Wasserreiseentwicklung an allen Kirschen des Astungsversuchs (200 Stk.) untersucht.

### 4.1.2.2 Astungsversuch

Der innerhalb dieses Projekts erstmalig ausgewertete Astungsversuch wurde im Jahr 2007 auf der Edellaubversuchsfläche des Instituts für Waldwachstum bei Breisach etabliert. Im Juli 2007 wurden Eschen, Ahorne und Kirschen nach unterschiedlichen Vorgaben geastet. Quirlweise und vorgreifende Ästungen unterschiedlicher Intensität wurden durchgeführt. Quirlweise Ästung bedeutet, dass alle Äste vom unteren Stammende her bis zu einer bestimmten vorgegebenen Höhe oder Quirlzahl (die am Baum verbleiben soll) entfernt werden. Dies stellt das herkömmliche und weit verbreitete Vorgehen bei der Wertholzästung dar. Neuere entwickelte Ästungssysteme namens vorgreifende Ästung sehen vor steile und besonders dicke Äste entlang des zukünftigen Wertholzstammes zuerst zu entfernen (CARAGLIO ET AL. 2000; SPIECKER 2009). Solche Äste werden zuerst, bzw. vorgreifend entfernt, da sie besonders schnell in die Dicke wachsen. Während die Ästungswunden der entfernten Äste beginnen zu überwallen, tragen die am Stamm verbleibenden dünneren Äste noch weiter zum Dickenwachstum bei. Nach einigen Jahren müssen schließlich auch diese Äste entfernt werden. Durch diese Vorgehensweise soll die Entstehung zu starker Äste und großer Ästungswunden vermieden werden.

Bei dem durchgeführten Astungsversuch wurden insgesamt 4 verschiedene Astungsvarianten



angewandt sowie ein Teil der Bäume als Kontrolle ungeastet belassen. In Tabelle 8 sind die Charakteristika der Astungsvarianten dargestellt. Die im Juli 2007 geasteten Bäume wurden 1997 als dreijährige, wurzelnackte Pflanzen auf der Versuchsfläche gepflanzt. Die Pflanzabstände wurden so gewählt, dass die Bäume ohne Konkurrenzbeeinflussung aufwachsen konnten. Die Bäume des Astungsversuchs wurden nach den Kriterien für zukünftige Wertholzträger: Vitalität und Qualität ausgewählt.

Tabelle 8: Im Astungsversuch angewandte Astungsvarianten

Symbol	Astungsmethode	Intensität
D	Quirlweise Ästung	gering: Belassen der oberen 5 Quirle hoch
E	Quirlweise Ästung	Belassen der oberen 3 Quirle
B	Vorgreifende Ästung	gering: Entfernung aller Äste dicker als 3 cm oder mit einem Winkel zum Stamm $< 40^\circ$ hoch
C	Vorgreifende Ästung	Entfernung aller Äste dicker als 2 cm oder mit einem Winkel zum Stamm $< 40^\circ$
A	Kontrolle, keine Ästung	Belassen der gesamten Krone

#### 4.1.2.3 Dendrometermessungen

Bereits im Mai 2008 wurden sogenannte Punktdendrometer (siehe Abbildung 32) an einzelnen Bäumen des Astungsversuchs in verschiedenen Höhen angebracht. Eines jeweils in 1,3m Höhe über dem Boden und eines im Kronenraum in etwa 4,5 m Höhe. Zur Speicherung der Daten der insgesamt 36 Dendrometer vor Ort wurde ein batteriebetriebener Datalogger installiert.



Abbildung 32: Punktdendrometer

Aufgrund verschiedener Ursachen (Witterung, Zerstörung durch Tiere) traten jedoch immer wieder Schwierigkeiten bei der Erfassung der hochsensitiven Dendrometerdaten auf. Die Daten der Jahre 2008 und 2009 waren deshalb lückenhaft und teilweise stark fehlerbehaftet, wodurch sie nicht verwendet werden konnten.

Noch vor Beginn der Vegetationsperiode 2010 wurden deshalb die auf der Versuchsfläche in Breisach angebrachten Dendrometer neu justiert bzw. defekte Geräte durch neue ersetzt. Daten sollten von Beginn der Vegetationsperiode 2010 an lückenlos erfasst werden. In 5-minütigen Abständen wurden automatisiert Messungen vorgenommen. Mögliche Unterschiede bezüglich des Wachstumsbeginns, sowie der Zuwachsverteilung am Stamm zwischen Baumarten und Astungsvarianten sollten dadurch erkannt werden. Zur Veranschaulichung der erhobenen Daten ist in Abbildung 33 der Wachstumsgang einer Kirsche des Untersuchungskollektivs im Jahr 2008 dargestellt.

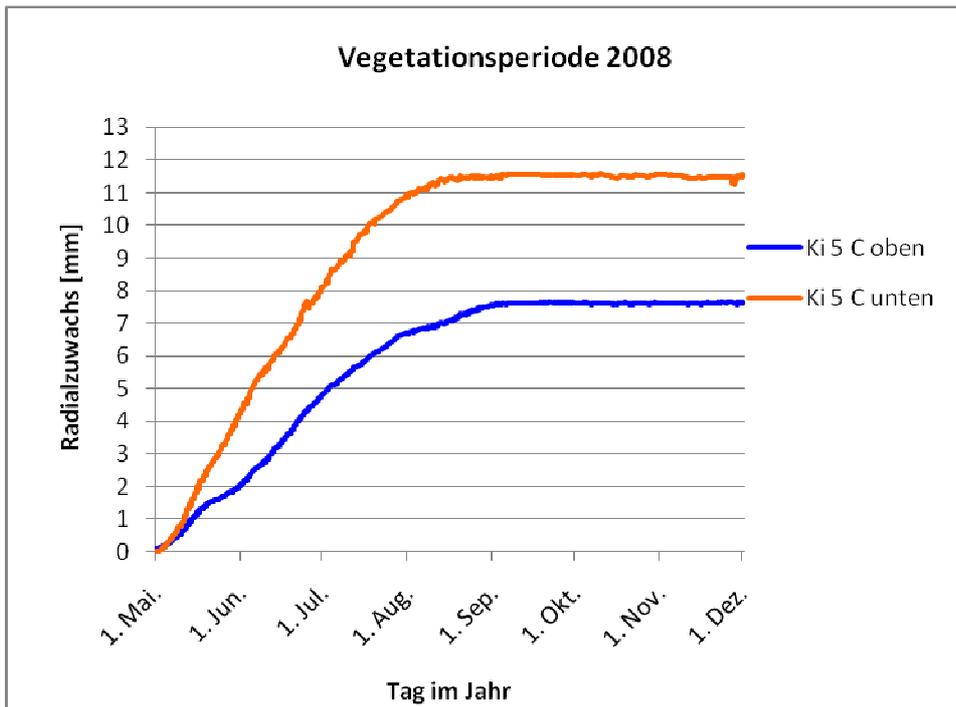


Abbildung 33: Radialzuwachs in verschiedenen Schafthöhen

#### 4.1.2.4 Ergebnisse

Mit Hilfe der Dendrometerdaten sollte für jeden Untersuchungsbaum der genaue Beginn des Dickenwachstums bestimmt werden. Als Zuwachsbeginn wurde der Zeitpunkt festgelegt, an dem das bisher höchste „Quellungsniveau“ überschritten und nicht mehr unterschritten wurde (siehe KÜNSTLE 1995). An zwei der insgesamt 18 Bäume fielen jedoch die Dendrometer mehrfach aus, wodurch bei den Eschen nur zwei Behandlungsvarianten ausgewertet werden konnten.

In Abbildung 34 ist der Zuwachsbeginn der Untersuchungsbäume in verschiedenen Höhen am Stamm dargestellt. Es ist ersichtlich, dass das Dickenwachstum der Bäume in verschiedenen Höhen am Stamm zu unterschiedlichen Zeitpunkten beginnt. Ahorne und Kirschen beginnen alle bis auf einen Baum (Ah6 C) zuerst im oberen Stammbereich zu wachsen. Bei den Eschen zeigt sich an drei von 4 Bäumen ein umgekehrtes Bild. Bei ihnen beginnt das Wachstum zuerst unteren Stammbereich. Ein offensichtlicher Einfluss der Astungsvariante ist bei keiner der untersuchten Baumarten erkennbar. Grundsätzlich begannen die Eschen im Jahr 2010 am frühesten in die Dicke zu wachsen (ab Tag 98), gefolgt von den Ahornen (ab Tag 109) und den Kirschen (ab Tag 114).

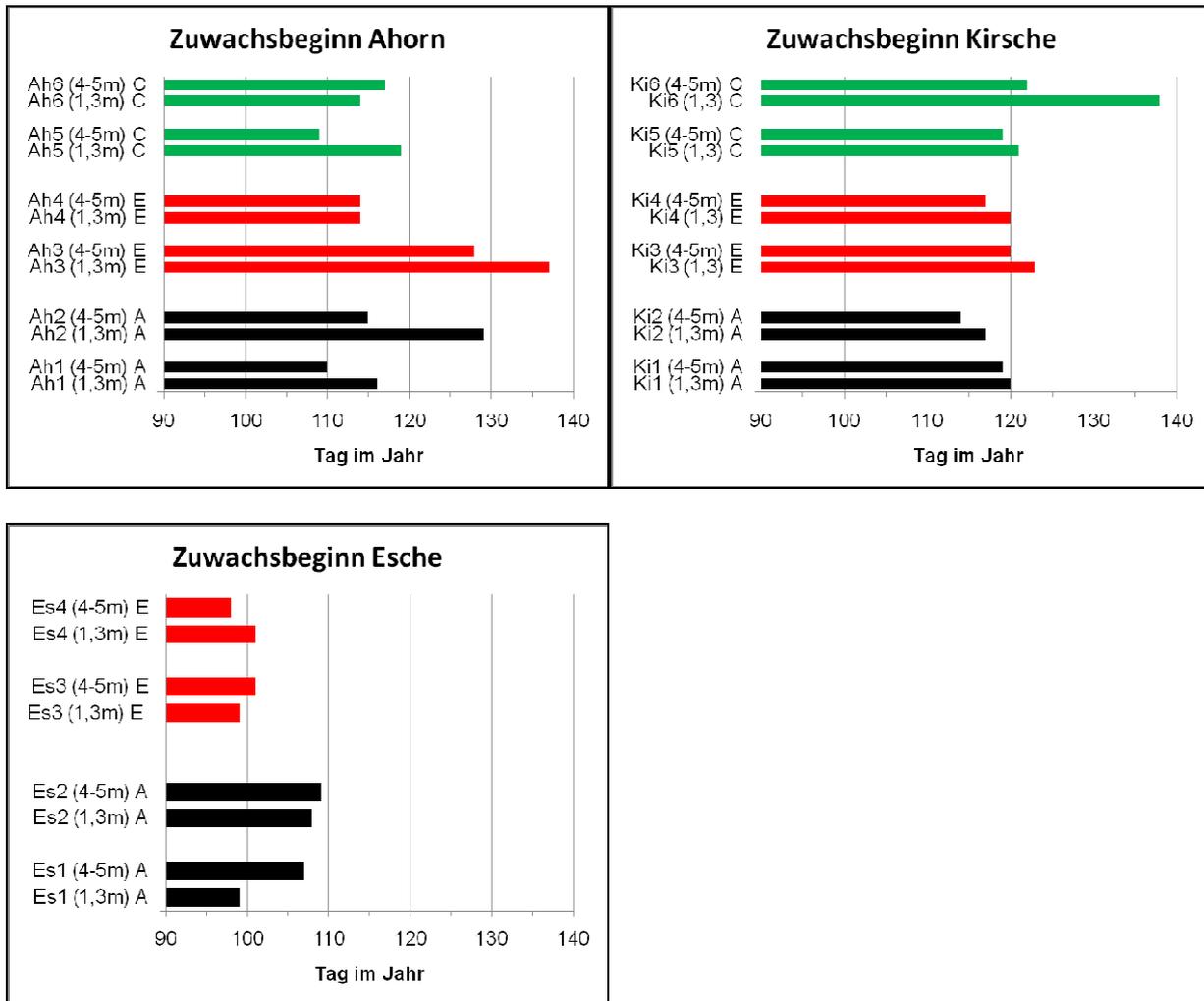


Abbildung 34: Zuwachsbeginn der Untersuchungsbäume im Jahr 2010. Zuordnungscode: z.B. Ah1 (1,3m) A. Ah1= Baumart und Baum-Nr.; (1,3m)= Höhe des Dendrometers; A= Kürzel Astungsvariante

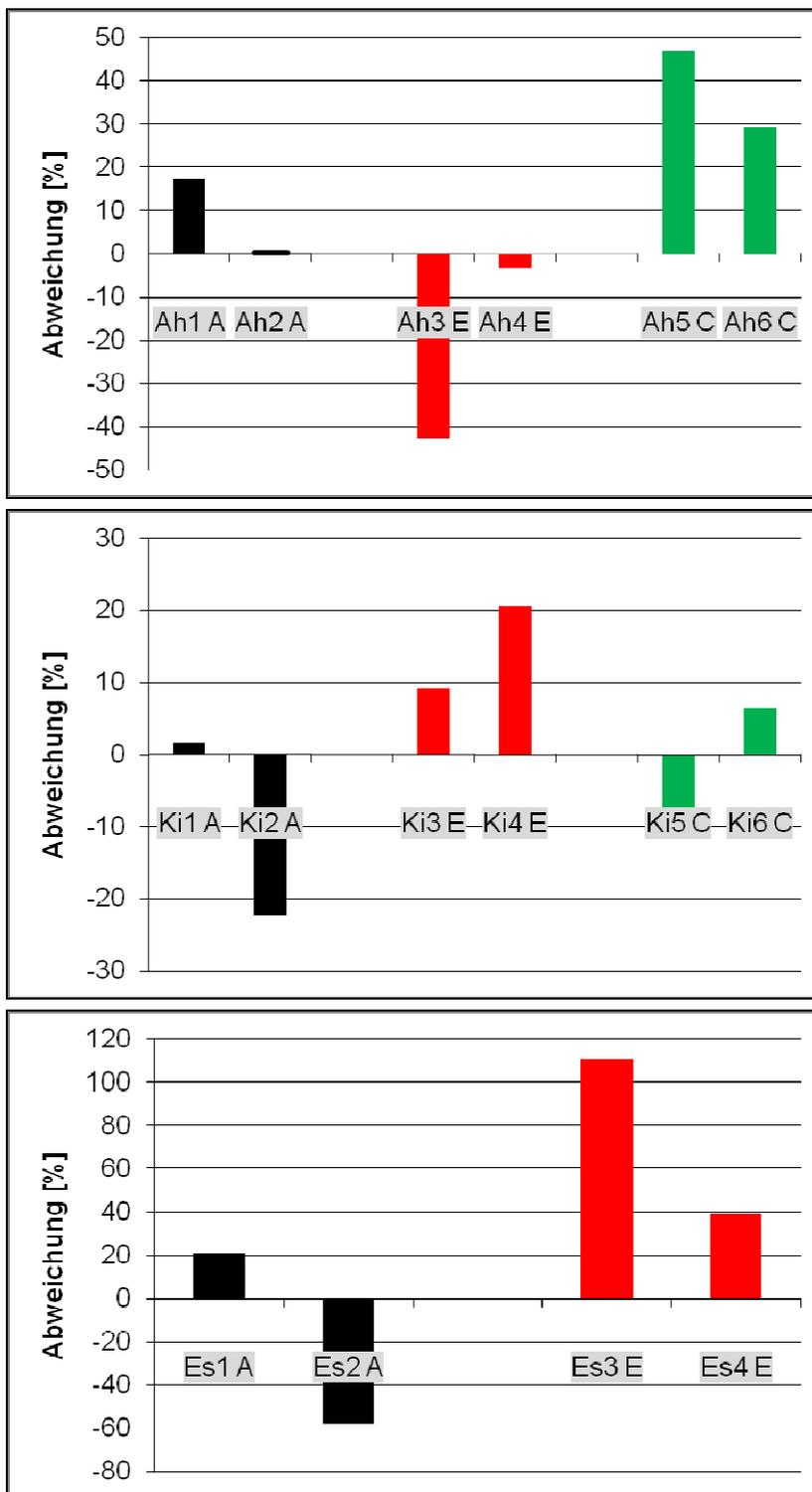


Abbildung 35: Abweichung des Radialzuwachses in 4,5 m Höhe von dem in 1,3 m Höhe (im Zeitraum von Wachstumsbeginn 2010 bis einschließlich September 2010). Zuordnungscode: z.B. Ah1 A. Ah1= Baumart und Baum-Nr.; A= Kürzel Astungsvariante

Wie oben beschrieben, wurde an den Untersuchungsbäumen der Radialzuwachs mit zwei Dendrometern in verschiedenen Höhen gemessen. In Abbildung 35 wird die Relation dieser zwei Radialzuwächse zueinander gezeigt. Ist die abgebildete Abweichung positiv, so ist der Baum an der



oberen Messstelle stärker in die Dicke gewachsen als an der unteren Messstelle. Dies bedeutet gleichzeitig, dass sich die Abholzigkeit des Stammes im Beobachtungszeitraum verringert hat, das heißt die Stammform wurde insgesamt zylindrischer. Bei der Beurteilung der Qualität eines Stammes ist dies ein Gütekriterium (FORST-HKS 1983). Je geringer die Abholzigkeit, desto geeigneter ist der Stamm für die industrielle Weiterverarbeitung.

Die Hypothese war, dass insbesondere die Astungsvariante E (nur die obersten drei Quirle wurden bei der Ästung 2007 belassen) zu einer geringeren Abholzigkeit beiträgt, da bei ihr der Kronenansatz im Vergleich mit den übrigen Astungsvarianten am weitesten oben und der stärkste Dickenzuwachs dort zu erwarten ist. Würde sich eine Reduktion der Abholzigkeit durch eine bestimmte Astungsvariante bestätigen lassen, so wäre dies ein Argument für die Anwendung dieser Variante.

Aus Abbildung 35 lässt sich ableiten, dass das Verhältnis des Dickenwachstums in verschiedenen Höhen zum einem stark baumindividuell geprägt ist. Trotz gleicher Behandlung weisen drei von insgesamt acht Baumpaaren (gleiche Baumart und gleiche Behandlung) Abweichungen mit unterschiedlichen Vorzeichen auf. Bei den Kirschen und Eschen wird die genannte Hypothese bestätigt und die Astungsvariante E weist eine deutliche positive Abweichung auf. Bei den Ahornen zeigen jedoch beide nach Variante E geästeten Bäume eine negative Abweichung, d.h. dass sie unten stärker zugewachsen sind als oben. Auffällig positive Abweichungen besitzen bei den Ahornen die vorgreifend geästeten Bäume. Die Ursache dafür, dass die Ahorne von dem erwarteten Verhalten abweichen, konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht geklärt werden.

#### 4.1.2.5 Fazit

Mit Hilfe der Dendrometermessungen konnten Unterschiede im Wachstumsbeginn der Baumarten festgestellt werden. Die Eschen begannen im Jahr 2010 als erstes, vor den Ahornen und Kirschen in die Dicke zu wachsen. Ein Einfluss der Astungsvariante auf den Beginn des Dickenwachstums war nicht ersichtlich.

Bei Betrachtung der Radialzuwächse in verschiedenen Höhen und deren Relation zueinander wurde deutlich, dass von Baum zu Baum, trotz gleicher Behandlung, die Variabilität sehr groß ist. Die wie erwartete Konstellation bei Kirsche und Esche, dass die Astungsvariante E (intensiv quirlweise geästet) zu einem verstärkten Wachstum weiter oben am Stamm führt, muss deshalb mit Vorsicht bewertet werden. Eine weitere Untersuchung mit größerem Stichprobenumfang ist erforderlich, um die gefundenen Ergebnisse zu überprüfen und statistisch abzusichern.

### 4.1.3 Auswirkung der Ästungsvarianten auf Durchmesserwachstum, Höhenwachstum und Wasserreiserentwicklung an Kirsche

Unabhängig von den Dendrometermessungen, welche an einer Auswahl der Bäume des Astungsversuchs erfolgten, wurde an allen 205 Kirschen des Astungsversuchs der Stammdurchmesser in 1,3m Höhe (BHD) vor Beginn der diesjährigen Vegetationsperiode aufgenommen. In Kombination mit BHD- Aufnahmen vor Beginn des Astungsversuchs konnte so das absolute Durchmesserwachstum seit dem Stattfinden der Ästung berechnet werden.



Zusätzlich zu den BHD- Aufnahmen wurden auch Höhenmessungen durchgeführt. Dadurch konnten auch mögliche Einflüsse der Astungsvarianten auf das Höhenwachstum analysiert werden. Als weiterer Parameter der die Qualität des produzierten Holzes beeinflusst wurden vorhandene Wasserreiser aufgenommen. Anzahl und Vitalität/Überlebensrate wurden beurteilt.

#### 4.1.3.1 Ergebnisse Höhen- und Durchmesserentwicklung

Die erhobenen Baumhöhen sowie der Höhenzuwachs der Kirschbäume des Astungsversuchs sind in Tabelle 9 dargestellt. Bei Durchführung der Ästung betrug die Baumhöhen aller Versuchskollektive etwa 7 m. Auch zwei Vegetationsperioden nach dem Versuchsbeginn haben die unterschiedlich behandelten Bäume vergleichbare Höhen erreicht.

Die Höhenzuwächse in den Jahren nach der Ästung unterscheiden sich nur um wenige Zentimeter. Die gefundenen geringen Differenzen bei Baumhöhen und Höhenzuwächsen sind statistisch nicht signifikant (getestet mit einer Varianzanalyse, posthoc test: Tuckey,  $\alpha=0,05$ ) und auch für die praktische Bewirtschaftung nicht relevant. Das heißt, dass selbst eine sehr starke Reduktion der Krone wie in Astungsvariante E (nur die obersten drei Quirle wurden am Baum belassen) keinen nachweisbaren Einfluss auf die Höhenentwicklung der Kirschen hatte. Dieses Ergebnis stimmt mit Beobachtungen anderer Untersuchungen überein, nach denen selbst intensive Eingriffe in die Krone bei Kirschen keine Reduktion des Höhenwachstums zur Folge haben (z.B. SPIECKER 1994; KUPKA 2004, 2007).

Ein anderes Bild zeigt sich bei Betrachtung der Durchmesserentwicklung der Astungskollektive. Je nach Astungsvariante (quirlweise oder vorgreifend) und Intensität zeigten sich deutliche Unterschiede. In Tabelle 10 sind die Brusthöhendurchmesser (BHD) und die Radialzuwächse nach der Ästung für die einzelnen Versuchskollektive dargestellt.

Alle Astungsvarianten zeigten im Vergleich zur Kontrollgruppe ein geringeres Dickenwachstum. Im Jahr 2005 (vor der Ästung) betrug der größte Durchmesserunterschied zwischen den Astungskollektiven 7 mm (zwischen Gruppe E und der Kontrollgruppe A). Zwei Vegetationsperioden nach der Ästung hat sich der Unterschied auf einen Wert von 17 mm vergrößert. Der Durchmesser der intensiv quirlweise geasteten der Gruppe E ist Ende 2009 signifikant kleiner als der Durchmesser der nicht geasteten Bäume der Gruppe A. Die starke Reduktion der Krone hatte folglich einen nachweisbar negativen Einfluss auf das Dickenwachstum der Kirschen. Dieser gefundene negative Einfluss der Ästung auf das Dickenwachstum wird von verschiedenen anderen Autoren bestätigt (z.B. STAEBLER 1964; BULFIN UND RADFORD 1998; LI ET AL. 2001; ALCORN ET AL. 2008). Die Unterschiede der Durchmesser der übrigen Astungsvarianten („moderat“ quirlweise und vorgreifende Ästungen) unterscheiden sich auch zwei Jahre nach der Ästung nicht signifikant von den nicht geasteten Bäumen.

Nicht nur bei den absoluten Stammdurchmessern, sondern auch bei den Radialzuwächsen nach der Ästung fällt die Gruppe E hinter die übrigen Kollektive zurück. Sie weist einen um mehr als 2 mm geringeren Radialzuwachs auf als die Kontrollgruppe. Im Vergleich zu den Varianten D (die obersten 5 Quirle wurden am Baum belassen) und B („moderat“ vorgreifend geastet) leistet die Variante E 1,5 mm weniger Dickenzuwachs.

Zur besseren Veranschaulichung der Wachstumsunterschiede ist in Abbildung 36 die relative



Durchmesserentwicklung der Astungsvarianten im Verhältnis zur Entwicklung der Kontrollgruppe dargestellt. Der Durchmesser im Jahr 2005 wurde für jedes Kollektiv als 100 % angesetzt. Dadurch werden die Durchmesserunterschiede vor der Ästung eliminiert. Es ist ersichtlich, dass alle Astungsvarianten weniger stark in die Dicke wachsen als die Kontrollgruppe. Die stärkste Reduktion bei der Variante E wird deutlich. Innerhalb von zwei Vegetationsperioden ist sie um mehr als 8 % weniger stark in die Dicke gewachsen als die Kontrollgruppe (A). Die anderen Astungsvarianten verbuchen im selben Zeitraum Zuwachsverluste von 3 bis 5 % und liegen somit eng beieinander.

Für die Praxis ist nun entscheidend, wie lange die Reduktion des Durchmesserwachstums aufgrund der Ästung anhält. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, dass zwei Jahre nach der Ästung noch keine Erholung der Wachstumsdepression erkennbar ist. Zur Beantwortung dieser Frage ist deshalb eine Fortführung der Beobachtungen erforderlich.

Tabelle 9: Baumhöhen und Höhenzuwachs der Kirschbäume des Astungsversuchs (Ästung erfolgte im Juli 2007). Es bestehen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Astungsvarianten.

Astungs- variante	Mittlere Baumhöhe [m] (am Ende der Vegetationsperiode)		Höhenzuwachs je Jahr [m]
	2007	2009	(2008 + 2009)/2
D	6,89	8,20	0,66
E	6,63	7,88	0,62
B	7,01	8,34	0,66
C	7,00	8,32	0,69
A	7,03	8,33	0,65

Tabelle 10: Mittlerer Brusthöhendurchmesser der Jahre 2005, 2007 und 2009 und mittlerer Durchmesserzuwachs (Vegetationsperioden 2008 und 2009) der Astungsvarianten.

Astungs- variante	Mittlerer BHD [cm] (am Ende der Vegetationsperiode)			Durchmesserzuwachs je Jahr [mm]
	2005	2007	2009	(2008 + 2009)/2
D	6,5	8,5	10,1	8,0
E	5,9	7,5	8,7	6,5
B	6,5	8,4	10,1	8,3
C	6,1	7,8	9,3	7,2
A	6,6	8,7	10,4	8,8

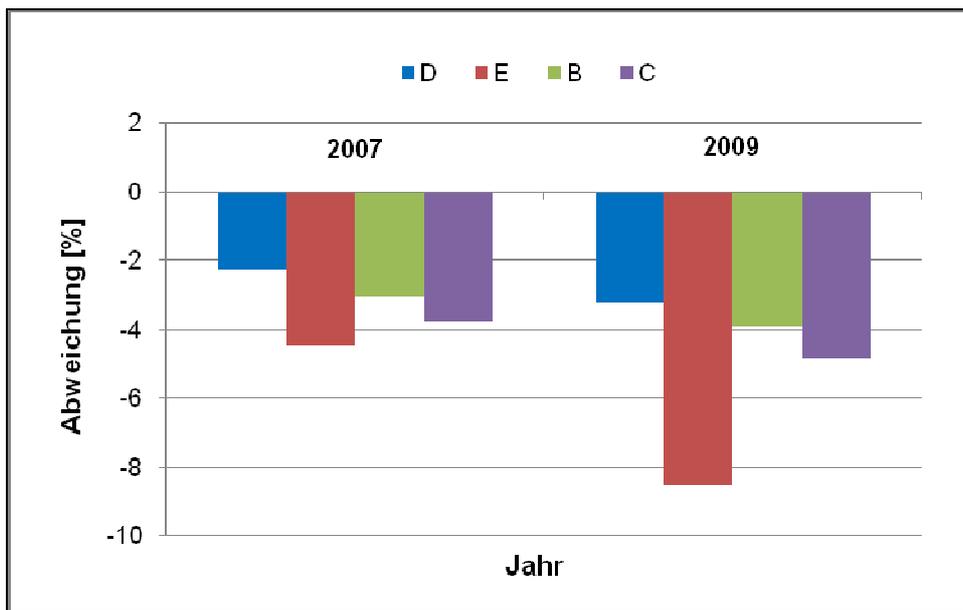


Abbildung 36: Relative Abweichung des relativen Brusthöhendurchmessers (BHD) der Astungsvarianten vom relativen Durchmesser der Kontrollgruppe (A). Für jedes Kollektiv wurde der BHD des Jahres 2005 als 100 % gesetzt.

#### 4.1.4 Wasserreiserentwicklung

Im Zuge der BHD- Aufnahme an den Kirschen des Astungsversuchs im Winter 2009/2010 wurden an diesen Bäumen gleichzeitig die Wasserreiser bis hin zu einer Höhe von 5 m aufgenommen, um die zukünftige Qualitätsentwicklung der geasteten Kirschen abzuschätzen. Wasserreiser sind Sekundärtriebe, die aus „schlafenden“ Knospen austreiben, sobald die Bedingungen hierfür günstig sind (z.B. ausreichend genug Lichteinfall) (YOKOI UND YAMAGUCHI 1996). Der durch Reduktion der grünen Krone entstehende Stress durch Ästung kann Auslöser zur vermehrten Bildung von Wasserreisern sein. Der Baum versucht auf diesem Wege seine vormalige photosynthetische Kapazität wieder schnellstmöglich zu erreichen (ALCORN ET AL. 2008). Durch das Auftreten von Wasserreisern am geasteten Stammabschnitt wird die Wertholzproduktion verhindert. Wasserreiser können den Wert des Wertholzstammes um bis zu 90 % mindern (WIGNALL ET AL. 1987).

Um Aussagen zur Vitalität der Wasserreiser der verschiedenen Astungsvarianten treffen zu können, wurde neben der Anzahl auch festgehalten, ob die Wasserreiser schon abgestorben oder noch lebend waren.

##### 4.1.4.1 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Erhebung sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Die Anzahl der Wasserreiser je Baum variiert nur in einem engen Rahmen. Je Baum wurden je nach Astungsvariante 4 bis 5 Wasserreiser gezählt. Bezüglich der Überlebensrate der Wasserreiser bestehen jedoch große Unterschiede zwischen den Astungsvarianten. Die quirlweise geästeten Bäume (Kollektive D und E) besitzen signifikant mehr lebende Wasserreiser als die vorgeifend geästeten (B, C) und nicht geästeten (A). Die Verhältnisse zwischen lebenden und abgestorbenen Wasserreisern an den Bäumen sind ebenso sehr unterschiedlich. Während bei den Varianten B, C und A die lebenden



Wasserreiser in der Minderheit sind (ca. halb so viele wie abgestorbene), weisen die Varianten D und E mehr lebende als abgestorbene auf. Das Extrem bildet Variante E, wo dreimal so viele lebende Wasserreiser je Baum vorkommen wie abgestorbene. Mögliche Ursache hierfür ist ein stärkerer Lichteinfall am Stamm der quirlweise geasteten Bäume. Bei den vorgreifend geasteten Bäumen (Varianten B, C) tragen die vorläufig am Stamm verbleibenden Äste zur Beschattung des Wertholzabschnitts bei. Eine reduzierte Beschattung des Stammes ist vor allem bei Variante E mit der kleinsten Krone aller Varianten nach der Ästung (nur aus drei Quirlen bestehend) zu erwarten. Desweiteren haben die Bäume der Astungsvariante E den größten Kronenverlust zu kompensieren, wodurch das Wachstum der Wasserreiser besonders stimuliert werden könnte.

Tabelle 11: Wasserreisercharakteristika der Astungsvarianten

Astungs- variante	Anzahl Wasserreiser je Baum bis in 5 m Höhe			Verhältnis lebend/abgestorben
	lebend	abgestorben	total	[%]
D	2,6	1,7	4,3	153
E	3,3	1,1	4,4	300
B	1,1	2,9	4,0	38
C	1,7	3,3	4,9	52
A	1,4	2,8	4,2	50

#### 4.1.4.2 Fazit

Die Auswertung des Astungsversuchs hat ergeben, dass das Höhenwachstum der Kirschen durch keine der Astungsvarianten beeinflusst wird. Im Gegensatz hierzu finden sich beim Durchmesserwachstum deutliche Unterschiede je nach Astungsvariante. Besonders die Variante E (nur drei Quirle wurden am Baum belassen) weist ein verhältnismäßig stark reduziertes Dickenwachstum auf.

Bezüglich der Wasserreiser fanden sich bei der Vitalität/Überlebensrate große Unterschiede zwischen quirlweise und vorgreifend geasteten Kirschen. Die Varianten D und E (quirlweise geastet) weisen deutlich mehr lebende Wasserreiser auf als die vorgreifend geasteten Bäume.

Bei reiner Betrachtung des Dickenwachstums ist für die Praxis unter Berücksichtigung des höheren Zeit-/Kostenaufwandes bei vorgreifender Ästung eine moderate quirlweise Astung wie in Variante D zu empfehlen. Die vorgreifende Astung hat hingegen den Vorteil die Vitalität der Wasserreiser zu reduzieren und somit die Wahrscheinlichkeit der Wertholzproduktion zu steigern. Desweiteren werden bei vorgreifender Ästung steile Äste frühzeitig entfernt, was zu einer Verbesserung der Stammform und somit zur Steigerung der Qualität des Wertholzabschnitts beiträgt (BALANDIER 1997).

Ob die genannten Vorteile der vorgreifenden Astung den erhöhten zeitlichen und finanziellen Aufwand rechtfertigen kann momentan nicht abschließend geklärt werden. Hierzu sind weitere langfristige Untersuchungen der Qualitätsentwicklung der Wertholzträger nötig.



## 4.2 Kurzumtrieb als Möglichkeit der Zwischennutzung

*Christopher Morhart*

### 4.2.1 Erfassung von Biomasse mit Hilfe terrestrischen Laserscannings

#### 4.2.1.1 Einführung

Eine Möglichkeit Biomasse am stehenden Baum zu erfassen ist die Erfassung mit einem terrestrischen Laserscanner (TLS). Im Gegensatz zu Flugzeug getragenen Laserscannern ist die Reichweite dieser Art der Datenerfassung sehr gering, allerdings wird die dreidimensionale Gestalt jedes einzelnen Baumes sehr genau wiedergegeben und dient damit als Grundlage für hochpräzise Daten.

Zur Bestimmung der Biomasse auf Kurzumtriebsplantagen mit Hilfe eines terrestrischen Laserscanners stehen grundsätzlich zwei unterschiedliche Verfahren zur Verfügung:

#### 4.2.1.2 Singel- Scan- Modus (SSM):

- Keine Targets/ Zielmarken nötig
- geringere Datenmenge
- Aufbau des Scanners an nur einem Standpunkt
- geringere Genauigkeit: Baum wird nur von einer Seite gescannt

Bei dieser Art des Scannens wird der TLS an einem Standpunkt aufgestellt und scannt die komplette Umgebung (360°, können aber auch beliebig reduziert werden). Danach liegen die Daten im .zfs- Format vor.

#### 4.2.1.3 Multiple- Scan- Modus (MSM):

- genauere Daten
- mehrere Standpunkte des Scanners nötig
- Targets/ Zielmarken in ausreichender Menge nötig
- Referenzierung der Einzelscans nötig
- große Datenmenge

Um im MSM die dreidimensionale Gestalt des Baumes rundherum zu erfassen, sind Scans aus verschiedenen Richtungen auf die Baumgruppe notwendig. Diese einzelnen Scans müssen dann über eine Software miteinander verknüpft werden. Voraussetzung für das Verknüpfen ist das gleichzeitige Erfassen von Zielmarken, die jeweils außerhalb der Gruppe platziert werden. Diese müssen in den einzelnen Scans identifiziert werden und dienen so der Orientierung der einzelnen Scans zueinander. Die Genauigkeit der Orientierung beeinflusst die Genauigkeit der Position des einzelnen Punktes in der dreidimensionalen Punktwolke und damit der Genauigkeit der Größen, die für jeden Baum gemessen werden. Die

Laserscandaten liegen nach dieser Referenzierung zur weiteren Bearbeitung im so genannten .zfs- Format vor.



Abbildung 37: Ausschnitt eines TLS- Bildes im 3D- Raum

Aus dem .zfs- Format heraus sollten mit Hilfe verschiedener Softwareprogramme Durchmessermessungen an Einzelbäumen durchgeführt werden. Dies sollte Rückschlüsse auf die Biomasse ermöglichen und sowohl für Einzelbäume wie auch auf Bestandesebene hochgerechnet werden. Da der MSM wesentlich arbeits- und zeitintensiver ist, und die Genauigkeit der Datenerfassung beim SSM als ausreichend eingestuft wurde, wurde für die Erfassung des Maxklons der SSM gewählt.

#### 4.2.1.4 Datengewinnung/ Feldaufnahme

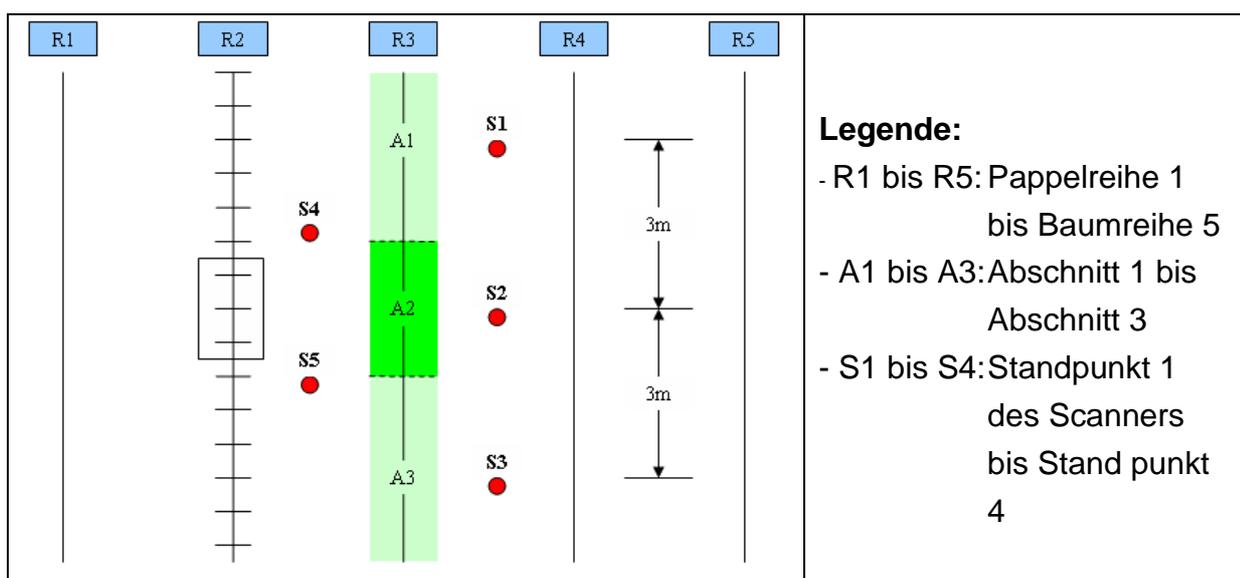


Abbildung 38: Übersicht der Scanaufnahmen im Feld



#### 4.2.1.5 Arbeitsziele der Feldaufnahme:

- Ermittlung hand gemessener Durchmesserdaten als Referenz zu Scannerdaten
- Laseraufnahmen:
  - Im Urzustand
  - Mit Markierungen an den Positionen der Referenzdurchmesser
  - Von freigestellten Bäumen um die Auswirkung von Verdeckung zu ermitteln

#### 4.2.1.6 Aufbau (vorbereitende Maßnahmen):

1. Festlegung eines Horizontes in den Reihen 2 bis 4(Schnur) und Anbringung optischer Höhenmarken (Tape)
2. Durchlaufende Nummerierung der Bäume der Reihen 2 bis 4 (Garderobenmarken)
4. Scanpunkte mit Holzpflocken markieren (S1-S4)

#### 4.2.1.7 Manuelle Datenaufnahme:

Die Durchmesser der Pappeln wurden an fest markierten Stellen in verschiedenen Höhen nach dem forstlichen Standardverfahren mittels kreuzweisen Kluppens bestimmt. Bei der kreuzweisen Kluppung werden die Durchmesser auf einer Höhe durch arithmetische Mittelung zweier rechtwinklig zueinander vorgenommener Messungen bestimmt.

Diese Daten dienen als Referenzwerte für die Auswertung der Laserscanmessungen. In Abbildung 39 sind die Bereiche der Durchmesser messungen deutlich zu erkennen.

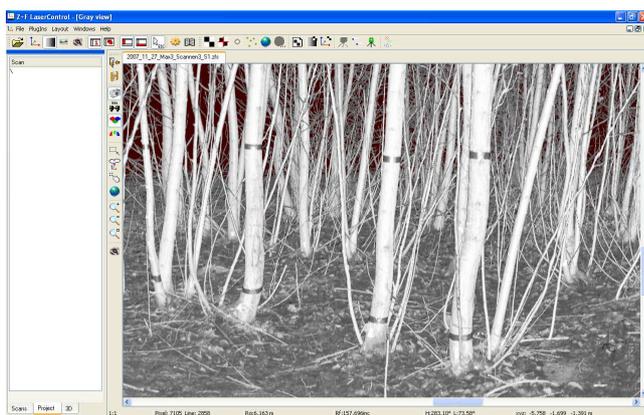


Abbildung 39: Pappelklon Max 3 mit Tapes zum leichten wieder finden der Durchmesser messbereiche

#### 4.2.1.8 Datengewinnung aus TLS- Daten

Die Durchmesser messungen sind in Kurzumtriebsplantagen durch die enge Bestockung der Flächen erheblich erschwert. Bedingt durch die vielen Äste, die Fehler in der Messgenauigkeit verursachen



oder die Sicht teilweise oder komplett verdecken, konnte nur ein Teil der Messungen wie geplant ausgewertet werden.

Um mehr Messungen zu ermöglichen wurden in einem zweiten Versuch die Bereiche um einzelne Bäume herum gefällt, so dass in diesen Fällen bessere Messergebnisse erzielt werden konnten. In Abbildung 40 ist ein auf diese Weise freigestellter Baum zu sehen. Gut ist auch die enge Bestockung im Hintergrund ersichtlich.

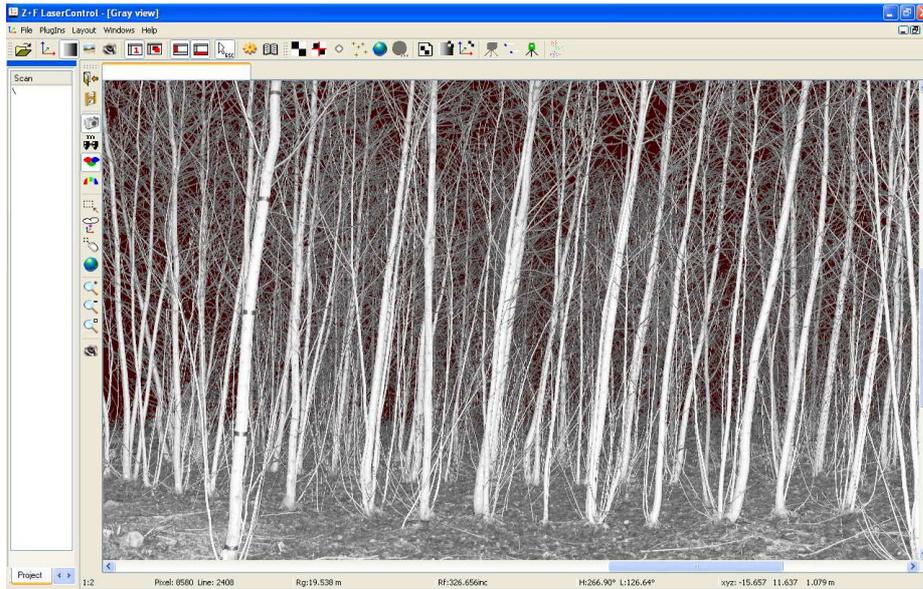


Abbildung 40: Scanbild einer Max3- Pappelplantage (Softwareprogramm Z+F LaserControl)

Da es bei der Benutzung von TLS nicht der wirkliche Durchmesser, sondern ein verringerter Wert gemessen wird (siehe Abbildung 41), wird der „echte“ Durchmesser durch eine Software automatisch umgerechnet.

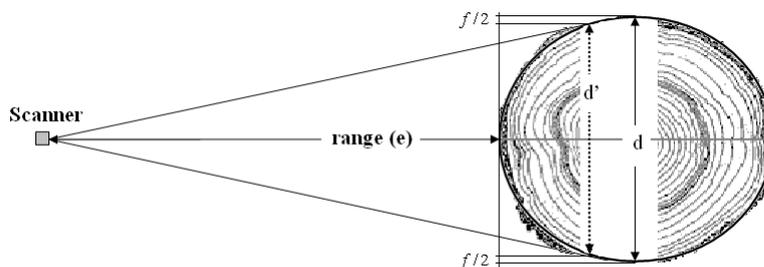


Abbildung 41: Darstellung der systematischen Unterschätzung von Baumdurchmessern bedingt durch die einseitige Visur des TLS im Singel- Scan- Modus

#### 4.2.1.9 Ergebnisse und Diskussion

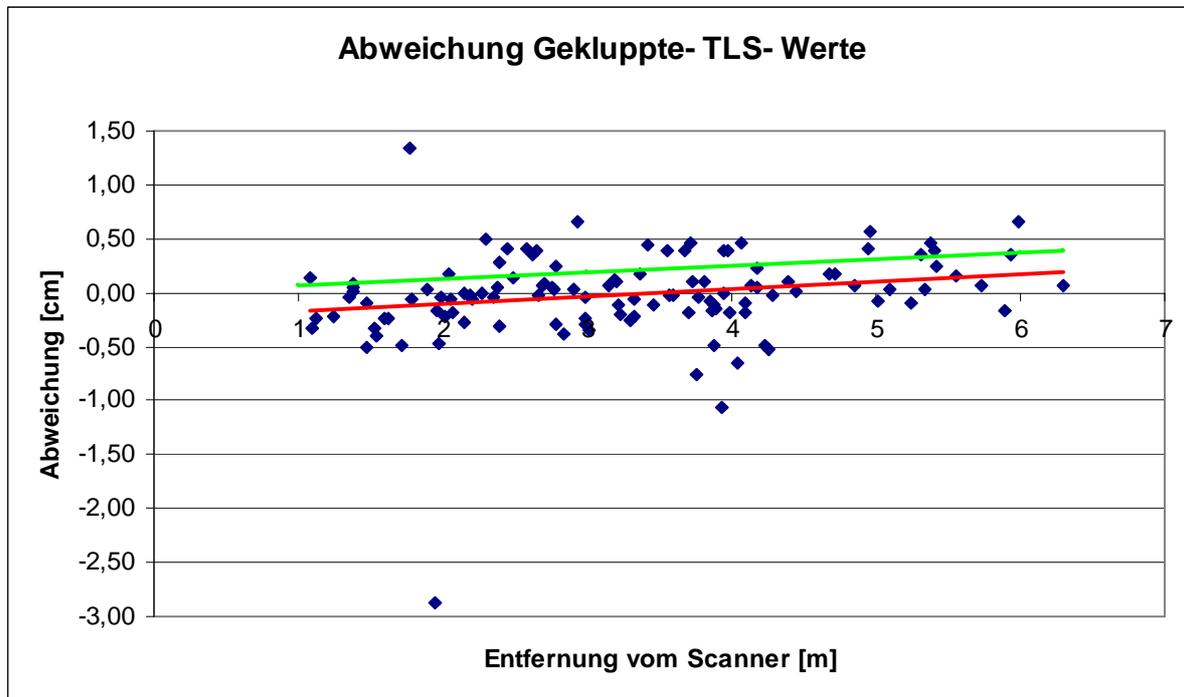


Abbildung 42: Abweichung aller gemessenen TLS- Werte von den Hand gemessenen Werten; rot: Ausgleichsgerade/ grün: Abstand der Pixel von einander mit zunehmender Entfernung

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden insgesamt 117 Durchmesser in verschiedenen Höhen und Entfernungen gemessen. In Abbildung 42 sind die durch die Subtraktion der TLS- Werte von den gekluppten Werten entstandenen Abweichungen in den verschiedenen Entfernungen zum Scanner aufgetragen. Mittelt man die auf diese Weise erhaltenen Werte über alle Entfernungen so erhält man eine Abweichung von -0,02 cm. Dies bedeutet die aus den TLS- Daten errechneten Durchmesser überschätzen den realen Durchmesser im Schnitt um 0,02 cm.

Betrachtet man die Werte ist ein leichter Trend festzustellen, dass mit zunehmender Entfernung auch die Abweichungen der TLS- Werte von den gekluppten Werten zunehmen. Beim Vergleich der linearen Ausgleichsgerade in Abbildung 42 rot dargestellt zeigt sich die enge Verknüpfung mit der Auflösung des Scanners. Der Pixelabstand von einem beliebigen Pixel zu seinem Nachbarpixel nimmt mit zunehmender Entfernung proportional zu. Dieser stetig ansteigende Informationsrückgang, ist in Abbildung 42 als grüne Gerade dargestellt. Deutlich sichtbar ist der fast parallele Verlauf zur roten Ausgleichsgerade.

In Abbildung 43 ist die Entwicklung des Informationsrückgangs bei zunehmender Entfernung dargestellt.

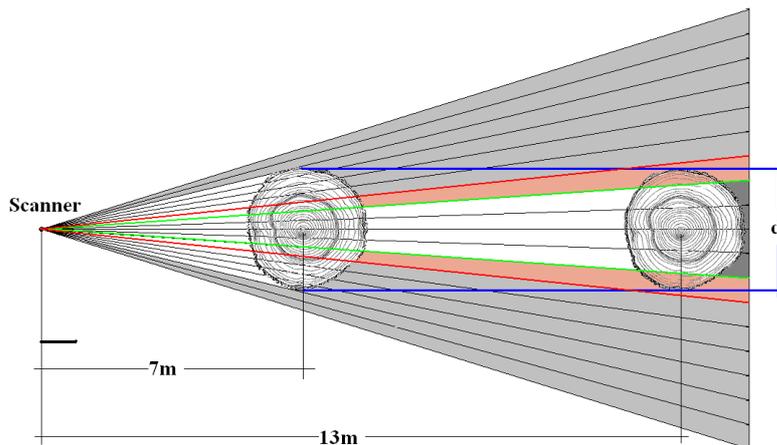


Abbildung 43: Informationsverlust mit zunehmender Entfernung: Darstellung zwei gleich großer Baumscheiben in unterschiedlichen Entfernungen

Treffen in der kurzen Entfernung noch sehr viele Laserstrahlen den Baum, sind es in größeren Entfernungen erheblich weniger. Im hier dargestellten Beispiel trifft der rote Strahl nicht mehr auf den Baum so dass der nächste, in diesem Beispiel grün dargestellte Strahl die Informationen liefert. Dies hat allerdings eine Unterschätzung (roter Bereich) des Durchmessers zur Folge. Diese zunehmende Unterschätzung der Durchmesser kann in Abb. XX bereits nachvollzogen werden, obwohl die Entfernung mit maximal 6 m noch sehr gering ist.

Eine weitere Fehlerquelle stellen sogenannte „mixed Pixels“ dar. Hierbei handelt es sich um fehlerhafte Werte häufig im Randbereich von Objekten. In Abbildung 44 ist das Ergebnis eines Scandurchgangs in einer „Line“ dargestellt. Der hier gemessene Stamm gehört zum „field of interest 3“ wohingegen die beiden angrenzenden „fields of interest (1 und 2)“ den Hintergrund repräsentieren. Die rot eingekreisten Punkte gehören zu keinem der zuvor definierten „fields of interest“ und werden als fehlerhafte Werte herausgefiltert.

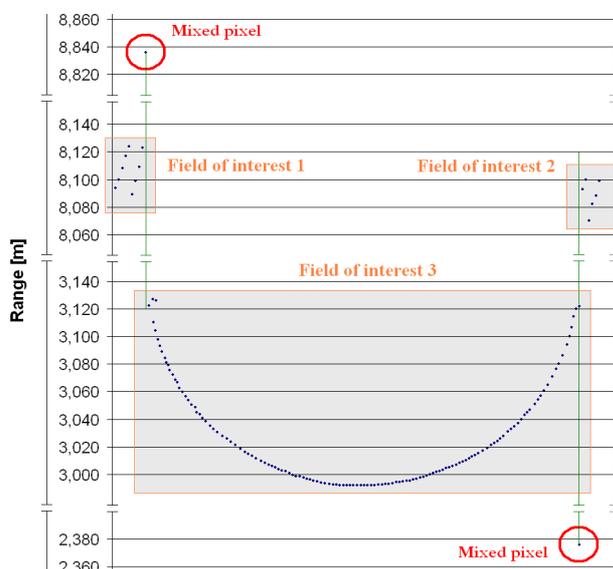


Abbildung 44: Darstellung der „Mixed Pixels“ genannten Fehler

Da die Vergleichsdurchmesser mit dem herkömmlichen forstlichen Standardverfahren, der kreuzweisen Klappung erhoben wurden, muss überprüft werden in wie weit die Stammform, die sich in unterschiedlichen Klappwerten (bei Messungen in der gleichen Höhe) niederschlagen kann, Einfluss auf die Abweichungen von TLS- und Klappwerten hat. Da der Scanner die Durchmesser nur von einer Seite misst, könnten z.B. stark ovale Bäume je nach Standort des Scanners über- oder unterschätzt werden.

In Abbildung 45 sind die Differenzen der beiden Klappungen im Vergleich zu den Differenzen von TLS und Klappmittelwert dargestellt. Dabei ist jedoch keine zunehmende Abweichung mit zunehmender Differenz der beiden Klappwerte festzustellen.

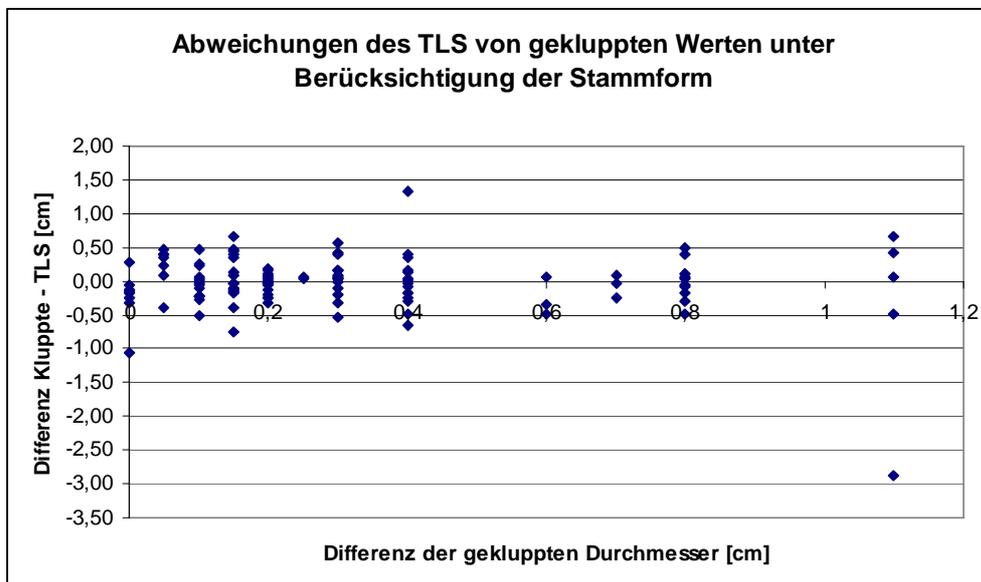


Abbildung 45: Abweichungen des TLS von den gekluppten Werten unter Berücksichtigung der Stammform

Die in Abbildung 45 dargestellten Zusammenhänge lassen darauf schließen, dass die Stammform bzw. die einseitige Visur nicht als entscheidende Fehlerquelle in Frage kommt. Betrachtet man die Differenzen der beiden Klappungen im rechten Bereich der Abbildung 45 mit werten über 0,6 cm so kann man keinen zunehmenden Differenzen zwischen Klappmessungen und TLS- Messungen feststellen.

Nimmt man den auf den TLS- Daten basierenden Durchmesserwert und verknüpft ihn mit der von Hofmann 2010 entwickelten Biomassefunktion, so erhält man einen Frischmassewert von 12,67 kg pro Baum (Abbildung 46).



Biomassefunktion für Pappelklon Max1 nach Hofmann 2010:

$$y = 1,6306x^2 - 2,5746x$$

$$BM = a_0 * BHD^2 - a_1 * BHD$$

BM: Biomasse (kg)

BHD: Brusthöhendurchmesser d1.3 (cm)

a<sub>0</sub>; a<sub>1</sub>: Regressionskoeffizienten

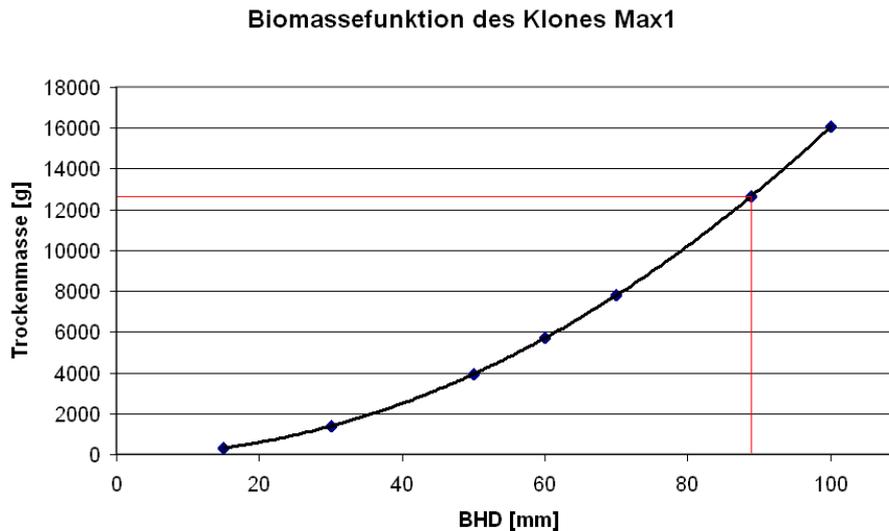


Abbildung 46: Biomassefunktion des Klones Max1 (Hofmann et al. 2010)

Daraus lässt sich über die Bestockung die stehende Biomasse errechnen.

Brusthöhendurchmesser	8,90 cm
Pflanzverband	Einreihig 0,5 m * 3,0 m
Errechnete Einzelbaummasse (TM)	12,67 kg
Errechnete Biomasse (TM) pro Hektar	84,58 t*ha <sup>-1</sup>
Errechnete Biomasse (TM) pro Hektar und Jahr	5,64 t*ha <sup>-1</sup> *a <sup>-1</sup>

Geht man von einem Heizwert von etwa 4,0 kWh\*kg<sup>-1</sup> aus (IBS 2010) bedeutet dies bei den oben genannten Werten eine durchschnittliche jährliche Bereitstellung von 22,56 MWh\*ha<sup>-1</sup>\*a<sup>-1</sup>. Geht man von Heizwert von Heizöl von 9,8 kWh\*l<sup>-1</sup> aus (IBS 2010), so könnten in diesem Fall 2.302,04 l Heizöl pro Jahr substituiert werden.

Zusammenfassend können die Ergebnisse der Messungen bezüglich ihrer Vor- und Nachteile wie folgt bewertet werden.

Der in der hier vorgestellten Untersuchung gewählte Modus „High“ hat eine Auflösung von 10.000 Pixel auf 360° und benötigt etwa 3,5 min für einen 360° Scan.



#### 4.2.1.10 Vorteile

- nicht- destruktive Aufnahmemethode
- Objektiv
- wiederholbar
- hohe Datendichte (zusätzliche Erhebungen sind auch im Nachhinein möglich)
- Verschneidung von Laserdaten mit Materialeigenschaften (Volumen, Biomasse, Rindenanteil, Nährstoffverteilung,...)
- durch Wiederholungsscans können auch Zuwachsmessungen erfolgen

#### 4.2.1.11 Nachteile

- Kosten (sehr hohe Scannermiete)
- Zeit (Anlieferung, Aufbau, Abbau, Vermarktung Scanpunkte,...)
- Einschränkungen bei der Messung durch äußere Einflüsse (v.a. Niederschlag und Wind)

#### 4.2.1.12 Bewertung

Zum aktuellen Stand der Entwicklung der Technik des terrestrischen Laserscannings bietet sich eine Erfassung der Biomasse mittels dieser neuen Technik nur bedingt an. Da die enge Bestockung zu vielen fehlerhaften Werten führt ist eine Software nötig die dies teilweise oder ganz berücksichtigen kann. Im Moment sind solche Softwarepakete jedoch noch nicht verfügbar und teilautomatisierte Auswertungen wie in dem hier vorgestellten Fall sind sehr zeitintensiv.

In der Zukunft ist der Einsatz von TLS für alle Arten der nicht- destruktiven Bestandserfassung mutmaßlich empfehlenswert, da die Kosten sinken werden, die Technik (inkl. Software und Auswerteroutinen) wesentlich ausgereifter sein wird und damit wesentliche Nachteile (s.o.) behoben sind.



## 5 Optimierung von Naturschutzleistungen in AFS

### 5.1 Katalog: Naturschutzmaßnahmen in AFS und ihre Realisierbarkeit

*Manuel Oelke, Frieder Seidl, Sabine Aßmann*

#### 5.1.1 Kurzfassung

Agroforstsysteme haben das Potenzial, landwirtschaftlich genutzte Flächen naturschutzfachlich aufzuwerten. Ob und in welchem Umfang sie dies tatsächlich tun, hängt unter anderem davon ab, wie die Anlage ausgestaltet ist und ob gezielte Maßnahmen zur Förderung bestimmter Zielarten des Naturschutzes durchgeführt werden. Die Art der Maßnahmen und die Wahl der Zielarten werden dabei durch die lokalen Gegebenheiten (standörtliche und klimatische Voraussetzungen, umliegende Habitate etc.) bestimmt.

Aus Naturschutzsicht spielt eine Reihe unterschiedlicher Faktoren bei der Einschätzung der Wertigkeit von AFS eine Rolle. Neben der Wahl der Baumarten ist die Anordnung und Dichte der Baumreihen, die Verbindung zu bestehenden Habitaten oder die Pflege des Baumstreifens von großer Relevanz für die Tierarten auf der Fläche. Auch Alter und Zustand der Bäume sind entscheidend für Nahrungs- und Habitatangebot. Aufgrund der Nutzung des Systems sind dem Gestaltungsspielraum in Agroforstsystemen mit Werthölzern grundsätzlich enge Grenzen gesetzt. Dennoch lassen sich AFS-Flächen naturschutzfachlich gezielt aufwerten, etwa durch die Anlage von Strauchformationen, die Einsaat von Blühstreifen oder die Anbringung von Nisthilfen. Die Maßnahmen können mit dem Fokus auf die Förderung bestimmter Arten erfolgen oder eine allgemeine Erhöhung der Artenvielfalt bedingen, etwa durch die Verbesserung des Blütenangebotes. Der Aufwand zur Durchführung der unterschiedlichen Maßnahmen kann sehr variabel sein und sollte an die Ziele und Möglichkeiten des jeweiligen Bewirtschafters angepasst sein. Prinzipiell können AFS durch relativ einfach durchzuführende Maßnahmen bereits eine Aufwertung erfahren. Wichtig ist, dass zusätzliche Maßnahmen nicht wahllos, sondern zielgerichtet durchgeführt werden, um positive Effekte für den Naturschutz zu erreichen.

Aus landwirtschaftlicher Sicht sollten ergänzende Maßnahmen für den Naturschutz in AFS die Bewirtschaftung der Feldstreifen möglichst nicht behindern. Auch die negativen Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Kulturen, wie etwa die Beschattung durch Bäume und Sträucher, sollten so gering wie möglich gehalten werden. Viele der genannten Maßnahmen sind mit einem zusätzlichen Arbeitsaufwand und verringerten Erträgen aus der Landwirtschaft verbunden. Nur in Einzelfällen kann eine Förderung solcher Maßnahmen über bestehende Agrarumweltprogramme erfolgen. Um eine Akzeptanz in der Landwirtschaft zu erreichen, ist daher eine Honorierung dieser Leistungen erforderlich.



### 5.1.2 Vorgehen

In einem ersten Arbeitsschritt wurden anhand bestehender Agroforst-Flächen beispielhafte Naturschutzmaßnahmen herausgearbeitet, die dazu geeignet wären, im jeweiligen AFS umgesetzt zu werden. Zudem wurde eine Literatur-Recherche durchgeführt, um den Katalog an möglichen Maßnahmen zu erweitern. Darüber hinaus fand ein Expertengespräch mit Diplom-Biologe Christian Stange statt, der in der Oberrhein-Region u. a. im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg in der Biotoppflege und im Vogelschutz sehr aktiv ist. Anschließend wurde die Übertragbarkeit der Ansätze auf zukünftige agroforstlich genutzte Flächen untersucht. Produkt dieses Teil-Paketes ist ein Katalog, der Maßnahmen aufführt und beschreibt, die dabei helfen können, AFS unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten zu optimieren. Die Maßnahmen sind untergliedert in die Abschnitte „Nutzung der Bäume“, „Nutzung der landwirtschaftlichen Komponente des AFS“, „Baumstreifen“, „weitere Maßnahmen“. Die am Institut für Landespflege ausgearbeiteten und formulierten Vorschläge wurden am LTZ auf ihre Umsetzbarkeit im landwirtschaftlichen Betrieb geprüft, eine entsprechende Bewertung ist den Maßnahmen jeweils beigefügt („betriebstechnische Bewertung“) (vgl. Kap. 5.1).

#### **Grundsätzliches:**

Alle in AFS zusätzlich durchzuführenden Maßnahmen sollen sich an für die Fläche festgelegten Zielarten orientieren. Sie sind mit der Unteren Naturschutzbehörde abzustimmen. Im Rahmen von Planungsverfahren können sinnvolle zusätzliche Gestaltungsmaßnahmen durch ein naturschutzfachliches Gutachten geklärt werden.

Sowohl die Durchführung von zusätzlichen Maßnahmen als auch die Erstellung eines naturschutzfachlichen Gutachtens, welches u. a. für die Anerkennung einer Fläche als Ausgleichsmaßnahme notwendig ist, sind mit zusätzlichen Kosten für die Landnutzer verbunden. Eine staatliche Förderung solcher Maßnahmen als Anreiz wäre daher wünschenswert.

### 5.1.3 Nutzung der Bäume

Hier sind die grundlegenden Aspekte die Baumartenwahl und die Ausrichtung der Baumstreifen: Während für die landwirtschaftliche Nutzung eine Ausrichtung in Nord-Süd-Richtung optimal ist, um die Besonnung der Kulturen bestmöglich zu gewährleisten, empfiehlt sich aus Sicht des Naturschutzes eher eine Ausrichtung von Ost nach West. Dies ermöglicht die Ausbildung von möglichst lange besonnten Säumen, die u. a. seltenen Laufkäfer-Arten oder Ameisen Lebensraum bieten können. Die Förderung der Insektenwelt kommt wiederum anderen Tiergruppen wie den Vögeln zu Gute (Bsp. Grünspecht).

Eine weitere wichtige Stellschraube mit Bedeutung für den Naturschutz stellt das Ernteregime dar. Da ein konstantes Angebot der vorhandenen Strukturelemente angestrebt werden sollte, empfiehlt es sich, die Wertholzbäume nach und nach zu ernten und langfristig Bäume verschiedenen Alters auf der Fläche anzustreben. Sofern es mit den Zielen der Wertholzproduktion vereinbar ist, sollte die Produktionszeit möglichst ausgedehnt werden, da ältere Bäume deutlich mehr Arten nützlich sind.



Darüber hinaus hat die Dichte des Baumbestandes Auswirkungen auf Flora und Fauna der Fläche: Während für Arten der Gehölze geringe Baumabstände und ergänzende Hecken geeignet sein können, sind für Offenlandarten deutlich weitere Abstände zwischen den Baumreihen (bis zu 200 m) förderlich.

### 5.1.3.1 Baumartenwahl

Ein wichtiges Kriterium bei der Planung eines AFS ist die Auswahl der Baumarten. Die Bäume übernehmen insbesondere für Insekten und Vögel Habitatfunktionen und stellen Nahrungsquellen dar. Unter phytophagen Insekten gibt es einige Arten, welche auf bestimmte Baumarten spezialisiert sind. So beherbergen Ahorn, Birke oder Ulme deutlich höhere Artenzahlen als Walnuss oder Robinie (KURZ & MACHATSCHEK 2008). Die Wahl der Baumarten hat zudem wichtigen Einfluss auf das Landschaftsbild und auf die Wechselwirkungen mit den landwirtschaftlichen Kulturen. Jede Baumart weist ihre eigene Charakteristik auf, was z. B. den Zeitpunkt des Blattaustriebs, die Kronenform, die herbstliche Laubfärbung oder die Erscheinung der Rinde betrifft (SPIECKER et al. 2009).

Aus Naturschutz-Sicht ist die Kombination verschiedener Baumarten sinnvoll, um ein möglichst reichhaltiges Angebot an Habitatrequisiten zu bieten. Dies empfiehlt sich auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht, da die Diversifizierung durch den Anbau unterschiedlicher Baumarten eine Art der Risikostreuung (beispielsweise vor Ausfällen durch Krankheiten) darstellt. Es sollen primär heimische Baumarten aus autochthonen Herkünften gepflanzt werden. AFS bieten die interessante Möglichkeit, neben den gängigen wertvollen Laubholz-Arten wie Esche (*Fraxinus excelsior*), Berg- (*Acer pseudoplatanus*) und Spitzahorn (*A. platanoides*), Wildkirsche (*Prunus avium*), Walnuss (*Juglans regia*) oder Roterle (*Alnus glutinosa*) auch seltene Baumarten wie beispielsweise die Sorbus-Arten Elsbeere (*Sorbus torminalis*) und Speierling (*S. domestica*) oder die ebenfalls zur Wertholzerzeugung geeignete Wildbirne (*Pyrus communis*) zu integrieren.

Der Speierling gehört – ebenso wie die Elsbeere – zu den seltensten einheimischen Baumarten im Wald und in der Kulturlandschaft. In Deutschland wird der Bestand an Alt-Speierlingen auf nur etwa 6.000 Exemplare geschätzt (KAUSCH-BLECKEN VON SCHMELING 2000). Grund für die Seltenheit ist in erster Linie die geringe Konkurrenzkraft gegenüber anderen Baumarten. Doch auch der einseitige Waldbau und starker Wildverbiss tragen zu ihrer geringen Verbreitung bei. Der Speierling und die Elsbeere sind Wärme liebende Gehölze, die auf viel Licht angewiesen sind und nur wenig Schatten vertragen. Mit ihrer Einbringung in AFS kann dafür Sorge getragen werden, dass diese Baumarten wieder etwas häufiger in der Landschaft anzutreffen sind und somit ihrem weiteren Verschwinden entgegengewirkt wird (St. LB B-W 2006, Fischer 2007).

Vor allem frei stehend – wie es in einem AFS der Fall ist – kommt es bei Elsbeere und Speierling zu einer ausgeprägten Blüte. Diese wird gerne von Bienen und Käfern aufgesucht,



die die Bestäubung übernehmen. Die Früchte der Sorbus-Arten, auch die großen Früchte des Speierlings, locken vor allem Vögel an. Amseln (*Turdus merula*), Sing- (*Turdus philomelos*) und Wacholderdrosseln (*Turdus pilaris*), Rabenkrähen (*Corvus corone*) und viele weitere tun sich an ihnen gütlich. Auch von vielen Säugetieren werden die am Boden liegenden Früchte aufgenommen und die unverdauten Samen später wieder ausgeschieden (BRÜTSCH & ROTACH 1993, ST. LB B-W 2006.). Dies stellt einen wichtigen Verbreitungsweg für die Bäume dar (SCHWAB 2001).

Auch die stark gefährdete Wildbirne (*Pyrus communis*) hat einen hohen ökologischen Nutzen, vor allem wegen ihrer für Bienen attraktiven Blüten und der Früchte, die beispielsweise Siebenschläfer (*Glis glis*), Marder (*Martes spec.*), Dachs (*Meles meles*) und Igel (*Erinaceus spec.*) als Nahrung dienen (ROLOFF 1998). Auch kann sie aufgrund ihres prägsamen pyramidalen Kronenaufbaus und ihrer ausgeprägten Herbstfärbung (wie auch die Sorbus-Arten) deutlich zur Bereicherung des Landschaftsbildes beitragen.

### **Betriebstechnische Bewertung**

Die Wahl der Baumarten nimmt grundsätzlich keinen starken Einfluss auf die landwirtschaftliche Produktion. Effekte auf das Wachstum der Kulturen können sich allenfalls durch verschiedenen Austriebszeitpunkte der Baumarten und unterschiedliche Lichtdurchlässigkeiten der Kronen einstellen. Aufgrund des gegebenenfalls langsameren Wachstums von Sorbus-Arten ist mit entsprechend längeren Umtriebszeiten und geringeren Dimensionen des Wertholzes und dadurch unter Umständen mit geringeren finanziellen Erlösen zu rechnen.

#### **5.1.3.2 Ausrichtung der Baumstreifen**

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Ausrichtung von Baumstreifen in AFS. Diese hängt in erster Linie von den Gegebenheiten vor Ort ab und wird sich in den meisten Fällen maßgeblich am Relief sowie an Erschließungswegen und Grundstücksgrenzen orientieren. Unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten ist eine Ausrichtung von Ost nach West anzustreben: Auf diese Weise fällt vergleichsweise wenig Schatten auf den Baumstreifen, die Besonnung des Streifens ist maximal. Hiervon können Insektenpopulationen auf dem Baumstreifen profitieren, unter anderem Laufkäferarten und Ameisen. Dies wiederum ist für die eine Vielzahl von Vogelarten wie dem Grünspecht förderlich. Wird eine starke Besonnung des Streifens angestrebt, dann macht eine Ost-West-Ausrichtung nur Sinn, wenn auch andere Beschattungsquellen wie wuchernde Gräser und Stauden sowie Gehölze regelmäßig zurückgeschnitten werden.



### **Betriebstechnische Bewertung**

Eine – aus landwirtschaftlicher Sicht – optimale Ausrichtung der Baumstreifen verläuft nach Möglichkeit in Nord-Süd-Richtung, da hierdurch ein großer Teil der Beschattung zur Mittagszeit auf den Baumstreifen und nicht auf die landwirtschaftliche Kultur fällt. Bei Ausrichtung in Ost-West-Richtung ergibt sich eine stärkere Beschattung, und es empfiehlt sich daher eine Verbreiterung des Baumstreifens auf der Nordseite.

#### **5.1.3.3 Ernteregime**

AFS stellen per se dynamische Nutzungssysteme dar, ihre Habitatqualitäten sind durch Ernte und Neupflanzung von Bäumen starken Schwankungen unterworfen (REEG et al. 2008). Für die Belange des Naturschutzes ist es jedoch wichtig, dass die Strukturelemente eines AFS, also insbesondere die Bäume, dauerhaft zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund sollte ein Nutzungsgleichgewicht angestrebt, die Wertholzbäume also nicht in einem Zug, sondern nach und nach geerntet werden. Ziel sollte es sein, langfristig Bäume verschiedenen Alters auf der Fläche zu halten und für eine ausgeglichene Altersstruktur zu sorgen (REEG et al. 2009). Hierdurch können konstante Verhältnisse sowie Struktureichtum in einem räumlichen Mosaik geschaffen werden. Dies ist zum Einen für auf der Fläche lebende Tier- und Pflanzenarten wichtig. Zum Anderen sichert es dem Flächenbewirtschafter dauerhaft ein regelmäßiges Einkommen aus der Verwertung einzelner Bäume (statt mehrere Jahrzehnte auf die Ernte der kompletten Anlage zu warten). Gleichzeitig garantiert ein derart gestaltetes Ernteregime eine Konstanz im Landschaftsbild, welches nicht durch abrupte Änderungen beeinträchtigt wird.

### **Betriebstechnische Bewertung**

Durch diese Maßnahme ergibt sich eine zeitliche Ausdehnung sowohl der Investitionen als auch des finanziellen Rücklaufs. Als Vorteil kann hier die Verteilung der finanziellen Belastung für die Pflanzung gesehen werden. Auch kann z. B. das Risiko von Ausfällen durch ungünstige Witterungsbedingungen verringert werden.

#### **5.1.3.3.1 Dichte des Baumbestandes**

Agroforstsysteme können sowohl Offenlandarten als auch Arten der Gehölze beherbergen. Aus Sicht der Wertholzproduktion sind abhängig von der Baumart Pflanzabstände von rund 15 m auf dem Baumstreifen empfehlenswert (BRIX et al. 2009). Je nachdem, welche Spezies auf der Fläche gefördert werden sollen (Zielarten), kann das Design der Anlage entsprechend auf deren Bedürfnisse ausgerichtet werden, indem die Abstände zwischen den Baumreihen und die Pflanzabstände auf den Baumstreifen variiert werden. Während für



Arten der Gehölze geringe Baumabstände, eventuell ergänzt durch zusätzliche Sträucher oder Hecken auf den Streifen, geeignet sein können, sind für Offenlandarten deutlich weitere Abstände förderlich. Hierbei ist zu beachten, dass ausgesprochene Offenlandarten mit hohen Ansprüchen an freie Flächen sehr sensibel auf Gehölze in der Landschaft reagieren können und die Anlage von AFS auf entsprechenden Flächen kritisch zu hinterfragen ist. Wo empfindsame Arten vorkommen, können im Extremfall Baumabstände bis zu 200 m notwendig sein (RIEDEL et al. 2004).

### **Betriebstechnische Bewertung**

Geringe Abstände zwischen den Bäumen ergeben eine stärkere Beschattung der landwirtschaftlichen Kulturen und bedingen stärkere Ertragsverluste. Ergänzende Hecken können hingegen z. B. durch die Förderung von Nützlingen oder Windschutzeffekte auch positive Einflüsse auf die Erträge haben. Um eine übermäßige Beschattung zu vermeiden, ist ein regelmäßiger Rückschnitt erforderlich, der mit einem entsprechenden Arbeitsaufwand verbunden ist. Der Zeitraum für die Heckenpflege fällt in die eher arbeitsarme Winterzeit und sollte daher in der Regel umsetzbar sein. Die Abstände zwischen den einzelnen Bäumen sind prinzipiell variabel, sollten aber hinsichtlich des verringerten Kapitalrückflusses bei geringen Baumzahlen nicht zu groß gewählt werden.

#### **5.1.3.4 Produktionszeit**

Das Qualitätsziel eines Zieldurchmessers von mindestens 55 cm werden die meisten Edellaubbaumarten auf vielen Standorten in einem Zeitraum von 50 bis 70 Jahren erreichen (BRIX et al. 2009). Für die Avifauna ist in diesem Zusammenhang festzustellen, dass Bäume zur Wertholzerzeugung in AFS im letzten Jahrzehnt ihrer Nutzung mehr Arten Lebensraum bieten, als in ihrer gesamten Lebensspanne zuvor (REEG et al. 2009). Dies ist beispielsweise durch die rauere Borke älterer Bäume bedingt, welche mehr Insekten beherbergt, die den Vögeln als Nahrung dienen. Aus Sicht des Naturschutzes ist daher anzustreben, die Produktionszeit in AFS möglichst auszudehnen, sofern dies mit den Zielen der Wertholzproduktion vereinbar ist. Sollte eine Verlängerung der Produktionszeit für den gesamten Wertholzbaum-Bestand nicht gewünscht sein, so ist dies zumindest für einige wenige Bäume anzustreben. Ergänzend (bzw. auch alternativ) kann eine Integration von Biotopbäumen in das AFS erfolgen, welche die Nachteile, die durch die frühe Ernte der Wertholzträger entstehen, abmildern können (vgl. Kap. 5.1 Biotopbäume).

### **Betriebstechnische Bewertung**

Eine Verlängerung der Umtriebszeit ist aus landwirtschaftlicher Sicht ohne weiteres möglich und hat keinen Einfluss auf den landwirtschaftlichen Betriebsablauf. Sie verzögert jedoch den



finanziellen Rückfluss aus dem Verkauf des Wertholzes. Die Umtriebszeit sollte sich daher vornehmlich an den Zielen der Wertholzproduktion orientieren.

#### **5.1.4 Nutzung der landwirtschaftlichen Komponente des AFS**

Neben den Bäumen hat auch die landwirtschaftliche Komponente von AFS entscheidenden Einfluss auf den Naturschutzwert der Fläche. Aus naturschutzfachlicher Sicht ist grundsätzlich eine möglichst extensive Ausgestaltung der landwirtschaftlichen Nutzung zu empfehlen. Auch wenn eine Extensivierung nur auf Teilflächen umgesetzt wird, ist dies positiv zu beurteilen. Unter Extensivierung ist hierbei der verringerte Einsatz von Produktionsfaktoren zu verstehen. Im landwirtschaftlichen Betrieb kann sie auf folgenden Wegen erfolgen (nach OSTERBURG & PLANKL 2002):

Verringerung der Intensität der angewendeten Produktionsverfahren (Bsp. Verringerung der ausgebrachten Stickstoffdüngungsmenge je Hektar),

Ausdehnung von Produktionsverfahren, die geringerer Intensität bedürfen, zu Lasten von solchen, die hohe Intensitäten erfordern (Bsp. Ausdehnung von Mutterkuhhaltung bei gleichzeitiger Reduzierung der Milchviehhaltung),

Flächenstilllegungen als zeitlich befristete Rotations- oder Dauerbrache.

Genau betrachtet, stellt bereits die Anlage von Baumstreifen eine Extensivierungsmaßnahme dar, da sich die je Hektar ausgebrachten Dünge- und Pflanzenschutzmittelmengen automatisch reduziert (REEG et al. 2008). Zusätzlich ist aber eine Extensivierung auf der verbleibenden landwirtschaftlichen Nutzfläche wünschenswert. Für den Naturschutz wirkt sich vor allem die Reduzierung der Düngung (mineralische sowie organische Düngemittel) und die Verminderung bzw. der Verzicht auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln positiv aus. Bezogen auf Grünland sind in diesem Zusammenhang vor allem die Nutzungsfrequenz, der erste Nutzungstermin im Jahr, die Weideviehbesatzdichte je Hektar, die Verteilung der Nutzungen sowie Pflegemaßnahmen wie Walzen oder Schleppen die relevanten Faktoren. Auch Änderungen in der Anbau- und Betriebsorganisation können den Charakter einer Extensivierung haben: dies trifft vor allem auf Bodenbearbeitungsverfahren und Fruchtfolgen zu.

Der Begriff der Extensivierung beinhaltet dementsprechend neben quantitativen auch qualitative Aspekte, die bei der Verfolgung von Umwelt- und Naturschutzziele zu berücksichtigen sind. So ist in Bezug auf den Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln neben der ausgebrachten Menge auch der Zeitpunkt und die Technik der Applikation entscheidend, da sie Einfluss auf die von der Fläche ausgehenden Emissionen haben (OSTERBURG & PLANKL 2002).

Positive Wirkungen entfalten Extensivierungsmaßnahmen zum Einen auf die abiotische Umwelt: Wasser, Boden und Luft werden durch die Verminderung von landwirtschaftlichen Emissionen geschont. Zum anderen tragen diese Maßnahmen zum Schutz der biotischen Umwelt bei, Arten und Biotope können hiervon profitieren. Zum Schutz sensibler Bereiche können sich in der Praxis extensiv genutzte Pufferbereiche anbieten. Darüber hinaus können Extensivierungen auch dem Landschaftsbild dienen, bestimmte Landnutzungen (beispielsweise Grünland) stehen hier im Vordergrund. Extensivierungen sind in landwirtschaftlichen Betrieben aus Sicht des Umweltschutzes allerdings nur



dann sinnvoll, wenn keine Anpassungsreaktionen zu erwarten sind (OSTERBURG & PLANKL 2002). So ist etwa der vermehrte Zukauf von Futtermitteln als Reaktion auf Extensivierungsmaßnahmen negativ zu beurteilen, da dieser mit Nährstoffimporten in den Betrieb verbunden ist.

In AFS lässt sich durch Extensivierungsmaßnahmen nicht nur der Artenreichtum auf den landwirtschaftlichen Teilflächen des Systems erhöhen, sondern auch Stoffeinträge auf die Baumstreifen und Randflächen minimieren. Hierzu bietet sich auch das Belassen von Säumen mit Gräsern und Kräutern am Rande der landwirtschaftlichen Nutzflächen an (REEG et al. 2009). Auch Ackerrandstreifen, die zwar bewirtschaftet, nicht aber mit Pflanzenschutzmitteln behandelt werden, sind in diesem Zusammenhang empfehlenswert. Sie bieten Lebensraum für Ackerwildkräuter und auf diese angewiesene Tierarten, weshalb sie eine sehr gute Ergänzung zu silvoarablen AFS darstellen.

### **Betriebstechnische Bewertung**

Eine Extensivierung der landwirtschaftlichen Produktion hat grundsätzlich eine Verringerung von Erträgen und Einnahmen zur Folge. Nachteilige landwirtschaftliche Auswirkungen können bzw. müssen über Agrarumweltprogramme gefördert werden, ansonsten sind gegebenenfalls o. g. Extensivierungsmaßnahmen nicht von Dauer.

Beispiele für förderfähige Extensivierungs-Maßnahmen über das Programm MEKA in Baden-Württemberg (MLR 2009):

- Ackerbau: Verzicht auf Wachstumsregulatoren und Herbizide, Begrünung von Ackerflächen und Dauerkulturen, Brachebegrünung mit Blümmischungen
- Grünland: Extensive Bewirtschaftung von Dauergrünland (artenreiches Grünland, extensive Beweidung mit maximalen Viehbesatzwerten zwischen 0,3 und 1,4 RGV/ha Hauptfutterfläche)

Auch ökologischer Landbau ist mit diesem Programm förderbar. Hierfür ist jedoch die Bewirtschaftung des gesamten Betriebes nach den Richtlinien der EU-Ökoverordnung notwendig. Eine Förderung des Verzichts auf chemisch-synthetische Pflanzenschutz- und Düngemittel auf Acker- und Grünlandflächen ist hingegen auch auf Teilflächen möglich.

## **5.1.5 Nutzung des Baumstreifens und vorhandene Randflächen**

### **5.1.5.1 Breite des Baumstreifens**

Die Breite der Baumstreifen stellt aus Sicht des Naturschutzes eine wichtige Stellschraube dar: je breiter der Streifen angelegt ist, desto eher lassen sich Naturschutzziele verfolgen. Dies ist zum Einen durch den größeren Gestaltungsspielraum auf dem Streifen bedingt, welcher die Durchführung von zusätzlichen Maßnahmen wie beispielsweise die Anpflanzung von Sträuchern erleichtert bzw. erst ermöglicht. Zum Anderen werden negative Randeinflüsse durch die angrenzenden Nutzungen auf den Streifen minimiert und können sich Saumbiöozosen ausbilden. In linearen Biotopen ist allgemein eine steigende Artenzahl bei zunehmender Breite festzustellen. Die empfohlene Mindestbreite ist dabei abhängig vom jeweiligen Biotoptyp: während ein Gras- und Krautsaum schon ab einer Breite von 3 m als Lebensraum für Saumarten geeignet sein kann, sind für Hecken Breiten von mindestens 5–8 m erforderlich (REEG et al. 2008, SPIECKER et al. 2009).



In der Praxis sollte sich die Wahl der Streifenbreite neben dem Flächenangebot an den zu fördernden Arten orientieren, auch spielt eine Rolle, ob der Streifen eine Funktion für den Biotopverbund übernehmen kann. Aus naturschutzfachlicher Sicht ist es wünschenswert, die Streifen so breit wie möglich anzulegen, ohne dass die landwirtschaftliche Produktion übermäßig beeinträchtigt wird.

### **Betriebstechnische Bewertung**

Eine Vergrößerung der Baumstreifen verringert die landwirtschaftliche Produktionsfläche und damit die Erträge. Die Wirtschaftlichkeit von AFS begründet sich u. a. auf der Tatsache, dass auf über 90 % der Fläche weiterhin Ackerbau betrieben wird. Insbesondere bei steigenden Preisen für landwirtschaftliche Erzeugnisse kann sich eine Verbreiterung der Baumstreifen negativ auf das Betriebsergebnis auswirken. Sehr breite Baumstreifen kommen faktisch einer Trennung der beiden Komponenten gleich, und die in AFS angestrebten Interaktionen zwischen der landwirtschaftlichen und der forstlichen Komponente werden vermindert oder aufgehoben. Aus produktionstechnischer Sicht ist die Breite der Streifen jedoch prinzipiell variabel, sofern der Abstand zwischen den Streifen bei der Planung an die Arbeitsbreiten der landwirtschaftlichen Maschinen angepasst wird.

### **5.1.6 Anlage von einzelnen Sträuchern und/oder ganzen Hecken**

Allgemeine Informationen

Ein Weg, um Agroforstsysteme zur Wertholzerzeugung naturschutzfachlich aufzuwerten, stellt die Integration von punktuellen oder linearen Gehölzstrukturen dar. Im Einzelnen können dies sein:

Einzelne Sträucher,  
Strauchgruppen und Gebüsche,  
Hecken,  
Gehölzstreifen.

Da Hecken im eigentlichen Sinne mit ihrem charakteristischen Aufbau, bestehend aus Saum, Mantel, Trauf und Kern, eine Breite von etwa 8–20 m einnehmen (BEHLERT 1995), werden an dieser Stelle alle schmalere linearen Gehölzstrukturen als *Gehölzstreifen* bezeichnet. Im Folgenden wird auf Aspekte der Anlage, der Integration in AFS und der Auswirkungen von Gehölzstrukturen eingegangen.

#### **Anlage und beteiligte Arten**

Neubegründungen von Strauchformationen sind insbesondere in ausgeräumten Ackerbaulandschaften sinnvoll. Hier können Hecken und Gehölzstreifen positive Wirkungen am stärksten entfalten: sie erweitern das Angebot an Habitats, bieten Schutz vor Wind und Erosion, und dienen der Verbesserung des Mikroklimas (REIF & ACHTZIGER 2001). Neubegründungen sind durch Pflanzung, durch das Aufkommenlassen von Sukzession, oder durch eine Kombination von beidem möglich. Vorrang vor der Neuanlage sollte dem Erhalt vorhandener Gehölzstrukturen gewährt werden. So ist beispielsweise die Integration von Wertholzbäumen in bestehende Hecken möglich.

Bei der Anlage ist die Landschaftsgeschichte, die Eigenart der Region, die Lage im Raum, die Struktur und die Artenzusammensetzung der Pflanzung zu berücksichtigen und es sind Fragen der späteren Pflege im Vorfeld abzuklären (ACHTZIGER & RICHERT 1997). Zudem muss sorgfältig geprüft



werden, welche Biozönosen von neu angelegten Gehölzformationen betroffen wären. Unterbleiben sollten Gehölzpflanzungen in folgenden Bereichen (nach REIF & ACHTZIGER 2001):

Magerrasen und nicht eutrophierte Waldrand-, Feldrain- und Saumbereiche,

Offene Grünlandgebiete und Flussauen: hier sind Hecken nicht landschaftstypisch und können die Lebensräume von Wiesenbrütern wie dem Großen Brachvogel (*Numenius aquatica*) oder Wachtel (*Coturnix coturnix*) beeinträchtigen.

Traditionelle großflächige Ackerbaugelände: Gehölzpflanzungen sind zu vermeiden, wenn Steppenvögel wie die Großtrappe (*Otis tarda*) oder der Triel (*Burhinud oediconemus*) vorkommen.

Auf naturschutzfachlich wertvollen Offenlandflächen.

### **Flächenauswahl und Ausrichtung der Pflanzung**

Bei der Planung der Etablierung von Gehölzstrukturen richten sich die Flächenauswahl und die Ausrichtung an dem agroforstlichen Nutzungssystem. Sie sollte sich am Verlauf von Erschließungswegen und Geländeformen orientieren und kein Hindernis für den Maschineneinsatz auf der Fläche darstellen. Dies ist sowohl für die Flächenbearbeitung als auch für eine rationelle Pflege des Gehölzstreifens von großer Wichtigkeit und grundlegende Voraussetzung für die Akzeptanz von Pflanzungen in der Landwirtschaft.

Die Ausrichtung der Baumstreifen und zusätzlicher Gehölzstrukturen spielt für den späteren Betrieb auf der Fläche eine große Rolle: Vor allem das Beschattungsregime und der Effekt auf die Windverhältnisse wird entscheidend von der Ausrichtung beeinflusst. Bei Neupflanzungen sollte aus Gründen der Landschaftspflege und der Ökologie grundsätzlich eine gebietspezifische und landschaftstypische Anordnung im Gelände gewählt werden.

### **Beteiligte Arten**

Die Flora in Gehölzformationen kann je nach Boden und Klima sehr unterschiedlich sein. Grundsätzlich wird sie dominiert von Straucharten, enthält aber auch mehr oder weniger große Anteile an (meist stockausschlagfähigen) Baumarten. Ist eine Baumschicht vorhanden, so wird diese natürlicherweise häufig von Licht- bis Halbschattbaumarten wie Eiche (*Quercus spec.*) Hainbuche (*Carpinus betulus*), Feldahorn (*Acer campestre*) gebildet. Für die Strauchschicht kommen unter anderem Arten der Gattungen *Rosa*, *Prunus*, *Ligustrum*, *Crataegus*, *Cornus*, *Berberis*, *Euonymus*, *Sambucus*, *Lonicera* und *Viburnum* in Frage (BERGER 1995).

Die Wahl der Arten richtet sich nach den Zielsetzungen auf der Fläche, so bieten sich etwa für die Förderung des Neuntöters (*Lanius collurio*) Hecken mit bedornten Sträuchern an. Auch muss die Auswahl gebietspezifisch erfolgen und müssen die lokalen Gegebenheiten beachtet werden: Bei der Neuanlage von Gehölzformationen sollte man sich an dem vorliegenden Standort und an der Artenzusammensetzung von bestehenden gewachsenen Hecken der Umgebung orientieren. Dies ist Voraussetzung für die Schaffung naturnaher Gehölzstrukturen. Dabei sind nicht nur die vorhandenen Arten, sondern auch deren Mengenverhältnisse zu berücksichtigen. Um eine möglichst große Artenvielfalt auf dem jeweiligen Standort zu erreichen, sind (Strauch-)Arten, die in der Region mit einer nur geringen Stetigkeit vorkommen, gegenüber den häufiger auftretenden Arten tendenzielle etwas häufiger zu pflanzen. In diesem Zusammenhang sollte auch bedacht werden, dass sich die Artenzusammensetzung einer Hecke im Laufe der Jahre noch verschiebt (REIF & ACHTZIGER 2001).



Vor der Anlage eines Gehölzstreifens sollten daher bereits Fragen der Entwicklung der Artenzusammensetzung und der Steuerung der aufkommenden Sukzession geklärt werden.

Da es nicht möglich ist, eine Hecke zu pflanzen, die bereits voll ausgebildet ist, legt man Gehölzstrukturen an, die einem frühen ‚Sukzessionsstadium‘ entsprechen. Das bedeutet, dass einer großen Stückzahl an Straucharten bzw. Licht liebenden Gehölzen eine relativ geringe Zahl an Bäumen und Schatten toleranten Arten gegenüberstehen sollte. Mit der Entwicklung der Gehölzstreifen setzen sich dann Bäume und Schatten tolerante Arten vermehrt gegenüber den Sträuchern und Licht liebenden Arten (etwa Schlehe (*Prunus spinosa*) oder Hasel (*Corylus avellana*)) durch. Arten, die sich leicht selber einstellen, können im Pflanzplan mit geringeren Zahlen vorgesehen werden. Hierzu sind etwa Holunder (*Sambucus nigra*, *S. racemosa*) oder Brom- und Himbeeren (*Rubus div. spec.*) zu zählen (REIF & ACHTZIGER 2001).

Um ein Gleichgewicht zwischen den beteiligten Arten zu erreichen und die für Hecken typische Stockausschlagsfähigkeit zu erhalten, sind in der Regel Pflegemaßnahmen unterschiedlicher Intensität vonnöten (s.u.). Ein regelmäßiger Hieb des Streifens verhindert das Durchwachsen der beteiligten Baumarten und ermöglicht durch wiederkehrende Lichtphasen das Keimen von natürlich eingebrachten Samen lichtbedürftiger Arten wie etwa Holunder.

Die in Hecken vorkommenden Gehölzarten sind extrem formenreich, was insbesondere die Familie der Rosaceen (Rosen, Brombeeren, Weißdorne, Schlehen) betrifft. Diese bestehende Vielfalt gilt es bei Pflanzungen zu erhalten, auch ist eine Verfälschung der Floren durch Pflanzen aus anderen Herkünften zu vermeiden. Aus diesen Gründen muss bei Pflanzungen autochthones Pflanzmaterial, evtl. aus Wildgewinnung, Verwendung finden (s. Exkurs „Autochthones Pflanzmaterial“).

Angrenzend an den Gehölzstreifen sollte ein gelegentlich (alle 2–3 Jahre) gemähter oder gemulchter Pufferstreifen angelegt werden. Dieser vermindert Stoffeinträge aus der Umgebung und ermöglicht die Entwicklung eines Saumes. Am besten wäre es, diesem Pufferstreifen eine Breite von 1 m einzuräumen. Da diese Ausdehnung auf den meisten landwirtschaftlichen Flurstücken wenig realistisch ist, sollte zumindest ein kleiner Streifen als Puffer belassen und die Fläche nicht bis an die Gehölze heran bearbeitet werden. Wird dieser Streifen gemäht, sollte das anfallende Schnittgut nicht auf der Fläche verbleiben, um Nährstoffanreicherungen zu vermeiden (REIF & ACHTZIGER 2001). Ebenfalls empfehlenswert und im Betrieb besser umsetzbar sind Ackerrandstreifen: Diese werden mit bewirtschaftet, jedoch nicht mit Pflanzenschutzmitteln behandelt, um Ackerwildkräutern einen Lebensraum zu bieten. Somit können sie auch als Pufferbereich vor den Baumstreifen dienen.



### Exkurs: Autochthones Pflanzgut

Die meisten der in Deutschland heimischen Wildgehölze weisen sehr große Wuchsgebiete auf. Beispielsweise ist der Eingriffelige Weißdorn (*Crataegus monogyna*) von der Iberischen Halbinsel bis nach Russland zu finden. Im Laufe einer Jahrtausende langen Entwicklung haben sich die Gehölze an die in ihren Wuchsgebieten vorherrschenden Bedingungen angepasst, wodurch sich im Verbreitungsgebiet der Arten verschiedenste autochthone Vorkommen entwickelt haben. Der dadurch entstandenen Formenreichtum und die enorme genetischen Vielfalt innerhalb der Arten ist Voraussetzung für Anpassungsreaktionen, beispielsweise unter sich verändernden Umweltbedingungen (REIF & ACHTZIGER 2001).

Die Erhaltung dieser gewachsenen genetischen Vielfalt der heimischen Arten ist eine Aufgabe, die inzwischen auch gesetzlich gefordert ist. § 40 Abs. 4 des Bundesnaturschutzgesetzes legt fest, dass „in der freien Natur Gehölze und Saatgut vorzugsweise nur innerhalb ihrer Vorkommensgebiete ausgebracht werden“ sollen. Ein großer Teil der in Baumschulen herangezogenen Sträucher entstammt jedoch aus Saatgut, das aus der Fruchthandelnden Industrie oder aus Saatgutgewinnungen in süd- und osteuropäischen Ländern kommt. Die massenweise Anpflanzung von Gehölzen aus wenigen und oftmals unbekanntem Herkünften führt zu einer Nivellierung der genetischen Information bei diesen Gehölzen. Die sehr variablen Erbinformationen erfahren auf diese Weise eine regionenübergreifende Angleichung, was einen Verlust von genetischer Vielfalt bedeutet. Die einzige Lösung, diesem Verlust entgegen zu wirken, ist die Verwendung von zertifiziertem autochthonem, also regional gewonnenem Pflanzmaterial von wild wachsenden heimischen Pflanzen, die sich auf natürlichem Wege in der Landschaft angesiedelt haben. Leider ist das Angebot an entsprechenden Pflanzen in den meisten Regionen Deutschlands aktuell noch sehr überschaubar, weshalb die Maxime der Verwendung von autochthonem Material derzeit in vielen Fällen nicht ohne deutlichen Mehraufwand (gezielte Vermehrung von vor Ort gewonnenem Material) erreichbar sein wird. Es steht jedoch zu erwarten, dass das Angebot von autochthonem Pflanzmaterial sich in den kommenden Jahren etwas bessert.

Der Vorteil der Verwendung autochthonen Pflanzmaterials liegt auch in dessen optimaler Standorteignung: so weisen diese i. d. R. vergleichsweise bessere Anwuchsquoten auf, wodurch sich der höhere Anschaffungspreis relativiert (geringere Nachpflanz- und Pflegekosten).

Die Verwendung von autochthonem Pflanzgut dient im Einzelnen (LfL 2004):

- Der Erhaltung der Anpassungsfähigkeit,
- Der Gewährleistung zukünftiger Evolutionsmöglichkeiten,
- Der Erhaltung des natürlich Entstandenen,
- Der Erhaltung der gesamten ökologischen Bandbreite einer Pflanzenart und
- Dem Schutz vor Verdrängung des Angestammten.



### **Pflege von Hecken und anderen Gehölzstrukturen**

Vor der Anlage sollten notwendigerweise auch Überlegungen zur Pflege der Gehölzformationen angestellt werden. Somit kann sichergestellt werden, dass der Umfang der ausgeführten Pflanzungen in einem gesunden Verhältnis zum vorhandenen Arbeitspotenzial steht. Für Bewirtschafter und Natur ist wenig gewonnen, wenn eine gepflanzte Hecke mittelfristig durchwächst und die angestrebte Strukturvielfalt bald wieder verloren geht.

Eine sorgfältig durchgeführte periodische Pflege des angelegten Gehölzstreifens ist zwingend notwendig für dessen erfolgreiche Etablierung und langfristige Erhaltung im erwünschten Zustand. Sie ist somit Voraussetzung für die dauerhafte Bereitstellung von Strukturvielfalt durch die Gehölzformation auf der Fläche. Mangelnde Pflege kann zu erhöhten Etablierungs- und Erhaltungskosten führen (beispielsweise aufgrund erforderlicher Nachpflanzungen durch Ausfälle nach der Einrichtung) und die angrenzenden Flächen nachteilig beeinflussen, etwa wenn es zu übermäßigen Beschattungen kommt oder Gehölze in die Kulturen einwachsen (BELF 1995).

In Gegenden mit hohem Wildvorkommen kann es notwendig sein, die Pflanzung in der Anfangsphase einzuzäunen. Insbesondere selten in der Landschaft anzutreffende Gehölze sind bei Wild als Leckerbissen begehrt, Ausfälle in der gepflanzten Anlage entsprechend ärgerlich. In den ersten Jahren nach der Neupflanzung des Gehölzstreifens empfiehlt sich zudem eine wiederholte Bekämpfung von wuchernden Gräsern und Stauden. Diese machen zum einen den Gehölzen direkte Konkurrenz, können sie ausdunkeln und unterdrücken. Zum anderen schaffen sie ein gutes Habitat für Mäuse, die hier Schutz vor Fressfeinden finden und in jungen Gehölzpflanzungen für Schäden sorgen können. Aus Gründen des Umweltschutzes ist dabei auf die Anwendung von Herbiziden zu verzichten, stattdessen sollte die Vegetation mechanisch bekämpft werden. Ein bewährtes Verfahren ist in diesem Zusammenhang neben Hacken und Fräsen das Mulchen.

Besonderes Augenmerk gebührt der Behandlung der Gehölze. Zwar kann es hilfreich sein, einzelne Individuen aus dem Gehölzstreifen zu entfernen (etwa besonders stark heranwachsende Bäume), dennoch ist es unerlässlich, den gesamten Streifen bis auf die Wertholzbäume periodisch auf den Stock zu setzen. Dies dient der Förderung von lichtliebenden und stockausschlagsfähigen Gehölzen und der gleichzeitigen Benachteiligung von aufkommenden hochwüchsigen Schattbaumarten. Der erste Hieb kann vergleichsweise früh nach der Anlage, nach etwa 5–10 Jahren erfolgen. Das zeitige ‚Auf-den-Stock-setzen‘ hat sich bewährt, um die basitonale Verzweigung der beteiligten Sträucher zu fördern (BELF 1995). Die weiteren Hiebe können je nach Entwicklung des Gehölzstreifens (regional variierende Wuchskraft der Sträucher) und Zielsetzung auf der Fläche in einem Turnus von 10–20 Jahren erfolgen. Dabei sollten die Gehölze im Winterhalbjahr dicht über dem Boden auf den Stock gesetzt werden, damit diese vieltriebig wieder ausschlagen (REIF & ACHTZIGER 2001). Durch die Wahl der Hiebsequenz lässt sich auch gezielt die Artenzusammensetzung des Gehölzstreifens steuern: Während beteiligte Baumarten von längeren Intervallen profitieren, können sie durch häufigere Hiebsmaßnahmen zurückgedrängt werden (BELF 1995).

Entsprechende Pflegemaßnahmen sind am besten abschnittsweise vorzunehmen, um auf die Gehölzstruktur angewiesenen Arten den Rückzug in verbleibende Heckenabschnitte zu ermöglichen. Dies ist sinnvoll, da die Lichtphase nach dem ‚Auf-den-Stock-setzen‘ für die Tier- und Pflanzenwelt eine kritische Zeit darstellt, und an Schatten angepasste Arten erst nach etwa 2–3 Jahren die gerodeten Abschnitte erneut besiedeln (REIF & ACHTZIGER 2001). Ab dieser Zeit stellt sich wieder



eine günstige Situation für Niederwild und Vögel ein. Ebenfalls denkbar ist ein halbseitiges Abhacken des Gehölzstreifens, was allerdings eine ausreichende Breite des Streifens voraus setzt. Die abschnittsweise Bewirtschaftung erhöht den Strukturreichtum auf der Fläche durch das räumliche Nebeneinander verschiedener Altersstufen, was sich auch positiv auf die Brutvogeldichte auswirkt (REIF & ACHTZIGER 2001). Der Strukturreichtum wird weiter erhöht durch die Belassung von einzelnen Bäumen, die zu ihrer vollen Größe heranwachsen. Hierdurch entsteht eine strukturell reiche *Baumhecke*. In einem Agroforstsystem können die Wertholzbäume diese Funktion übernehmen. Sofern ausreichend Platz in der Anlage verfügbar ist, können bei der Pflege vereinzelt weitere (Habitat-) Bäume in der Hecke belassen werden.

### Technik der Pflege

Egal ob die Pflege manuell oder mechanisch vorgenommen wird, immer sollten die Gehölze dicht über dem Boden abgetrennt werden (REIF & ACHTZIGER 2001). Eine Plenterung durch die Entnahme einzelner Individuen aus dem Gehölzstreifen ist zwar möglich, dennoch kann sie langfristig das ‚Auf-den-Stock-setzen‘ nicht ersetzen, da Licht liebende Arten auf diese Weise nicht ausreichend gefördert werden (REIF & ACHTZIGER 2001). Kleinere Flächen können mit einfachsten Werkzeugen wie Säge und Axt bearbeitet werden.

Grundsätzlich sollte jede der vorgenommenen Maßnahmen nicht allein als Pflegeeingriff ausgerichtet sein, sondern auch einen Nutzungscharakter aufweisen, damit Eingriffe auch längerfristig sicher gestellt sind. Das bei der Pflege anfallende Schnittgut bietet sich zur energetischen Verwertung an. Zu Hackschnitzeln verarbeitet kann es entweder im Betrieb verwertet oder an Abnehmer in der Region veräußert werden. In diesem Sinne stellt es eine zusätzliche Ertrags- bzw. Einkommensquelle aus der Fläche dar (vgl. Kap 3.2). Auch wenn sich aufgrund fehlender Infrastruktur keine Verwendung für das Schnittgut anbietet, sollte es nicht auf der Fläche belassen werden, um Nährstoffanreicherungen und das Ansiedeln von Nitrophyten zu verhindern. Diese können das erneute Austreiben der Hecke behindern.

### Möglichkeiten der Integration in das AFS

So vielgestaltig Agroforstsysteme zur Wertholzproduktion sein können, so unterschiedlich sind auch die möglichen Varianten der Integration von zusätzlichen Gehölzstrukturen. Entsprechende Maßnahmen können sowohl das Agroforstsystem als solches als auch die direkte Umgebung der AFS-Fläche betreffen, in ersterem Fall muss grundsätzlich nach *silvopastoralen* und *silvoarablen* Agroforstsystemen unterschieden werden. Sind auf der zu beplanenden Fläche bereits Gehölzstrukturen vorhanden, so sollten diese nach Möglichkeit in das Agroforstsystem integriert werden. In allen anderen Fällen kann sich eine Neuanlage anbieten. Die Erhaltung von bestehenden Gehölzstrukturen ist der Neuanlage vorzuziehen, da Hecken und Gebüsche über die Jahre aus naturschutzfachlicher Sicht an Wertigkeit gewinnen, während Neupflanzungen sich erst noch entwickeln müssen. Je nach Gegebenheit vor Ort kann eine Ergänzung bestehender Gehölzstrukturen durch weitere Pflanzungen empfehlenswert sein.



### Integration in silvoarable Systeme

In silvoarablen Agroforstsystemen zur Wertholzerzeugung sind die Gestaltungsmöglichkeiten durch die streifenhafte Anordnung der Bäume bestimmt. Da eine Einbringung von Gehölzen auf den schon begrenzten landwirtschaftlich genutzten Bereichen zwischen den Baumstreifen in den allermeisten Fällen nicht in Frage kommen wird, beschränken sich entsprechende Maßnahmen auf die Baumstreifen selber. Eine Ausnahme können großmaßstäblich angelegte silvoarable Agroforstsysteme sein, die mit sehr weiten Reihenabständen arbeiten: hier können Gruppen von Gebüschern oder auch Gebüschstreifen in die landwirtschaftliche Nutzfläche zwischen den Baumstreifen eingebracht werden. Auf den Baumstreifen kann die ergänzende Anpflanzung von Gehölzen in allen Intensitätsabstufungen vom einzelnen Strauch bis zu einer durchgehenden geschlossenen Baumhecke erfolgen.

Die Entscheidung für die Art der Gehölzpflanzung ist in erster Linie abhängig von der Zielsetzung auf der Fläche, aber auch von den örtlichen Gegebenheiten. Soll der Baumstreifen beispielsweise Windschutzfunktionen (vgl. Kap. 2.2) übernehmen, ist eine durchgehende Baumhecke hierfür am besten geeignet. Zu diesem Zweck sollten die Gehölzstreifen senkrecht zur vorherrschenden Hauptwindrichtung verlaufen. Zu beachten ist hierbei, dass Durchlässe in Gehölzstreifen eine Düsenwirkung entfalten und zu negativen Effekten für die landwirtschaftliche Kultur führen können. In Regionen, in denen Hecken jedoch nicht als landschaftstypisch angesehen werden können, sollte mit Gehölzpflanzungen etwas zurückhaltender umgegangen werden. In jedem Fall muss berücksichtigt werden, dass die Art der Anlage von zusätzlichen Strauch- und Gehölzformationen sich auf den zukünftigen Pflegeaufwand auswirkt.

Der Gestaltungsspielraum für Gehölzpflanzungen steigt allgemein mit zunehmendem Abstand der Wertholzbäume zueinander und mit der Breite des Baumstreifens. Unproblematisch umzusetzen ist in jedem silvoarablen Agroforstsystem die Pflanzung von einzelnen Sträuchern auf den Baumstreifen. Bei einem Mindestbaumabstand von rund 15 m in der Reihe besteht hierzu ausreichender Raum, zudem bleiben die Kosten für Pflanzung und Pflegeaufwand sehr überschaubar. Eine Steigerung dieser Maßnahme stellt die ebenfalls leicht realisierbare Pflanzung von Strauchgruppen auf dem Baumstreifen dar. Einzelsträucher sowie Strauchgruppen können entweder im Bereich zwischen den Wertholzbäumen platziert werden, oder direkt an bzw. um die Bäume. In letzterem Fall können sie (insbesondere wenn es sich um bedornete Arten handelt) einen ergänzenden Schutz des Baumes vor Wildtieren darstellen.

Etwas mehr Aufwand bei Etablierung und Pflege erfordern Gehölzstreifen, die entweder als durchgehende Pflanzung oder mit Lücken durchsetzt gestaltet sein können. Bei ausreichender Breite des Baumstreifens kann dieser Gehölzstreifen die Ausdehnung einer Hecke annehmen. Wird eine durchgehende Pflanzung angelegt, so sollte zumindest bei langen Heckenabschnitten gelegentlich Durchlässe integriert werden, um keine Barriere für bestimmte Offenlandarten zu errichten (REIF & ACHTZIGER 2001). Durch die Berücksichtigung von Unterbrechungen wird die Vernetzung von Offenlandbiotopen aufrecht erhalten. Sollten Lücken in diesem Streifen vorgesehen sein, so sind diese sowohl im Bereich der Wertholzbäume als auch in den Abschnitten zwischen den Bäumen denkbar. Das Aussparen der Bäume bietet den Vorteil, dass diese für Pflegemaßnahmen leicht zu erreichen bleiben. Werden die Bäume in die Hecke integriert, erschwert sich zwar die Pflege (Ästung), doch bietet die Hecke einen gewissen Schutz der Bäume und eine leichte Beschattung des Schaftes,



was dem Ziel der Astfreiheit entgegen kommt. Durch die Einbeziehung der Wertholzbäume in die Gehölzformation kann sich der Charakter einer Baumhecke ergeben, in dem die Bäume als Überhälter eine zweite Schicht über den Sträuchern bilden. Werden die Abstände zwischen den Wertholzträgern in der Reihe weiter als das Mindestmaß gewählt, können bei der Heckenpflege einzelne heranwachsende Baumindividuen zwischen den Wertholzbäumen belassen werden, damit diese ebenfalls als Überhälter fungieren und die Streifen der Wertholzbäume langfristig ergänzen. Aus naturschutzfachlicher Sicht ist das Vorhandensein von zusätzlichen Bäumen, die nicht der Wertholzproduktion dienen und die daher wichtige Requisiten wie Totholz oder Baumhöhlen aufweisen können, äußerst sinnvoll. Die Integration von einzelnen zusätzlichen Bäumen in eine ‚Wertholz-Baumhecke‘ bietet hierfür eine gute Option.

Insgesamt bietet die Kombination von Wertholzbäumen und zusätzlichen Gehölzen die Möglichkeit, vielfältigen Nutzen aus dem Baumstreifen zu ziehen. So ist auch die Gewinnung von Energieholz denkbar (vgl. Kap. 3.2), beispielsweise durch die Ernte des Gehölzstreifens bzw. der Hecke im Turnus von rund 20 Jahren. Dies sollte am besten abschnittsweise geschehen (20–30 m), zu diesem Zweck kann sich ein entsprechend erweiterter Abstand der Wertholzbäume anbieten.

### **Integration in silvopastorale Systeme**

In silvopastoralen Agroforstsystemen ist man naturgemäß in der Gestaltung freier, da die Anordnung von Wertholzbäumen und ergänzenden Gehölzformationen grundsätzlich keinen festen Schemata folgen muss und beispielsweise auch gruppenweise Pflanzungen möglich sind. Zusätzlich zu den bereits aufgeführten Gehölzstrukturen können in silvopastoralen Systemen daher leichter größere Strauchgruppen und Gebüsche integriert werden. Muss die Fläche maschinell bearbeitbar sein, beispielsweise zur Weidpflege, empfiehlt sich dennoch eine reihenweise Anordnung der Bäume, was den Gestaltungsspielraum wiederum etwas einschränkt.

Auf Grünland muss die Einbringung von Sträuchern im Vorfeld sorgfältig geprüft werden: Während in silvoarablen Systemen die Bodenbearbeitung eine Ausbreitung der Gehölze über den Baumstreifen hinaus verhindert, ist dies in silvopastoralen Systemen nicht der Fall. Besonders auf extensiv genutzten Wiesen und Weiden kann es hier zu negativen Effekten durch Wurzel ausbreitung beispielsweise der Schlehe kommen. Daher muss die Pflanzung von zusätzlichen Gehölzen unbedingt an das Management-Regime angepasst sein. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Weidetiere alle Gehölzarten verbeißen – hierauf sollte bei der Auswahl der Sträucher geachtet werden.

Ein robust ausgeführter Baumschutz um jeden gepflanzten Wertholzbaum ist bei Beweidung der Fläche zwingend erforderlich. Die Dimension des Baumschutzes muss dabei an die eingesetzten Weidetiere angepasst werden. Direkt am Baum gepflanzte bedornete Sträucher (z. B. Rosenarten) können den Baumschutz durchaus sinnvoll ergänzen: Schon in früheren Zeiten wurden Bäume zum Schutz vor Verbiss mit dornigen Zweigen umwickelt. Auf extensiv beweideten Flächen finden sich immer wieder Beispiele von Bäumen, die im Schutz eines Dornenstrauchs ohne Beschädigung durch die Weidetiere erwachsen konnten (Abbildung 47).



Abbildung 47: Im Schutz einer Rose erwachsene Esche im Hegau (Aufnahme: Reeg)

### Integration in die Umgebung des AFS

Sofern in direkter Nachbarschaft zu dem Agroforstsystem weitere Flächen zur Nutzung verfügbar sind, sollten diese in die Planung der Pflanzung einbezogen werden. Auch Randbereiche der Agroforstfläche können hierfür genutzt werden. Angrenzende Gehölzformationen bringen im Idealfall sowohl einen landschaftsästhetischen (Einbindung der Anlage in die Landschaft) als auch einen landschaftsökologischen (Beitrag zum Biotopverbund) Nutzen. Prinzipiell können alle Formen von Gehölzformationen (einzelne Sträucher, Strauchgruppen und Gebüsche, Hecken, Gehölzstreifen) in der Umgebung von Agroforstsystemen eingebracht werden.

Die Wahl von Art und Umfang flankierender Pflanzungen ist abhängig von

- dem Flächenangebot,
- der in der Region vorzufindenden Landschaftsausstattung und
- den bereits vorhandenen Gehölzstrukturen.

Die Einbeziehung der Umgebung ist insbesondere auch dann sinnvoll, wenn im eigentlichen Agroforstsystem keine oder nur wenige zusätzlichen Gehölze gepflanzt werden können. Der Vorteil von Sträuchern und Hecken in der Nachbarschaft von Agroforstsystemen besteht darin, dass keine zusätzliche direkte Konkurrenz zu den landwirtschaftlichen Kulturen durch z. B. Beschattung entsteht und die Bearbeit- bzw. Befahrbarkeit der Fläche nicht weiter beeinträchtigt wird.

Eine Möglichkeit der Integration in der Umgebung ist etwa die Pflanzung einer Hecke oder eines Gehölzstreifens entlang eines die Fläche flankierenden Weges. Diese Option wurde auch von mehreren Interviewpartnern spontan genannt. Eine Realisierung dürfte in vielen Fällen relativ problemlos möglich sein, der Einfluss der Gehölze auf die landwirtschaftlichen Kulturen kann (je nach Ausrichtung) vergleichsweise gering gehalten werden. Eingerichtet wurde eine solche wegbegleitende Heckenpflanzung beispielsweise auf einer Agroforst-Anlage im sächsischen



Pommritz. Dort schützt eine parallel zum Agroforstsystem angelegte Hecke die Fläche vor Wind (Abbildung 48; Abbildung 49).



Abbildung 48: AFS in Pommritz (Sachsen) mit vorgelagerter Hecke (links). Aufnahme: Krieger



Abbildung 49: Hecke an einem neu angelegten AF-Streifen in Möhlin, Schweiz. Aufnahme: Oelke



### Naturschutzfachliche Bewertung von Hecken und Gehölzstreifen

Weil Hecken und Feldgehölze sehr unterschiedliche Lebensbedingungen auf kleinem Raum bieten, kommt ihnen eine hohe Bedeutung für den Artenschutz zu. Bedingt durch die starken standörtlichen Gradienten (u. a. Nutzungs- und Lichtgradient) und die Verzahnung mit dem Umland bilden Strauchformationen ausgesprochene Komplexhabitats, die von zahlreichen Tierartengruppen genutzt werden können. Aufgrund der geringen Flächenausdehnung und überall auftretenden Randeffekten bieten sie Lebensraum vor allem für Offenlandarten (REIF & ACHTZIGER 2001). Das breite und vielfältige Nahrungs- und Strukturangebot auf kleinem Raum fördern eine äußerst artenreiche und ökologisch diverse Fauna. Dazu tragen auch die zahlreichen Kleinstandorte mit unterschiedlichen mikroklimatischen Bedingungen bei. Naturschutzfachlich wertvoll sind hierbei vor allem die entsprechend auftretenden Rand- und Übergangsbereiche.

Für die Tierwelt können sie als Ansitzwarte, Singwarte, Rendezvousplatz (Avifauna), als Deckung und Schutz vor Bewirtschaftung, Feinden und Witterung, als Leitstrukturen (z. B. für Fledermäuse), als Winterquartier für Feldtiere, zur Kammerung der Landschaft und Erhöhung der Strukturvielfalt sowie vor allem als Lebensstätte, Teillebensstätte und Nahrungsreservoir dienen. Im Einzelnen lassen sich die tierökologischen Funktionen von Gehölzstrukturen in der offenen Landschaft folgendermaßen zusammen fassen (nach REIF & ACHTZIGER 2000):

- Lebensraum-Funktion,
- Trophische Funktion,
- Struktur-Funktion,
- Refugial-Funktion,
- Stützpunkt-Funktion,
- Verbund-Funktion.

Von Gehölzformationen profitierende Tierartengruppen sind Säugetiere, Reptilien, Vögel, Spinnentiere, Schnecken und vor allem auch Insekten. Das Spektrum der anzutreffenden Tierarten ist grundsätzlich abhängig von Alter, Struktur und Größe der Gehölzformation, aber auch von deren Gehölzartenzusammensetzung. Darüber hinaus sind der Grad der Isolation der Gehölzstruktur, Standort und Klima sowie natürlich die Landnutzungen der Umgebung relevant.

Insekten profitieren von Sträuchern durch den ausgeprägten Blühaspekt, etwa von Schlehe, Weißdorn, Hunds-Rose oder Hasel. Doch auch die zahlreichen Kleinstrukturen kommen ihnen zu Gute. Für die Avifauna in Agroforstsystemen sind Sträucher auf der Fläche ebenfalls sinnvoll, weil sie das Habitatspektrum erweitern. Der durch Gehölz- und Strauchschicht gegebene Strukturreichtum und das annähernd ganzjährig vorhandene Nahrungsangebot (etwa Früchte von Rosaceen) bieten sowohl Baum- und Buschbrütern wie dem Neuntöter (*Lanius collurio*), Heckenbraunelle (*Accentor modularis*) oder Bluthänfling (*Carduelis cannabina*) als auch Stauden- oder Bodenbrütern wie Goldammer (*Emberiza citrinella*) und Rebhuhn (*Perdix perdix*) Habitat (REIF & ACHTZIGER 2000). Darüber hinaus können beispielsweise Dorngrasmücke (*Sylvia communis*), Braunkehlchen (*Saxicola rubetra*), Nachtigall (*Luscinia megarhynchos*), Raubwürger (*Lanius exubitor*) oder Rohrweihe (*Circus aeruginosus*) von Sträuchern und Hecken profitieren (ROSSBERG 1995). Hervorzuheben ist, dass Gehölze alternativlos vielen Vogelarten in der offenen Agrarlandschaft Lebensraum bieten, und somit einen wichtigen Beitrag zum Artenschutz darstellen.



Aus naturschutzfachlicher Sicht stellt die Integration von zusätzlichen Gehölzformationen in AFS eine Maßnahme dar, die auf den meisten Standorten zu einer deutlichen Aufwertung der Fläche beitragen kann und daher grundsätzlich zu begrüßen ist. Negative Effekte sind allenfalls auf wertvollen Offenlandbiotopen zu erwarten, oder in Bereichen, die sich bereits durch einen sehr hohen Gehölzanteil in der Landschaft auszeichnen. Hier können insbesondere durchgehende Hecken zu einer Entnetzung von Offenlandbiotopen beitragen. Auch wenn Wärme liebende Laufkäferarten auf Ackerstandorten im Fokus des Schutzinteresses stehen, sollte auf eine Anpflanzung von zusätzlichen Gehölzen verzichtet werden (REEG et al. 2009). Die Anlage von Sträuchern oder Hecken in AFS sollte daher immer gründlich geplant werden, um eine bestmögliche Aufwertung zu erreichen. Aus Sicht des Naturschutzes ist empfehlenswert, Gehölzstreifen nicht zu schmal anzulegen, um die Ausbildung verschiedener Zonen zu ermöglichen (BEHLERT 1995). Zudem empfiehlt sich zur Förderung der Saumvegetation die Belassung einer extensiv gemähten oder beweideten Bankette (TENBERGEN & STARKMANN 1995).

Ziele bei Anlage neuer Strauchformationen sollten sein (nach REIF & ACHTZIGER 2001):

- Beitrag zur Erhaltung und Neuschaffung landschaftstypischer Heckenstrukturen. Dabei sollen die regionaltypische Schönheit und Eigenart der der jeweiligen Landschaft gewahrt werden.
- Botanischer Artenschutz: Die Pflanzungen sollten möglichst das standortsheimische genetische Inventar beinhalten (Verwendung von autochthonem Pflanzgut). Dies kann auch vor dem Hintergrund „Anerkennung des AFS als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme von Bedeutung sein.
- Botanischer Biotopschutz: Es sollte nicht der größtmögliche Artenreichtum, sondern die Beibehaltung der standorts- und landschaftstypischen Gehölzartenzusammensetzung der Strauchformation angestrebt werden.
- Zoologischer Arten- und Biotopschutz: Erhaltung typischer Tierlebensgemeinschaften und Nahrungsnetze auf Gehölzen sowie Förderung des Lebensraumes von Blütenbesuchern und Nutzarthropoden der Agrarlandschaft (Prädatoren und Parasiten von Pflanzenschädlingen). Dies dient auch dem integrierten Pflanzenschutz: Feldgehölze können als Ausweichs-, Übernachtungs- oder Überwinterungsquartiere sowie als Versteck- und Ausgangsbiotop für „Nützlinge“ der Agrarlandschaft dienen. Auch: Entwicklung von Elementen eines Biotopverbundsystems; Schaffung möglichst strukturreicher Strauchformationen.
- Ressourcenschutz und Landschaftsentwicklung: Verminderung von Wind- und Wassererosion, Entwicklung einer nachhaltig nutzbaren Landschaft.

### **Betriebstechnische Bewertung**

Die Pflanzung von Hecken und Sträuchern auf den Baumstreifen kann zu einer verstärkten Beschattung der landwirtschaftlichen Kulturen führen. Auf der anderen Seite kann die Anpflanzung von Hecken aufgrund der Wechselwirkungen (z. B. Windschutz) auch einen positiven Einfluss auf die Erträge haben. Um die Beschattung zu reduzieren, ist es sinnvoll, die Hecken in regelmäßigen Abständen zu beschneiden oder von Zeit zu Zeit auf den Stock zu setzen. Eine zusätzliche Nutzung des anfallenden Holzes als Energieholz (Hackschnitzel) wäre hierbei denkbar. Auch können in diesem Zusammenhang Synergien zur Verwendung von sonstigem Landschaftspflegeholz gesucht



werden. Bei der Einbringung von weiteren Arten müssen eventuelle negative Wechselwirkungen mit den landwirtschaftlichen Kulturen berücksichtigt werden.

Je nach den Gegebenheiten vor Ort (feuchte Ausgangsbedingungen, zu eng angelegte Baumstreifen, zu große Gehölzdichte) können zusätzlich angelegte Hecken bzw. Gehölzstreifen das Mikroklima auf der Fläche in ungünstigen Fällen auch negativ beeinflussen. So steigt bei durch u. a. verminderten Luftaustausch verursachte erhöhte Luftfeuchtigkeit beispielsweise die Gefahr von Pilzinfektionen an den landwirtschaftlichen Kulturen.

### **5.1.7 Einsaat gebietsheimischer Gräser und Kräuter; Anlage eines Blühstreifens**

#### **Allgemeine Informationen**

Eine weitere Möglichkeit, Agroforstsysteme aus naturschutzfachlicher Sicht aufzuwerten, stellt die Einsaat gebietsheimischer Gräser und Kräuter oder die Anlage von Blühstreifen dar. Diese Maßnahmen haben den Vorteil, dass sie ohne großen Aufwand durchgeführt werden können. Daher bieten sie eine sehr einfache Möglichkeit, um mit vergleichsweise geringem Einsatz eine deutliche naturschutzfachliche Aufwertung von Agroforst-Flächen zu erzielen.

#### **Anlage und beteiligte Arten**

Bei der Auswahl der gewünschten Pflanzenarten sollte eine an die gegebenen Standortverhältnisse angepasste Mischung aus Wild- und Kulturarten gewählt werden (DEGENBECK 2006). Zu empfehlen ist die Verwendung von autochthonem Saatgut heimischer Pflanzen, um Florenverfälschungen zu vermeiden. Auch vom Gesetzgeber ist die Verwendung von gebietsheimischem Saatgut in der freien Landschaft inzwischen gefordert (§ 40 BNatSchG; vgl. DEGENBECK 2010). Aus Gründen der Praktikabilität sind mehrjährige Saatgutmischungen von Vorteil (s. u.). Das Artenspektrum der Aussaat sollte einen möglichst ausgedehnten Blühaspekt gewährleisten und somit Insekten über die gesamte Vegetationsperiode hinweg Nahrung in ausreichender Menge und Qualität anbieten (UNTERSEHER 2010). Daher sollten früh blühende Arten genauso berücksichtigt werden wie im Hochsommer blühende Arten.

Die Verwendung von einjährigen Arten kommt in Betracht, wenn die Agroforst-Anlage neu etabliert wird und die Attraktivität der Fläche gesteigert werden soll, später aber andere Nutzungen statt Blühstreifen vorgesehen sind. Auch können einjährige Arten mehrjährigen Mischungen beigefügt werden, um schon im ersten Jahr einen ansprechenden Pflanzenbestand zu erreichen (Abbildung 50). Bezogen werden können Saatgutmischungen von spezialisierten Anbietern, die Mischungen aus autochthonen Herkünften im Sortiment haben. Als Beispiele sind die Rieger-Hofmann® GmbH oder Heudrusch® zu nennen.



Abbildung 50: Mit *Phacelia* (einjährig) versehener Wertholzstreifen einer AFS-Pilotanlage der Uni Freiburg bei Breisach. Aufnahme: Möndel

Zu berücksichtigen ist, dass nach der geltenden Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung (SchALVO) in Wasser- und Quellenschutzgebieten keine Begrünung mit Leguminosen zulässig ist (UNTERSEHER 2010).

### **Möglichkeiten der Integration in das AFS / Ausgestaltung auf der Fläche**

Prinzipiell ist die Einsatz von Gräsern und Kräutern in allen silvoarablen Agroforstsystemen problemlos und mit geringem Aufwand realisierbar. Sehr gut eignen sich Blühmischungen für den Baumstreifen (Abbildung 51), aber auch in den Bereichen zwischen den Baumreihen ist die Anlage von Blühstreifen denkbar (Abbildung 52). Dies bietet sich vor allem für die Etablierung eines AFS an, um das Landschaftsbild aufzuwerten. Im Agroforstsystem am Schalsee (Groß Zecher), das im Rahmen des SAFE-Projektes angelegt wurde, dienen Blühstreifen nicht nur der Attraktivität der Fläche, sondern auch als Gründüngung für die im Anschluss mit landwirtschaftlichen Kulturen bebauten Bereiche. Wie bereits beschrieben, sollten auf den Baumstreifen vor allem mehrjährige Saadmischungen Verwendung finden.



Abbildung 51: Blühsaatenmischung mit Sonnenblumen auf einem neu begründeten Wertholzstreifen in eine AF-Versuchsanlage des LTZ bei Karlsruhe. Aufnahme: Chalmin

### Naturschutzfachliche Bewertung

In erster Linie profitieren durch die Einsaat von Blühsaatenmischungen neben Schmetterlingen und anderen Blüten besuchenden Insekten vor allem Honig- (*Apis mellifera*) und Wildbienen sowie Hummeln (*Bombus spec.*). Dies ist nicht allein aus Gründen des Artenschutzes zu begrüßen, auch aus Sicht der Landwirtschaft ist die Förderung von Bestäubern äußerst sinnvoll: etwa 85 % unserer Wild- und Nutzpflanzenarten sind auf die Bestäubung durch Tiere angewiesen. Insbesondere die Bedeutung von Wildbienen und Hummeln ist nicht zu unterschätzen, da einige Kulturen (Klee, Erbsen, Bohnen) fast ausschließlich von diesen bestäubt werden (UNTERSEHER 2010).



Abbildung 52: Malve mit Hummelbesuch. Mehrjähriger Blühstreifen in einer AFS-Pilotanlage bei Breisach. Aufnahme: Mündel



Auch Laufkäfer (*Carabidae*) und Vögel können von Blühstreifen profitieren (DEGENBECK 2006). Letztere nutzen das Angebot an Insekten, die Samenstände der Stauden dienen ihnen als Winternahrung. Die Staudenfluren können als Rückzugsraum für die im Agroforstsystem vertretenen Tierarten dienen, insbesondere wenn hochwüchsige und vereinzelt auch stachelige Arten beteiligt werden. Gerade auch für Bodenbrüter können diese ungestörten Flächen in der Agrarlandschaft interessant sein.

Positiv anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass sich durch die Anlage von Blühstreifen auf den Baumstreifen ein Mosaik verschiedener Nutzungen auf kleiner Fläche realisieren lässt und Staudenfluren zum Struktureichtum der Anlage beitragen. Nicht zuletzt sei auf den positiven Effekt von Blühstreifen auf das Landschaftsbild hingewiesen, welcher gerade in intensiv genutzten Agrarlandschaften eine starke Wirkung erzielt.

### **Betriebstechnische Bewertung**

Eine maschinelle Bearbeitung der Baumstreifen ist nur bei Anlage des AFS und damit vor der Pflanzung der Wertholzbäume möglich. Die Einsaat sollte daher mit mehrjährigen Arten erfolgen und bereits in der Planung berücksichtigt sowie im Zuge der Anlage des AFS durchgeführt werden. Die Pflege ist durch einmaliges Mulchen nach der Ernte der Feldfrüchte auch mit größeren Maschinen möglich. Positive Auswirkungen können sich aus der Förderung von Nützlingen und der Funktion als Bienenweide ergeben.

### **5.1.8 Biotopbäume**

Wertholzbäume können zwar zur Aufwertung von landwirtschaftlichen Flächen beitragen, bestimmte für den Naturschutz interessante Requisiten bieten sie jedoch nicht an. Dies hängt mit der Pflege der Bäume und mit der vergleichsweise kurzen Produktionszeit von wenigen Jahrzehnten zusammen: So kommt in AFS bei regulärer Bewirtschaftung kaum Alt- und Totholz vor. Auch fehlen stattliche alte Bäume mit ausladenden Kronen, rauer Borke und Baumhöhlen. Da Bäume mit zunehmendem Alter für mehr Arten interessant werden, stellen AFS aus Sicht des Naturschutzes kein optimales Nutzungssystem dar. Aus diesen Gründen empfiehlt es sich, weitere Bäume in AFS zu integrieren, die nicht dem Ziel der Wertholznutzung unterliegen und entsprechend andere Qualitäten aufweisen können: Es bieten sich die Integration von anderen Baumarten an, die über einen längeren Zeitraum auf der Fläche belassen werden als die Wertholzbäume, nicht der regulären Pflege zur Wertholzerziehung unterliegen und somit als *Biotopbäume* die Anlage bereichern können (REEG et al. 2009). Statt zusätzliche Bäume zu pflanzen, können auch Wertholzbäume, die nicht die Qualitätsziele erreichen, länger als Biotopbäume auf der Fläche belassen werden (statt ersetzt zu werden). Auf diese Weise lassen sich die Unzulänglichkeiten der Wertholzproduktion zu einem gewissen Grad ausgleichen und die Flächen aus naturschutzfachlicher Sicht aufwerten.

Sofern eine zu beplanende Fläche bereits einen Baumbestand aufweist (z. B. alte Obstbäume), sollte dieser nach Möglichkeit in das AFS integriert werden. Auch können zusätzliche Bäume in das AFS gepflanzt werden – je nach Platzverhältnissen in die Bereiche zwischen den Wertholzbäumen, integriert in eine Baumhecke, oder auch an den Rand der Anlage. Empfehlenswert sind hierfür insbesondere heimische Baumarten, die von vielen Tierarten genutzt werden können, z. B. weil sie ein reiches Blütenangebot aufweisen, oder im Alter über eine raue Borke verfügen.



### **Betriebstechnische Bewertung**

Das Belassen von vorhandenen Bäumen ist mit keinem zusätzlichen Arbeitsaufwand verbunden. Eine Pflanzung von Bäumen, die keine finanziellen Rückflüsse bietet, müsste entsprechend durch finanzielle Anreize gefördert werden. Negativ auswirken können sich jedoch die Beschattungswirkung und der Flächenbedarf von zusätzlichen Bäumen. Darüber hinaus können die Baumkronen eine Bewirtschaftungshinderung für die landwirtschaftlichen Maschinen darstellen.

#### **5.1.9 Verzicht auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf dem Baumstreifen**

Den Baumstreifen in AFS kommt für den Naturschutz eine besondere Bedeutung zu. Da sie nicht der landwirtschaftlichen Nutzung unterliegen, übernehmen sie für zahlreiche Tierarten in der Agrarlandschaft Refugial-Funktion. Auch beherbergen sie Pflanzenarten, die nicht mit der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung zurecht kommen. Aus diesen Gründen sollten in keinem Fall Pflanzenschutzmittel auf den Baumstreifen ausgebracht werden (REEG et al. 2008). Weiterhin sollte darauf geachtet werden, dass die Streifen nicht durch die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln auf den Ackerstreifen beeinträchtigt werden. Hierzu trägt auch eine ausreichende Breite der Baumstreifen von mindestens 3 m bei. Zur Pflege der Streifen bietet sich das Mähen an, wobei das Mähgut idealerweise von der Fläche entfernt werden sollte, um Nährstoffanreicherungen auf den Streifen zu vermeiden. Aus diesem Grund ist das Mulchen des Streifens aus Naturschutz-Sicht eher problematisch, zudem kann es zur Vereinfachung der Flora führen und Mäuseprobleme verstärken.

### **Betriebstechnische Bewertung**

Findet keine zusätzliche Nutzung der Baumstreifen statt, ist eine mechanische Pflege der Baumstreifen ausreichend. Auch eine kontrollierte Verbuschung wäre eine denkbare Alternative. Bei einer Nutzung etwa mit Beerensträuchern oder schnell wachsenden Bäumen könnte der Einsatz von Folien oder die Abdeckung mit Hackschnitzeln oder Komposten eine Alternative zum Pflanzenschutzmitteleinsatz darstellen. Auf Grünlandflächen kann der Baumstreifen problemlos durch Beweidung freigehalten werden. Die Bäume müssen dabei allerdings mit einem stabilen Baumschutz ausgestattet werden.

#### **5.1.10 Weitere Maßnahmen**

Neben grundsätzlichen Fragen des Flächendesigns können auch zusätzliche Maßnahmen für den Naturschutz eine Rolle spielen: Zwar stellen Bäume an sich in einigen Landschaften schon eine Aufwertung dar. Bäume in Agroforstsystemen zur Wertholzerzeugung können bestimmte Requisiten jedoch nicht automatisch bieten. Um diese Defizite zu kompensieren, können Agroforstsysteme durch zusätzliche Naturschutz-Maßnahmen aufgewertet werden.

##### **5.1.10.1 Anbringung von Nisthilfen**

Da AFS zur Wertholzerzeugung für Höhlenbrüter aufgrund ihrer Qualitätsmerkmale als Habitat für einige Vogelarten ungeeignet sind, kann sich der gezielte Einsatz von Nisthilfen anbieten, um bestimmte Zielarten auf der Fläche zu fördern (REEG et al. 2008). Die Auswahl geeigneter Nistkästen

oder -Röhren sowie deren Anzahl richtet sich nach den zu fördernden Arten und den Gegebenheiten vor Ort. Sie sollte daher sorgfältig erfolgen und gleichfalls mit weiteren Maßnahmen auf der Fläche abgestimmt sein (beispielsweise Anbringung von Niströhren für den Steinkauz bei gleichzeitiger Aufschichtung von Holzstößen).

Bei der Anbringung muss darauf geachtet werden, dass die Wertholzbäume nicht beschädigt werden. Die Nistkästen sollten also nicht am Stamm festgenagelt, sondern an Ästen aufgehängt werden. Optimal ist die Anbringung an zusätzlich auf der Fläche vorhandenen Bäumen, um z. B. Mehraufwand bei der Ästung der Wertholzbäume durch Umhängen der Nisthilfen zu vermeiden.

AFS können durch Nisthilfen für Vogelarten, die diese annehmen, aufgewertet werden. Für Höhlenbrüter wie beispielsweise die Hohltaube (*Columba oenas*) oder den Steinkauz (*Athene noctua*) machen sie die Fläche erst als Lebensraum nutzbar. Der Einsatz von Nisthilfen stellt eine Maßnahme dar, die mit geringem Arbeitsaufwand verbunden ist und auf allen AFS-Flächen problemlos realisiert werden kann.

#### 5.1.10.2 Anlage weiterer Strukturelemente

Neben Hecken und Feldgehölzen können weitere Strukturelemente in die AFS-Anlage oder deren Umgebung eingebracht werden. Für die Baumstreifen bietet sich beispielsweise an, Äste aus Schnittmaßnahmen aufzuhäufen und auf der Fläche zu belassen (Abbildung 53). Weiterhin können aufgeschichtete Holzstapel, Steinhäufen oder Stubben zugelassen werden, wobei auch auf Vernetzungsmöglichkeiten mit anderen Habitaten geachtet werden sollte (Trittsteine, Korridore). Diese Maßnahmen können für Vögel, Reptilien, Kleinsäuger, aber auch für einige Laufkäferarten einen wichtigen Aspekt darstellen (REEG et al. 2009).



Abbildung 53: Asthaufen auf einem Baumstreifen in Möhlin, Schweiz. Aufnahme: Oelke



### **Betriebstechnische Bewertung**

Diese weiteren Maßnahmen betreffen nicht direkt die landwirtschaftlichen Arbeitsabläufe und sind daher – abhängig von der verfügbaren Arbeitskraft und der vorhandenen Fläche – prinzipiell umsetzbar. Holzstapel oder Materialhaufen sollten allerdings so angelegt werden, dass sie die landwirtschaftliche Produktion nicht beeinträchtigen.

## **6 Steigerung der Akzeptanz von AFS bei Landwirten**

### **6.1 Befragung von Landnutzern**

#### **6.1.1 Kurzfassung**

Die Erhebung der Einstellungen von Landnutzern zur Wertholzproduktion in Agroforstsystemen erfolgte auf der Basis leitfadengestützter Interviews. Diese wurden mit Landwirten und einem Vertreter einer Gemeinde geführt, die in unterschiedlichen Naturräumen wirtschaften und denen Agroforstsysteme bekannt sind. Die Auswertung der Gespräche geschah nach qualitativen Gesichtspunkten. Die Befragung ergab, dass AFS überwiegend als eine grundsätzlich sinnvolle Art der Landnutzung betrachtet und ihnen Potenziale vor allem im Bereich des Ressourcen- und Naturschutzes zugeschrieben werden. Dennoch bestehen unter Landnutzern oftmals Bedenken, was Konflikte zwischen Bäumen und landwirtschaftlichen Kulturen, die Bewirtschaftbarkeit der Fläche, den Arbeitsaufwand und rechtliche Aspekte betrifft. Bei der Planung von AFS muss daher darauf geachtet werden, dass die Anlage sich gut in den Betrieb und die bestehenden Arbeitsabläufe integriert. Die Anerkennung von AFS als Ausgleichsmaßnahme im Rahmen der Eingriffsregelung wird von den Befragten Landnutzern sehr begrüßt, da sie eine Art der Honorierung darstellt und die Attraktivität von AFS erhöht. Die Durchführung von zusätzlichen Maßnahmen zur Steigerung der naturschutzfachlichen Wertigkeit von AFS wird in diesem Zusammenhang überwiegend als sinnvoll erachtet. Allerdings werden durch die Anlage von Blühstreifen, die Pflanzung von Hecken, das Belassen von Biotopbäumen oder die Anbringung von Nisthilfen auch Nachteile erwartet, insbesondere was den Arbeitsaufwand und die Beeinträchtigung der landwirtschaftlichen Nutzung betrifft. Daher muss für die jeweilige Anlage unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und der betrieblichen Erfordernisse abgewogen werden, welche Maßnahmen sich anbieten. Grundsätzlich ist festzustellen, dass prinzipiell alle AFS mit vergleichsweise geringem Aufwand eine Aufwertung erfahren könne.

##### **6.1.1.1 Hintergrund**

Landwirte haben häufig Einwände und Bedenken, wenn es um die Umsetzung von AFS mit Werthölzern auf ihren Flächen geht. Ziel dieses Teilpaketes sollte es daher sein, mittels Befragungen von Landnutzern zu erheben, welches die bedeutendsten Probleme sind, die im Zusammenhang mit AFS gesehen werden. Zusätzlich sollte vor dem Hintergrund des Aspektes der potenziellen Anerkennung von AFS als Kompensationsmaßnahme ermittelt werden, wie groß die Akzeptanz von



naturschutzfachlich optimierten AFS bei Landnutzern ist, ob und unter welchen Voraussetzungen sie also bereit wären, ein solches System mit zusätzlichen Maßnahmen nach Naturschutzaspekten zu gestalten.

### 6.1.1.2 Vorgehen

Ursprünglich war vorgesehen, diesen Arbeitsschritt zu Beginn des Projektes durchzuführen. Um jedoch fundierter Erkenntnisse im zweiten Teil der Befragung („Akzeptanz von naturschutzfachlich optimierten AFS“) zu erlangen, wurde mit den Interviews abgewartet, bis erste Ergebnisse zu dem Teilpaket AP 4-III ‚zusätzliche Naturschutz-Maßnahmen‘ vorlagen. Die Gespräche fanden im Zeitraum von April bis Juli 2010 statt.

Aus den beiden der vorliegenden Arbeit zu Grunde liegenden Fragestellungen ergibt sich die Zielsetzung, Einstellungen und Einschätzungen von Landnutzern zu AFS zu erheben. Mit Hinblick auf diese deskriptiv-explorativen Ansprüche wurde die Einzelpersonenbefragung im Leitfadenterview als die am besten geeignete Methode erachtet. Bei diesem qualitativen Ansatz empirischer Sozialforschung können unter anderem subjektive Sichtweisen, Einstellungen und Erfahrungen von Akteuren ermittelt werden (BORTZ & DÖRING 2006). Der für die teilstrukturierten Befragungen zur Anwendung kommende Gesprächsleitfaden ermöglicht ein flexibles Reagieren auf die jeweilige Gesprächssituation (ATTESLANDER 2006) und bietet ein Gerüst für die spätere Analyse der Gespräche.

### Zielgruppe und Auswahl der Gesprächspartner

Um unterschiedliche Naturräume mit den Befragungen abdecken zu können, bestand die Zielgruppe aus Landwirten und weiteren Landnutzern aus verschiedenen Regionen Deutschlands. Die Befragten sind mit den Gegebenheiten vor Ort und mit Erfordernissen und Schwierigkeiten in der Landnutzung vertraut und können sehr fundierte Einschätzungen zur Realisierbarkeit und zu möglichen Ausformungen eines AFS abgeben. Die Auswahl der Gesprächspartner erfolgte mit dem Ziel, Personen zu finden, die Betriebe mit unterschiedlicher Ausrichtung und Größe führen. Auf diese Weise konnte ein weites Spektrum an Aspekten abgedeckt und ein tieferes Bild der vorhandenen Einstellungen gezeichnet werden. Unter den Befragten fanden sich sowohl konventionell, als auch nach Richtlinien des biologischen Landbaus wirtschaftende Landwirte und Betriebe mit unterschiedlichen Ausrichtungen (Ackerbau, Grünlandwirtschaft, Milchviehhaltung, Pferdehaltung, Obstbau, Saatgutvermehrung von Wildpflanzen). Mehrere der Betriebe verfügen neben ihren landwirtschaftlichen Flächen über Wald, weshalb diesen Gesprächspartnern die Dimensionen der Holzproduktion vertraut sind. Die Gruppe der Befragten wurde abgerundet durch einen landwirtschaftlichen Berater, der seine Einschätzungen aus einem etwas weiteren Blickwinkel geben konnte, und dem Naturschutzbeauftragten einer Gemeinde, der die Sichtweise im kommunalen Bereich darlegte. Um Aussagen zur Realisierbarkeit von AFS auf einer fundierten Basis treffen zu können, wurden ausschließlich Gesprächspartner gewählt, die mit dem Konzept der Agroforstwirtschaft vertraut sind, d. h. die entweder schon selber AFS etabliert haben, oder die in direkter Nachbarschaft zu Pilotflächen wirtschaften. Anhand der vorhandenen Anlagen können diese sich ein Bild von AFS machen und daher fundierte Aussagen treffen. Der Kreis der potenziellen Gesprächspartner war aufgrund der wenigen etablierten Flächen überschaubar, jedoch war die Teilnahmebereitschaft der



angesprochenen Personen sehr hoch. Lediglich ein Landwirt war nicht zu einem Interview bereit, ein weiterer Landwirt sagte das Interview aufgrund von Terminschwierigkeiten ab. Insgesamt wurden mit zehn Gesprächspartnern Interviews geführt:

- Hr. Baumhauer (Donzdorf, Baden- Württemberg; Landwirtschaft),
- Hr. Buchter (Lottstetten, Baden- Württemberg; Obstbau und Forstwirtschaft),
- Hr. Casper (Donzdorf, Baden- Württemberg; Landwirtschaft),
- Hr. Krause (Naturschutzbeauftragter der Stadt Donzdorf, Baden- Württemberg;),
- Hr. Krieger (Brandenburg, landwirtschaftliche Beratung im Ökolandbau),
- Graf v. Rechberg (Donzdorf, Baden- Württemberg; Land- und Forstwirtschaft),
- Hr. Rieger (Blaufelden, Baden- Württemberg; Vermehrung von Wildpflanzensaatgut und Forstwirtschaft),
- Hr. Sprang (Pommritz, Sachsen; Landwirtschaft),
- Fr. Weber (Donzdorf, Baden- Württemberg; Landwirtschaft),
- Fr. v. Witzendorff (Gtroß Zecher, Schleswig- Holstein; Land- und Forstwirtschaft).

Die ausgewählten Gesprächspartner repräsentieren natürlich nicht die durchschnittliche Meinung der Landnutzer in Deutschland. Diejenigen, die bereits AFS umgesetzt haben sind eher innovativ-kreativ eingestellt und zeigen sich vergleichsweise offen für neue Ansätze in der Flächenbewirtschaftung. Da die Umsetzung neuer Konzepte in der Landnutzung aber vorrangig von innovativen und experimentierfreudigen Landwirten getragen wird, ist diese Auswahl durchaus sinnvoll.

Der verwendete Gesprächsleitfaden wurde auf Grundlage der Fragestellung konzipiert und einem Pretest unterzogen, um die mögliche Variation der Antworten, Effekte der Fragenanordnung und Verständlichkeit der Fragen zu überprüfen (SCHNELL et al. 2005).

Da die durchgeführten Leitfadenterviews auf den Grundsätzen der qualitativen Forschung basieren, erfolgte die Auswertung der Interviews in Anlehnung an die „qualitative Inhaltsanalyse“ nach MAYRING (2007).

#### **Die Fragen für die leitfadengestützten Interviews:**

1. Sind Sie mit dem Konzept „Agroforstwirtschaft“ zur Wertholzproduktion vertraut?
2. Sind Ihnen AFS bekannt?
  - a. Welche?
3. Erachten Sie die Einrichtung von AFS als sinnvoll?
  - a. Unter welchen Voraussetzungen?
  - b. Was sind / was wären ihre Motivationen für die Einrichtung eines AFS?
4. Welche Probleme bzw. Schwierigkeiten sehen Sie in Verbindung mit der Etablierung von AFS?
  - a. Welche sind die Bedeutendsten davon?
  - b. Welche Lösungsmöglichkeiten sehen Sie in diesem Zusammenhang?
5. Welche Potenziale sehen Sie in Verbindung mit der Etablierung von AFS?
  - a. Wie können diese am besten genutzt werden?



6. Wie stehen Sie zu zusätzlichen Einnahmemöglichkeiten auf AFS-Flächen in Verbindung mit der Vermarktung von Ökopunkten?
  - a. Erachten Sie die Anerkennung von AFS als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme grundsätzlich für sinnvoll?
7. Wie stehen sie in diesem Zusammenhang zu der Durchführung zusätzlicher Naturschutz-Maßnahmen in AFS, um das System unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten zu optimieren und die Chancen auf eine Anerkennung der Fläche zu erhöhen?
  - a. Wären solche Maßnahmen auch für Sie interessant?
  - b. Unter welchen Voraussetzungen?
  - c. Was sind / was wären ihre Motivationen für die Durchführung zusätzlicher Naturschutz-Maßnahmen?
  - d. Welche zusätzlichen Naturschutz-Maßnahmen sind in Ihren Augen sinnvoll / nicht sinnvoll? Unter welchen Voraussetzungen?
8. Welche Probleme sehen Sie in Verbindung mit der Durchführung von zusätzlichen Naturschutz-Maßnahmen in AFS?
  - a. Sehen Sie hierzu Lösungs-Ansätze?
9. Angaben zum Betrieb.

## 6.1.2 Ergebnisse

### Einstellungen von Landnutzern zu AFS

Das Konzept von AFS zur Wertholzproduktion wurde von den meisten der Befragten als eine grundsätzlich sinnvolle Art der Landnutzung gewertet. Von zwei konventionell wirtschaftenden Landwirten wurde die Einschränkung angeführt, es müsse darauf geachtet werden, keine zu starke Nutzungskonkurrenz zwischen landwirtschaftlicher Produktion und Holzerzeugung entstehen zu lassen. Der Kreis an Interessenten für Pflanzungen auf landwirtschaftlichen Flächen dürfe daher klein sein. Einer von ihnen schätzte aus diesem Grund die Pflanzung von Bäumen zur agroforstlichen Nutzung grundsätzlich als nur bedingt sinnvoll ein.

Die am häufigsten genannte Voraussetzung für die Etablierung von AFS stellt das Vorhandensein von geeigneten Flächen im Betrieb dar. Darunter wurde zum Einen ausreichender Platz zur Pflanzung der Bäume verstanden, zum Anderen Flächen, auf denen sich die Etablierung eines AFS anbietet (beispielsweise aus Gründen des Bodenschutzes). Auch wurde angemerkt, dass es sich um eigene Flächen handeln sollte, da aufgrund der langen Produktionsdauer Pachtverhältnisse problembehaftet seien. Innerhalb des Betriebes wurden für die Etablierung von AFS eher die schlechteren Standorte favorisiert, keinesfalls aber die besten. Auch seien Flächen denkbar, auf denen die Bäume eine zusätzliche Funktion übernehmen könnten, beispielsweise zum Windschutz oder auf erosionsgefährdeten Hanglagen. Mehrere Landwirte nannten unproduktive Randstreifen oder Böschungen als gute Orte für die Realisierung von AFS, da hier am wenigsten Beeinträchtigungen für die landwirtschaftliche Nutzung zu erwarten seien. Während unter den Befragten die Anlage von Baumstreifen auf Ackerflächen teilweise auf Skepsis stieß, waren Baumpflanzungen auf Weideflächen eher vorstellbar.



Ein wichtiges Anliegen der Befragten war die geringe Beeinträchtigung der landwirtschaftlichen Nutzung durch ein AFS. Nicht nur sollten keine guten landwirtschaftlichen Flächen für Baumpflanzungen herangezogen werden, auch dürfe es keinerlei Konflikte mit den im Betrieb gängigen Arbeitsbreiten geben. Insgesamt müsse eine solche Form der Landnutzung zum Betrieb passen und sei vermutlich nicht für jeden Landwirt geeignet. Häufig genannt wurde auch das Kriterium des Arbeitsaufwandes: Es müsse jemand vorhanden sein, der Zeit habe sich hin und wieder um die Bäume zu kümmern und zudem über das notwendige Wissen zur Pflege verfüge. Nur ein einzelner Landwirt gab zu bedenken, dass auch ausreichend finanzielle Mittel für die Investition in die Bäume vorhanden sein müssen.

In der Gruppe der Befragten gaben drei Personen – angesprochen auf die Gründe, die hinter der Einrichtung eines AFS stehen könnten – an, sie sähen keinen Grund, der für ein solches Unterfangen sprechen würde. Unter den übrigen Befragten wurden ganz unterschiedliche Motivationen genannt, die bei der Etablierung von AFS eine Rolle spielen würden, bzw. gespielt haben. Häufig angeführt wurde die Förderung der Biodiversität in der Agrarlandschaft, insbesondere von Vögeln und Bienen. Vor allem war dieser Grund für die biologisch wirtschaftenden Landwirte in der Gruppe maßgeblich. Weiterhin wurden positive Auswirkungen auf den Naturhaushalt durch die Bäume als Motivation angegeben. Auch der Holzertrag wurde von einigen Personen genannt, wobei festgestellt wurde, dass dieser erst den kommenden Generationen nutzen würde. Ein Landwirt war überhaupt erst über den Verkauf von Obstbaumholz auf die Idee gekommen, auf seinen Flächen auch Wertholz zu produzieren. Ein landwirtschaftlicher Ökobetrieb, der viele seiner Produkte selbst vermarktet, hatte Bäume auch wegen der Nutzung der Früchte und Nüsse gepflanzt. Gleichzeitig sollte die Anlage einen Ackerschlag vor Erosion schützen, ein Grund, der auch von anderen Landwirten angeführt wurde. Weitere genannte Gründe waren das Interesse an Misch- und Permakulturen, die Aufwertung des Landschaftsbildes und die nachhaltige Landnutzung. Herr Krause als einziger Gesprächspartner aus dem kommunalen Bereich führte weiterhin den geringen Pflegeaufwand von AFS-Flächen, verglichen mit Streuobstwiesen, als gewichtigen Punkt an.

Gefragt nach den Potenzialen, die AFS bieten könnten, antwortete ein großer Teil der Befragten mit positiven Effekten auf den Naturhaushalt (Wasserversorgung, Mikroklima, Erosionsschutz) und Landschaftsökologie (Habitatangebot, Biodiversität, Biotopvernetzung). Darüber hinaus wurde die Diversifizierung des Betriebs und seiner Produkte angeführt. Auch die Funktion von AFS als Wertanlage, sowohl für Gemeinden als auch im landwirtschaftlichen Betrieb, wurde zu dieser Frage genannt. Ein klarer Zusatznutzen wurde sowohl auf kleineren „Restflächen“ im Betrieb gesehen, als auch als Folgenutzung auf Streuobstwiesen von Gemeinden. Der Nutzen der Bäume für die landwirtschaftlichen Kulturen (Beherbergung von „Nützlingen“, Windschutz sowie der positive Effekt auf das Landschaftsbild) wurden von jeweils einem Befragten genannt. Zwei Gesprächspartner, beides konventionell wirtschaftenden Landwirte, mochten AFS keinerlei Potenziale zusprechen.

Auf Möglichkeiten angesprochen, wie die Potenziale von AFS bestmöglich genutzt werden könnten, kamen recht unterschiedliche Antworten – je nachdem wo die Befragten die Potenziale von AFS sahen. Die Vorschläge bezogen sich auf Aspekte von Ort und Design der Anlage – so wurde angeregt, AFS grundsätzlich dort anzulegen, wo es Sinn mache, z. B. aus Gründen des Erosionsschutzes, zum Windschutz oder zur Biotopvernetzung. Um die landwirtschaftliche Nutzung nicht zu sehr zu beeinträchtigen, kam die Empfehlung, das Zusammenspiel der Kulturen mit den



Bäumen zu beachten (Synergien) und den Baumbestand eher etwas weiträumiger zu pflanzen. Die Nutzung von weiteren Produkten des Baumes neben dem Holz wurde angeführt, um den Gesamtnutzen der Anlage für den Betrieb zu erhöhen. Zum optimalen Schutz vor Erosion wurde die Anlage von hangparallelen Reihen favorisiert. Um den naturschutzfachlichen Wert der Anlage zu steigern wurde angeregt, verschiedene Baumarten zu kombinieren und einzelne Bäume zu integrieren, die nicht der Wertholzproduktion dienen. Auch wurde die Idee genannt, zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen um Insekten und Vögel zu fördern sowie die Anlage nur auf dafür geeigneten Flächen anzulegen. Bei der Frage zur Nutzbarkeit der Potenziale von AFS kamen von Seiten jener Gesprächspartner, die bereits Wertholzbäume gepflanzt hatten, deutlich mehr Anregungen als von anderen Befragten.

Bezogen auf Probleme, die mit der Etablierung von AFS verbunden sind, wurden hauptsächlich Konflikte mit der landwirtschaftlichen Nutzung (eingeschränkte Bewirtschaftbarkeit, Konkurrenz um Ressourcen, aber auch Akzeptanz der Nachbarn und Wertminderung der Fläche) und rechtliche Unsicherheiten angeführt. Bei letzterem Punkt wurde in erster Linie die Unterschützstellung von geschaffenen Biotopen befürchtet. Insgesamt wurden diese Probleme von den meisten Gesprächspartnern auch als die bedeutsamsten Aspekte eingeschätzt. Auch das Aufbringen der nötigen Arbeitszeit im Betrieb könne ein Problem darstellen, genauso wie das langfristige Festlegen der Landwirte auf diese Produktionsweise und die lange Wartezeit, bis der Holzertrag genutzt werden könne. Zudem wurden rein praktische Schwierigkeiten angeführt, so die Verschärfung von Mäuseproblemen durch die Anlage von selten gemähten Baumstreifen und die erfolgreiche Aufzucht der Bäume (Verfügbarkeit geeigneten Pflanzmaterials, Gießaufwand, Baumschutz, Krankheiten an Sorbus-Arten). Zwei der Befragten gaben an, sie erwarteten im Zusammenhang mit der Etablierung von AFS keine nennenswerten Probleme. Die Lösungsvorschläge zu den genannten Problemen gingen hauptsächlich in die Richtung, das AFS in einer Weise anzulegen, in der die landwirtschaftliche Nutzung nicht oder nicht nennenswert beeinträchtigt wird. Zudem wurden Überzeugungsarbeit und Information als wichtige Kriterien für eine erfolgreiche Etablierung genannt. Auch könne eine staatliche Förderung von AFS dazu beitragen, Hemmschwellen seitens der Landnutzer abzubauen. Hinzu kamen noch ganz praktische Tipps zur Anlage von AFS, wie die Verwendung eines geeigneten Baumschutzes gegen Schäden durch Wild und zur Vermeidung von Ausfällen durch Trockenheit die Pflanzung im Herbst mit anschließendem Mulchen.

### **Einstellungen von Landnutzern zur Anerkennung von AFS als Ausgleichsmaßnahme**

Eine Anerkennung von AFS als Ausgleichsmaßnahme im Rahmen der Eingriffsregelung wurde ausnahmslos von den Befragten als äußerst sinnvoll und wünschenswert eingestuft, und zwar sowohl für Landwirte als auch im kommunalen Bereich. Als Gründe wurden die verbesserte ökonomische Attraktivität von AFS durch die Zusatzeinnahme und die Entlohnung von Landnutzern für mit Mehraufwand verbundene Naturschutz-Leistungen genannt. Die Anerkennung von AFS sei in jedem Fall eine gute Form der Förderung dieser Art der Landnutzung. Eingeschränkt wurde allerdings, dass dies nur Sinn mache, wenn die Entlohnung ausreichend hoch sei. Auch sollte die Möglichkeit, Ökopunkte für eine Anlage zu bekommen, nicht das alleinige Argument für die Etablierung von AFS sein. Zudem sei nicht hinzunehmen, dass den Landwirten im Zusammenhang mit der Anerkennung



weiterer Aufwand entstünde, z. B. durch die Beauftragung eines Umweltgutachtens. Diese Vorgehensweise wurde von allen Landwirten unter den Befragten als unattraktiv eingeschätzt und als Hürde betrachtet, zumal die spätere Anerkennung nicht garantiert sei. Ein Landwirt schränkte ein, die Anerkennung von AFS als Ausgleichsmaßnahme sei nur zu begrüßen, wenn die Maßnahme auf der Fläche nach einer vereinbarten Zeit wieder reversibel sei, damit die Betriebsentwicklung langfristig nicht behindert werde.

Ein befragter Landwirt äußerte in dem Gespräch bereits die Idee, in diesem Kontext eine Kooperation mit der Gemeinde anzustreben, von der beide Seiten profitieren könnten. Gleichwohl hielt er es für wenig realistisch, dass Gemeinden und Landwirte zu diesem Zweck zufällig zusammenfinden würden.

### **Einstellungen von Landnutzern zu zusätzlichen Naturschutzmaßnahmen**

Mit der Ausnahme von zwei konventionell wirtschaftenden Landwirten hielten es alle Gesprächspartner für grundsätzlich sinnvoll und wünschenswert, AFS durch die Umsetzung zusätzlicher Maßnahmen (Bsp. Hecken, Blühstreifen, Nisthilfen) unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten aufzuwerten. Teils wurden hierbei auch Vorteile für die landwirtschaftliche Nutzung als Begründung angeführt (die Förderung von Vögeln wirke sich positiv auf den Schädlingsdruck aus). Einschränkend wurde festgestellt, dass sich zusätzliche Naturschutzmaßnahmen nicht für jeden Betrieb eignen würden. Auch solle darauf geachtet werden, dass der Aufwand für den Landwirt in einem vertretbaren Rahmen gehalten werde.

Auf die Umsetzung auf eigenen Flächen angesprochen, bildeten die gegebenen Antworten ein sehr heterogenes Bild: Alle diejenigen, die AFS bereits umgesetzt hatten, gaben an, zusätzliche Maßnahmen bereits umgesetzt zu haben oder dies zu planen. Als Maßnahmen wurde die Pflanzung oder das Aufkommenlassen von Büschen und Sträuchern, Hecken, Biotopbäumen, Grassäumen oder die Anlage von Blühstreifen sowie die Anbringung von Nisthilfen und Bambusbündeln zur Bienenförderung. Ein ökologisch wirtschaftender Landwirt gab an, die Durchführung entsprechender Maßnahmen sei sinnvoll, eine Entlohnung derselben hingegen nicht sinnvoll. Die Anerkennung sei zu aufwendig, zudem müsse der Landnutzer bei Kontrollen immer Angst haben, dass etwas nicht in Ordnung sei. Aus diesen Gründen sei es besser, Naturschutzmaßnahmen aus eigenem Antrieb und ohne Gegenleistung durchzuführen – in diesem Fall könne einen niemand belangen, falls es Defizite gebe. Im Gegensatz dazu erklärte ein konventionell wirtschaftender Landwirt, Zusatzmaßnahmen kämen nur in Frage, wenn ein festgelegtes Entgelt für eine konkrete Maßnahme für eine festgelegte Zeit garantiert sei. Ein Landwirt, der bereits eine Hecke in sein AFS integriert hat, zeigte sich zwar gegenüber weiterer Maßnahmen nicht abgeneigt, gab aber zu bedenken, dass durch den ökologischen Landbau bereits Leistungen für die Natur erbracht würden, beispielsweise durch die Einsaat von Luzerne und Klee, die sich statt zusätzlicher Blühmischungen anbieten würden.

Als Voraussetzung für die Durchführung zusätzlicher Maßnahmen wurde vor allem das Vorhandensein von genügend Zeit im Betrieb, bzw. ein vertretbarer Aufwand für die Umsetzung genannt. Auch müssten die Maßnahmen zum Betrieb und seinen Flächen passen sowie an die örtlichen Gegebenheiten angepasst sein. Zudem dürfe eine zusätzlich umgesetzte Maßnahme nicht zu weiteren Beeinträchtigungen der landwirtschaftlichen Nutzung führen (Bsp. Beschattung durch Hecke). Optimalerweise solle ein weiterer Nutzen durch umgesetzte Naturschutzmaßnahmen gegeben sein, beispielsweise Windschutz für die Kulturen oder die Nutzung von Früchten. In Bezug



auf die Inwertsetzung wurden unterschiedliche Meinungen geäußert: Während ein Landwirt einen angemessenen Geldfluss für seine Leistungen als die Voraussetzung für die Umsetzung von Naturschutzmaßnahmen nannte, gaben einzelne andere an, eine Vergütung wäre für sie keine Bedingung. Entsprechend wurden von den Gesprächspartnern auch unterschiedliche Angaben für ihre Motivation für diese Maßnahmen genannt. Sie reichte von ökologischen Beweggründen (Förderung von Vögeln, Insekten, Steigerung der Biodiversität) über den zusätzlichen Nutzen (Windschutz, Verbesserung des Mikroklimas) bis zu erhofften Entgeltzahlungen. Als denkbare zusätzliche Maßnahmen wurden genannt:

- Aufkommenlassen von Sukzession an Grundstücksgrenzen (Brennholznutzung),
- Anbringung von Bambusbündeln für Wildbienen,
- Pflanzung von Sträuchern und Randbäumen,
- Verwendung seltener heimischer Baumarten
- Einsaat von Blühstreifen (auch aus ästhetischen Gründen)
- Anbringung von Nisthilfen und Fledermauskästen
- Belassung von Biotopbäumen
- Anlage von Hecken
- Stein- und Totholzhaufen

Die Anlage von Hecken zur Aufwertung der Fläche unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten wurde wie auch Nisthilfen sehr häufig genannt, jedoch auch mit der Einschränkung versehen, dass dies keine Lösung für jeden Standort sei. Grundsätzlich sei es wichtig, bei Maßnahmen dieser Art das Ökologische mit dem Nützlichen zu verbinden. Unter diesem Gesichtspunkt böten nach Ansicht zweier Befragter insbesondere Hecken Potenziale, da sich der Gehölzschnitt gut für die energetische Verwendung eignen könnte.

Die größten Hindernisse, die im Zusammenhang mit Zusatzmaßnahmen gesehen wurden, waren der zusätzliche Arbeitsaufwand, der für Anlage und gegebenenfalls Pflege notwendig werden, sowie die Erschwerung der Flächenbewirtschaftung. Zudem wurden die Kosten (beispielsweise für Saatgutmischungen), fehlende Akzeptanz der Nachbarschaft und rechtliche Unsicherheiten und die Wertminderung der Fläche als mögliche Probleme angeführt.

Um Schwierigkeiten zu umgehen, wurden von Seiten der Befragten unterschiedliche Vorschläge gemacht. Die meisten davon gingen in die Richtung, die Maßnahmen an die eigenen Möglichkeiten anzupassen und vorher gut zu überlegen, welche Maßnahmen sich auf der Fläche wirklich anbieten. Zur Umsetzung von Heckenpflanzungen kam von mehreren Interviewten die Idee, diese entlang eines die Fläche flankierenden Weges zu realisieren. Auf diese Weise ließen sich negative Einflüsse auf die Bewirtschaftbarkeit reduzieren. Auf einer Fläche, der AFS-Pilotanlage in Pommritz, Sachsen, wurde diese Variante bereits umgesetzt. Ein Gesprächspartner wies darauf hin, dass die Frage nach Zusatzmaßnahmen verhältnismäßig klein sei, im Gegensatz zur Entscheidung, überhaupt ein AFS anzulegen. Zudem kam der Hinweis, dass es durchaus kleine und problemlos umsetzbare Maßnahmen gebe, wie etwa das Angebot von Bruthöhlen für Insekten oder Nisthilfen für Vögel, welche im landwirtschaftlichen Betrieb problemlos nebenher erledigt werden könnten.



### 6.1.3 Folgerungen

#### Meinungen zu AFS

Die durchgeführte Befragung erlaubt aufgrund ihres qualitativen Charakters keine quantitativen Folgerungen aus den Ergebnissen. Jedoch hatte REEG (2008) eine Befragung unter Stakeholdern (n=64) zu Einstellungen gegenüber AFS durchgeführt, zu der Parallelen gezogen werden können.

Die nun befragten Landnutzer werteten AFS überwiegend als eine grundsätzlich sinnvolle Nutzungsform. Als Voraussetzung hierfür wurde das Vorhandensein von geeigneten Flächen angeführt, wobei für die Etablierung eines AFS eher die schlechteren Standorte im Betrieb favorisiert wurden, keinesfalls aber die besten. Zu diesem Ergebnis war auch REEG (2008) gekommen. Diese Einschätzung spiegelt die Konkurrenz von landwirtschaftlichen Kulturen und Bäumen um Standorte im Betrieb wider – da das Hauptaugenmerk in der Landwirtschaft den Kulturen gilt, ist die Prioritätensetzung klar. Es muss allerdings bedacht werden, dass auch für die Wertholzproduktion Standorte mit hoher Bodenwertzahl förderlich sind. Je schlechter der Standort ist, desto länger benötigt das Holz zum Wachsen, was sich auf die Rentabilität der Anlage auswirkt. Marginale Standorte sind für die Wertholzproduktion eher als ungeeignet zu beurteilen, da das Wuchsverhalten der Bäume hier häufig nicht den Qualitätszielen genügt. Aus diesen Gründen besteht ein Zielkonflikt, weshalb eine gründliche Abwägung bei der Standortwahl erforderlich ist. Eine gute Möglichkeit, AFS doch auch auf besseren Standorten zu realisieren, ist nach Aussage von Gesprächspartnern und nach REEG (2008) deren Anlage an Böschungen oder auf Randstreifen und schlecht nutzbaren „Zwickeln“ im Betrieb. Auch Hanglagen sind nach REEG (2008) für die meisten Landnutzer vorstellbar. Hier sind die wenigsten Beeinträchtigungen für die landwirtschaftliche Nutzung zu erwarten. Dies war ein häufig geäußertes Anliegen in der Gruppe der Befragten, weshalb auch gefordert wurde, dass es keine Konflikte mit den verwendeten Arbeitsbreiten geben dürfe und ein AFS generell in den Betrieb „passen“ müsse. Unter den Befragten waren silvopastorale Systeme besser vorstellbar als silvoarable Nutzungen. Möglicherweise ist dies mit der Assoziation einer Streuobst-ähnlichen Nutzung erklären. REEG (2008) hatte ebenfalls festgestellt, dass Landwirte eher Systeme akzeptieren, die in ähnlicher Form bereits bekannt sind.

Ein großer Teil der Befragten sieht Potenziale von AFS in den positiven Effekten auf den Naturhaushalt und die Landschaftsökologie. Hier wurde insbesondere der Erosionsschutz in Hanglagen genannt, ein Argument, das auch schon in der Untersuchung von REEG (2008) gewichtig war. In dieser Form können AFS einen Zusatznutzen entwickeln, ein Aspekt der für mehrere der Interviewten als relevant erachtet wurde. Positive Effekte auf den Naturhaushalt und das Landschaftsbild wurden in diesem Zusammenhang vor allem von Landwirten angeführt, die einen biologisch geführten Betrieb haben. Von Leitern kleiner Betriebe kam der Hinweis, dass ein AFS zur Diversifizierung des Betriebs und seiner Produkte beitragen kann, ein Punkt, den auch REEG (2008) feststellt. Einen zusätzlichen Nutzen können AFS bei entsprechender Ausgestaltung sowohl in landwirtschaftlichen Betrieben als auch auf Gemeindeflächen bieten. Hier könnten sie auf nicht weiter genutzten Parzellen oder gegebenenfalls als Folgenutzung für aufgegebene Streuobstwiesen interessant sein.

Um den Nutzen von AFS zu erhöhen, wurde von Gesprächspartnern angeregt, die Anlage so zu konzipieren, dass zum Einen Synergien entstehen, von denen der Landnutzer profitieren könne. Zum



Anderen solle darauf geachtet werden, den Arbeitsaufwand gering zu halten und vor allem die landwirtschaftliche Nutzung nicht zu stark zu beeinträchtigen. Entsprechend solle auf die Befahrbarkeit der Fläche und Schattenwurf der Bäume geachtet werden. Diese Erkenntnisse korrespondieren direkt mit den Ergebnissen, die von REEG (2008) festgestellt wurden. Potenziale für den Naturhaushalt ließen sich nach Meinung einzelner Befragter steigern, indem verschiedene Baumarten verwendet und zusätzliche Naturschutzmaßnahmen ergriffen würden. Diese Einschätzungen sind durchaus schlüssig und entsprechen dem, was auch von BENDER et al. (2009) gefordert wird.

Problematisch an AFS wird von den befragten Landnutzern hauptsächlich der Konflikt zwischen den Bäumen und der landwirtschaftlichen Nutzung beurteilt. Zusätzlich wurden rechtliche Unsicherheiten durch eine mögliche Unterschützstellung von geschaffenen Biotopen angeführt. Dieser Punkt kann durchaus relevant sein und sollte insbesondere bei der Durchführung zusätzlicher Naturschutzmaßnahmen beachtet werden (s. u.). Jede Planung von AFS sollte den möglichen Problemen Rechnung tragen und das System in einer Art und Weise konzipieren, dass es sich gut in den Betrieb und seine Arbeitsabläufe integrieren lässt (vgl. auch PANNELL 1999). So kann der Arbeitsaufwand für eine Agroforst-Anlage minimiert und die Beeinträchtigung der landwirtschaftlichen Nutzung gering gehalten werden. Auch gibt es noch Defizite in der Information über diese Art der Landnutzung: Viele Landnutzer verfügen nur über vage Vorstellungen über die Funktionen von AFS, was für eine erfolgreiche Etablierung jedoch notwendig ist. Letztlich könnten auch Förderung von AFS dazu beitragen, Hemmschwellen auf Seiten der Landnutzer abzubauen. Allerdings wurde von REEG (2008) festgestellt, dass 80 % aller von ihr befragten Stakeholder die Meinung vertraten, Eigeninitiative des Bewirtschafters sei entscheidender als eine Förderung von AFS. So waren auch alle besuchten AFS-Flächen eher aus Idealismus und Experimentierfreude angelegt worden als aus rein ökonomischen Überlegungen.

### **Motivationen für die Einrichtung von AFS**

Wie die Befragung gezeigt hat, existieren unter Landnutzern ganz unterschiedliche Motivationen, die für die Einrichtung eines AFS sprechen können. Angeführt wurden unter anderem die Förderung der Biodiversität und des Naturhaushaltes. Außer dem Aspekt des Erosionsschutzes gaben jedoch wenige der Befragten Vorteile für ihre Flächen als Motiv für die Einrichtung an. Der Holzertrag wurde von mehreren Gesprächspartnern als Argument angeführt, wohingegen REEG (2008) zu dem Schluss kam, dass die Holzversorgung als eher nebensächlich erachtet werde. Möglicherweise ist dieses Ergebnis durch den hohen Anteil an Waldbesitzern unter den befragten Landwirten bedingt. Gleichwohl wurde die Funktion von AFS als Wertanlage von den wenigsten Landwirten angeführt, jedoch von dem Gesprächspartner aus dem kommunalen Bereich. Die Diversifizierung des Betriebes durch die Einrichtung eines AFS war nur für wenige Befragte relevant. REEG (2008) führt dazu an, dass für die lohnende Verwertung von Nicht-Holz-Produkten (etwa Nüssen) aus AFS attraktive Märkte vorhanden sein müssen, weshalb dies nur für bestimmte Betriebe interessant sei. Der geringe Pflegeaufwand wurde nur von Seiten der befragten Gemeinde als Argument für AFS angeführt und ist vermutlich sonst nur für Landwirte relevant, die pflegeintensivere Nutzungen wie etwa Streuobstwiesen betreiben.



## **Einstellungen zur Anerkennung von AFS als Ausgleichsmaßnahme im Rahmen der Eingriffsregelung**

Die Befragung der Landnutzer ergab, dass die Anerkennung von AFS als Ausgleichsmaßnahme im Rahmen der Eingriffsregelung grundsätzlich als äußerst sinnvoll erachtet wird. Zustimmung kam hierbei sowohl von Seiten der Landwirte als auch des Gesprächspartners aus dem kommunalen Bereich. In erster Linie wurde diese Bewertung damit begründet, dass die Anerkennung die ökonomische Attraktivität von AFS verbessere, da sie für den Landnutzer eine Entlohnung für seinen Aufwand darstelle. In diesem Zusammenhang wurde die Anerkennung von AFS als Ausgleichsmaßnahme als eine gute Möglichkeit der Förderung dieser Landnutzungssysteme eingestuft. Insofern kann diesem Instrument eine besondere Bedeutung zukommen, wenn es darum gehen soll, Bäume in der Landschaft in Form von AFS zur Wertholzerzeugung zu fördern. REEG (2008) hatte bereits bei einer Befragung von Stakeholdern zu AFS herausgefunden, dass die Anerkennung als Ausgleichsmaßnahme unter allen Varianten der finanziellen Honorierung von AFS diejenige war, die die größte Zustimmung (80 % aller Befragten) erhält. Soll die Anerkennung sich tatsächlich in einer Ausweitung von AFS-Flächen niederschlagen, muss allerdings gewährleistet sein, dass die Vergütung hoch genug ist, um vom Landnutzer als attraktiv empfunden zu werden. Der Umfang der Vergütung hängt jedoch davon ab, nach welchen Kriterien AFS in den einzelnen Bundesländern eingestuft und als Ausgleichsmaßnahme anerkannt werden. Zum anderen kann der Erlös von Ökopunkten je nach dem Bedarf in der betreffenden Region unterschiedlich ausfallen. Aus diesen Gründen können keine direkten Aussagen zum Umfang der „Honorierung“ gemacht werden. Eine weitere Hürde stellt das Verfahren der Anerkennung von AFS dar: Der bei der Unteren Naturschutzbehörde einzureichende Antrag erfordert eine naturschutzfachliche Planung für das AFS, welche im Rahmen eines Umweltgutachtens eingeschätzt wird. Für die Planung ist der Antragsteller zuständig, d. h. er wird i. d. R. ein Planungsbüro bzw. einen Gutachter beauftragen müssen. Da dieses Procedere mit finanziellem und zeitlichem Aufwand verbunden ist, macht es die Anerkennung von AFS zumindest für Landwirte unattraktiv und wurde in den Gesprächen mehrmals als „nicht hinnehmbar“ bezeichnet, zumal die spätere Anerkennung der Maßnahme durch die Untere Naturschutzbehörde nicht garantiert sei. Hier muss allerdings zu bedenken gegeben werden, dass AFS dieses Los im Prinzip mit allen anderen Ausgleichsmaßnahmen teilen, die in landwirtschaftlichen Betrieben relevant sein können. Allerdings stellen AFS eine vergleichsweise „neue“ und wenig bekannte Form der Landnutzung dar, weshalb eher mit Unsicherheiten und Schwierigkeiten im Anerkennungsverfahren zu rechnen ist als beispielsweise bei der Anlage von Streuobstwiesen. Da der Anerkennungsprozess in der Praxis aufwendig ist, empfehlen sich für die Anerkennung von AFS direkte Kooperationen zwischen Landeignern und Trägern ausgleichspflichtiger Maßnahmen. Auf diese Weise ist es möglich, den Aufwand der Antragstellung für den Landnutzer zu verringern. In der Praxis liegt hierbei jedoch die Herausforderung, solche Kooperationen möglich zu machen: Maßnahmenträger und Landnutzer dürften von sich aus nur in Ausnahmefällen zu einander finden, um gemeinsam ein AFS umzusetzen. Die Anerkennung als Ausgleichsmaßnahme bietet somit Potenziale zur Förderung der Etablierung von AFS, jedoch werden diese vermutlich nur in verhältnismäßig geringem Umfang genutzt werden, wenn nicht zusätzliche Anstrengungen, insbesondere im Bereich der Information von Landschaftsplanern und Landnutzern unternommen werden.



### **Einstellungen zu Zusatzmaßnahmen**

Aus der Gruppe der Gesprächspartner wurden recht unterschiedliche Meinungen geäußert, was die Durchführung von zusätzlichen Maßnahmen zur Aufwertung AFS unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten anbelangt. Es zeigte sich, dass die Mehrheit der Befragten jedoch Naturschutzmaßnahmen grundsätzlich als etwas Sinnvolles erachtet, dass gleichzeitig aber mit Hinblick auf die Umsetzung im Betrieb einige Bedenken bestehen. Interessant war festzustellen, dass alle Landnutzer, die bereits AFS realisiert hatten, auch Naturschutzmaßnahmen berücksichtigen. Diese waren zum Teil bereits umgesetzt, zum Teil für die Zukunft vorgesehen. Das Spektrum der entsprechenden Maßnahmen war relativ weit, es reichte von der Anbringung von Brutstätten für Insekten aus Bambusbündeln oder die Bereitstellung von Nisthilfen über die Einsatz eines Blühstreifens, die Belassung von Biotopbäumen und von Säumen bis zur Anlage einer Hecke. Aus Sicht dieser Landnutzer erwies sich die Umsetzung der Maßnahmen als überwiegend unproblematisch, teils wurden bereits weitere Maßnahmen geplant. Lediglich zu der angelegten Hecke wurde bemängelt, dass sie das Mäuseproblem auf der Fläche verstärke. Insgesamt zeichnet sich aus den wiedergegebenen Erfahrungen jedoch ein durchaus positives Bild ab. Es zeigt, dass sich je nach Betrieb unterschiedliche Maßnahmen anbieten und bereits mit geringem Aufwand Verbesserungen auf der Fläche erzielt werden können, etwa durch die Belassung von Biotopbäumen oder die Anbringung von Nisthilfen.

Von zwei ökologisch wirtschaftenden Landwirten kam der Einwand, dass durch ihre Wirtschaftsweise bereits eine Erhöhung der Biodiversität auf der Fläche gegeben sei – weshalb mit Aufwand verbundene zusätzliche Maßnahmen nur bedingt interessant seien. Zwar bestehen auf intensiv und konventionell bewirtschafteten Flächen tatsächlich größere Potenziale zur Flächenaufwertung, dennoch können auch im Öko-Landbau Aufwertungen durch Zusatzmaßnahmen erzielt werden.

Ein Gesprächspartner war von der finanziellen Honorierung zusätzlicher Maßnahmen nicht überzeugt, er befürchtete ein gewisses Abhängigkeitsverhältnis, welches mit Kontrollen auf der Fläche und gegebenenfalls mit Nachteilen für den Betrieb verbunden sei, würden Mängel an der Maßnahme festgestellt. Aus diesem Grund zöge er es vor, weitere Leistungen ausschließlich aus eigenem Interesse durchzuführen und auf eventuell erhältliche Entlohnungen zu verzichten. Vermutlich besteht bei einem gewissen Anteil von Landnutzern eine gewisse Skepsis gegenüber geförderten Leistungen, dies sollte jedoch nicht als Argument gegen die Durchführung von Naturschutzmaßnahmen gewertet werden.

Eine weitere Einschränkung, die aus dem Feld der Befragten angeführt wurde, war dass nicht alle Maßnahmen zu jedem Betrieb und jeder Fläche passen würden und daher entsprechend angepasst werden müssten. Dies hat durchaus Sinn: Alle durchgeführten Maßnahmen sollten so ausgestaltet sein, dass sie sich möglichst gut in die Betriebsabläufe einfügen und wenig Mehraufwand erfordern. Dies war auch eine Bedingung, die von fast allen Gesprächspartnern gestellt wurde. Steigt der mit einer Maßnahme verbundene Aufwand über ein individuell als vertretbar empfundenen Maß, wird die Maßnahme unattraktiv. Es müssen also geeignete Flächen und ausreichend Zeit für eine entsprechende Maßnahme im Betrieb vorhanden sein, gleichzeitig darf die landwirtschaftliche Nutzung nicht zu stark eingeschränkt werden. Hier sind die möglichen Naturschutzmaßnahmen sehr unterschiedlich zu bewerten. Während beispielsweise Hecken je nach Ausrichtung durch ihren Schattenwurf zu Beeinträchtigungen führen können, sind andere Maßnahmen wie die Anbringung von



Nisthilfen unter diesem Gesichtspunkt gänzlich unproblematisch. Grundsätzlich müssen bei Überlegungen zu einzelnen Maßnahmen jedoch alle negativen und positiven Effekte für die landwirtschaftliche Nutzung gegeneinander abgewogen werden: So kann die als nachteilig betrachtete Hecke, etwa durch ihre Windschutzwirkung, durchaus auch positive Aspekte für die Fläche aufweisen. Ziel bei der Durchführung weiterer Maßnahmen in AFS muss also sein, Synergien zu erzeugen und somit nicht nur einen Vorteil für den Naturschutz, sondern auch für die Flächennutzung zu erzeugen. Entsprechende Mehrfachnutzen wurden von mehreren Befragten gesehen. Neben dem direkten Schutz der Kulturen, beispielsweise durch Wind, oder indirekten Effekten (Förderung von Vögeln als Schädlingsbekämpfer) wurde auch die Gewinnung von zusätzlichen Produkten, beispielsweise von Beeren in einem angelegten Gehölzstreifen, angesprochen. Auch die Gewinnung von Energieholz in AFS wurde in diesem Zusammenhang mehrfach genannt, eine Nutzung die Potenziale bietet und in Zeiten steigender Energiepreise möglicherweise an Bedeutung gewinnt.

Neben der erforderlichen Zeit und dem bei Anlage und Bewirtschaftung der Anlage stellten die Kosten für die Etablierung einen weiteren Punkt dar, über den sich die befragten Landnutzer Gedanken machten. Die Kosten hängen natürlich stark von Art und Umfang zusätzlich durchgeführter Maßnahmen ab. Einige Maßnahmen wie etwa das Belassen von Biotopbäumen oder das Zulassen einer Saumbildung sind gänzlich ohne Investitionen durchführbar. Dagegen stellt beispielsweise die Anlage einer größeren Hecke aus autochthonem Pflanzgut durchaus einen finanziellen Aufwand dar. Hier stehen jedoch in der Planung alle Optionen offen. Für die meisten Maßnahmen ist zu erwarten, dass die Kosten für ihre Durchführung im Vergleich zur Anlage des gesamten AFS gering ausfallen. Auch rechtliche Unsicherheiten (Befürchtung der Unterschützstellung) und fehlende Akzeptanz in der Nachbarschaft wurden als problematisch für die Durchführung von Naturschutzmaßnahmen angeführt. Der Status und die zukünftige Nutzbarkeit der gesamten Fläche sollte vor Etablierung der Anlage mit der Unteren Naturschutzbehörde diskutiert und schriftlich fixiert werden (BENDER et al. 2009). Grundsätzlich ist es auch zu empfehlen, die Nachbarschaft über das Vorhaben zu informieren und eventuelle Bedenken (etwa Schattenwurf) in der Planung zu berücksichtigen. Auf diese Weise sollten sich Verstimmungen in der Nachbarschaft vermeiden lassen.

Wie die Gespräche gezeigt haben, sind die Motivationen für die Durchführung von zusätzlichen Maßnahmen in AFS unter Landnutzern höchst unterschiedlich. Während mancher Landwirt aus eigenem Antrieb handelt, weil er etwas zur Förderung der Natur beitragen möchte oder sich für seine Kulturen Vorteile verspricht, sind für andere Landnutzer Entgeltzahlungen als Ausgleich für ihre Leistung Voraussetzung für die Durchführung von Maßnahmen. Während aus dem Kreis der Interviewten nur ein Landnutzer letztere Meinung vertrat, dürfte deutschlandweit der Anteil der Landwirte, die Maßnahmen nicht ohne Honorierung durchführen würden, nicht gering sein. Aus diesem Grund sollte der Förderung von AFS- und insbesondere der Förderung von zusätzlichen Maßnahmen verstärkt Beachtung geschenkt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Naturschutzmaßnahmen Potenziale für den Betrieb mit sich bringen können. Sie sollten jedoch grundsätzlich gut auf den Betrieb mit seinen Flächen und Bedürfnissen zugeschnitten werden. Während die Umsetzung von umfangreicheren Maßnahmen wie die Pflanzung von Hecken sich nicht für jeden Betrieb anbietet, sind andere Maßnahmen auf praktisch allen AFS-Flächen problemlos umsetzbar und können ohne nennenswerten Aufwand durch



geführt werden. Eine Aufwertung von AFS unter Naturschutz-Gesichtspunkten sollte daher bei jeder Planung von Anlagen vorgesehen und unter Berücksichtigung der Voraussetzungen die für Natur und Nutzer optimale Lösung gesucht werden. Aufgrund der Vielgestaltigkeit von AFS und dem weiten Spektrum an zusätzlichen Maßnahmen ist ein großer Planungsspielraum vorhanden, der bestmöglich ausgenutzt werden sollte.

## 6.2 Ökonomische Machbarkeit

*Simeon Springmann, Christopher Morhart*

### 6.2.1 Einleitung

Die Analyse der Kostenfaktoren, die bei Etablierung und nachfolgender Bewirtschaftung von Agroforstsystemen mit Werthölzern auftreten ist Bestandteil des Themenkomplexes 6. Innerhalb des Arbeitspakets Wertholzproduktion. Im Besonderen die durch Ästung anfallenden Kosten sollten untersucht werden. Die Ästung der Wertholzbäume ist bei der Produktion von wertvollem Furnierholz in Agroforstsystemen unerlässlich. Zudem stellen die Ästungskosten den Großteil der Gesamtkosten bei der Wertholzproduktion dar. Eine möglichst effiziente Gestaltung der Ästung bedeutet daher gleichzeitig eine wichtige Reduktion der Gesamtkosten der Wertholzerziehung. Mitte Mai 2010 wurde deshalb eine Zeitstudie zur Ästung auf einer Versuchsfläche des Instituts für Waldwachstum durchgeführt. Geastet wurden Wildkirschen, Bergahorne, Eschen und Eichen. Dabei wurden Daten für zwei verschiedene Ästungsmethoden erhoben. Die Methoden konnten dadurch hinsichtlich Zeitbedarf und Qualität miteinander verglichen werden. Die Auswirkungen der verschiedenen Ästungsregime auf das Baumwachstum wurden in Themenkomplex 4. gesondert untersucht.

Nachfolgend ist der Ablauf der Zeitstudie ausführlich beschrieben. Die Ergebnisse werden daran anschließend dargestellt. Zusätzlich wurde die Preissituation auf dem Wertholzmarkt analysiert, um Chancen und Risiken für die Wertholzproduktion in Agroforstsystemen abzuleiten.

### 6.2.2 Ziele der Arbeitsstudie

Ermittlung der Leistungsdaten für die Wertästung von Edellaubbäumen (Kirsche, Ahorn, Eiche) bis zu einer Höhe von ca.7-8m. Zwei Baumkollektive werden dabei unter Anwendung verschiedener Ästungsmethoden (vorgreifende und quirlweise Ästung) geastet. Die Methoden sollen im Hinblick auf Zeitaufwand und Qualität untersucht und verglichen werden.

### 6.2.3 Beschreibung des Arbeitsverfahrens

- 1-Mann-Verfahren
- Werkzeuge: Distelleiter (zweistufig), Astungssäge („japanische Zahnung“), Schneidgiraffe

Im untersuchten Fall wurden Edellaubbäume (Kirsche, Ahorn, Eiche) auf einer Versuchsfläche des Instituts für Waldwachstum auf ca. 7-8m Höhe unter Verwendung zweier unterschiedlicher



Ästungsmethoden (vorgreifend und quirlweise) geastet. Gegebenenfalls wurde zusätzlich zur Ästung auf 7-8m ein „Formschnitt“ im Gipfelbereich vorgenommen, um die Ausbildung von starken Steilästen und Zwieseln zu verhindern. Die Ästung wurde im Einmann Verfahren durchgeführt. Die ausführenden Arbeiter waren mit der Arbeit vertraut und die Übungsschwelle war überschritten.

Nach Abstellen des Fahrzeuges rüstet sich der Arbeiter für die Ästung mit dem Leitersystem (mehrteilige Distelleiter). Er nimmt die Leitern vom Dachgepäckträger des Fahrzeugs, und zieht sich den Sitzgurt mit dem Köcher für die Handsäge an. Dann befestigt er das Sicherheitsseil mit Seilverkürzer, danach kontrolliert er beide Leitern auf Funktion und Vollständigkeit, und befestigt die Leine zum Hochziehen am kürzeren Leiterteil. Zusätzlich zur Handsäge führt der Arbeiter eine Schneidgiraffe mit sich.

Nach dem Aufrüsten begibt sich der Arbeiter in den zu ästenden Bestand und sucht den ersten zu ästenden Baum auf.

#### **Weiteres Vorgehen vorgreifende Ästung:**

Nach visueller Ansprache des Baumes (Identifizierung von sehr steilen und dicken Ästen, sowie Zwieseln) stellt er das lange Leiterteil an den Baum und tritt dieses fest. Der Arbeiter sichert sich mit dem Sicherheitsseil und besteigt die Leiter. Anschließend wird auch die Leiter selbst am oberen Ende mit einem Gurt am Baum gesichert. Der Arbeiter beginnt nun mit der Ästung und führt diese mit dem ersten Leiterteil bis auf ca. 7,5m Höhe aus. Bei Vorliegen der oben beschriebenen Besonderheiten im Gipfelbereich (Zwiesel, Steiläste) wird mit Hilfe einer Schneidgiraffe und/oder zweitem Leiterteil ein Formschnitt ausgeführt. Bei Bedarf des zweiten Leiterteils zieht es der Arbeiter mit Hilfe der Leine zu sich hoch, steckt es auf die längere Leiter auf und sichert es ebenfalls durch einen Gurt am Baum.

Im Gegensatz zur quirlweisen Ästung muss der Arbeiter bei fortschreitender Höhe immer wieder das Sicherheitsseil lösen, bleibende Äste passieren und sich wieder sichern.

Beim Herabsteigen der Leiter löst er das kurze Leiterteil und lässt dieses am Seil wieder bis auf den Boden ab. Danach löst er das lange Leiterteil und steigt bis zum Boden herunter. Dort angekommen löst er sein Sicherheitsseil, nimmt die Leiterteile und die Schneidgiraffe auf und sucht den nächsten zu ästenden Baum auf.

Auch beim heruntersteigen ist wieder zu beachten, dass der Arbeiter aufgrund verbleibender Äste am Stamm bei vorgreifender Ästungsmethode das Sicherheitsseil lösen und sich wieder sichern muss.

#### **Weiteres Vorgehen quirlweise Ästung:**

Der Arbeiter stellt das lange Leiterteil an den Baum und tritt dieses fest. Der Arbeiter sichert sich mit dem Sicherheitsseil und besteigt die Leiter. Anschließend wird auch die Leiter selbst am oberen Ende mit einem Gurt am Baum gesichert. Der Arbeiter beginnt nun mit der Ästung und führt diese mit dem ersten Leiterteil bis auf ca. 7,5m Höhe aus (4 bis 5 Quirle sollten am Baum belassen werden um eine leistungsfähige Krone zu erhalten). Bis zu dieser Höhe werden alle Äste entfernt.



Gegebenenfalls wird auch bei der quirlweisen Ästung der oben beschriebene Formschnitt im Gipfelbereich (Zwiesel, Steiläste) mit Hilfe der Schneidgiraffe und/oder zweitem Leiterteil durchgeführt.

Die Abfolge der Arbeitsschritte beim Herabsteigen ist dieselbe wie bei der vorgreifenden Ästungsmethode. Da bei der quirlweisen Ästung von unten kommend alle Äste sukzessive entfernt werden, ist kein lösen des Sicherungsseils des Arbeiters beim Auf- und Absteigen nötig.

#### 6.2.4 Erhebung der Bezugsdaten

Die zu ästenden Bäume waren bereits ausgezeichnet. Da die Bäume auf der Versuchsfläche in Reihen gepflanzt sind, war das Auffinden der zu ästenden Bäume sehr schnell möglich.

Folgende Parameter wurden erhoben:

BHD: mit Umfangmaßband auf 1mm genau

Geastete Höhe: anhand der Leiter mit bekannter Länge auf 1m genau geschätzt

Z-Baum Abstand innerhalb der Reihen: ist aus Versuchsflächenplan ersichtlich

Entfernte Äste: Anzahl (bei quirlweiser Astung zusätzliche Angabe zur Anzahl geasteter Quirle)

Astdurchmesser (an Sägestelle): mit Schieblehre auf 1mm genau gemessen

Benutzung oberes Leiterteil: ja/nein

Benutzung der Schneidgiraffe: ja/nein

Systembedingte Verletzungen: ja/nein



## 6.2.5 Erhebung der Leistungsdaten

Ablaufabschnitte	Messpunkt
------------------	-----------

### *Beginn erster Zyklus*

<b>Rüsten</b>	Beginn: öffnen der Fahrtür Endpunkt: Baum aufgesucht Dieser Abschnitt wird bei den nachfolgenden Zyklen durch den Ablaufabschnitt „Baum aufsuchen ersetzt, da das Rüsten nicht regelmäßig in jedem Zyklus anfällt.
<b>Baumansprache</b>	Beginn: Endpunkt Rüsten Endpunkt: Visuelle Ansprache des Baumes (v.a. bei Vorgreifender Ästung wichtig) abgeschlossen, Leiter angestellt und Säge an ersten Ast angesetzt
<b>Ästung</b>	Beginn: Endpunkt Baumansprache Endpunkt <sup>1</sup> : Ästung beendet, Arbeiter setzt den Fuß wieder auf den Boden
<b>Werkzeugaufnahme</b>	Beginn: Endpunkt Ästung Endpunkt: Leitern abgebaut, Werkzeug aufgenommen

### *Beginn nächster Zyklus*

<b>Baum aufsuchen</b>	Beginn: Endpunkt Werkzeugaufnahme Endpunkt: Baum aufgesucht
<b>Weitere Abschnitte siehe oben</b>	

### *Nach dem letzten Zyklus*

<b>Abrüsten</b>	Beginn: Endpunkt Werkzeugaufnahme beim letzten Zyklus Endpunkt: Schließen der Fahrtür, nachdem das Arbeitsgerät komplett verladen wurde
-----------------	--

## 6.2.6 Ergebnisse

Zur Untersuchung der beiden Ästungsvarianten wurden jeweils 18 Bäume geästet. Die Ästungskollektive beinhalteten die Baumarten Kirsche, Esche, Ahorn und Eiche. Tabelle 12 gibt eine

<sup>1</sup> Bei der quirlweisen Ästung wurde noch zusätzlich der Zeitpunkt notiert, an dem die Bäume auf 5m Höhe geästet waren.



Übersicht über erhobene Zeit- und Bezugswerte. Unterschiede zwischen quirlweiser und vorgreifender Ästung werden deutlich. Je Baum dauerte die Ästung nach der vorgreifenden Methode im Mittel 0,8 min länger als bei der quirlweisen Ästung. Das unterschiedliche Konzept und Vorgehen der vorgreifenden Ästung wird bei dem Vergleich der Charakteristika der entfernten Äste erkennbar. Innerhalb der „reinen Ästungszeit“ (bei vorgreifender Ästung durchschnittlich 6 min, bei quirlweiser 6,4 min) wurden bei der quirlweisen Ästung mehr als dreimal so viele Äste entfernt wie bei der vorgreifenden Ästung. Die Astdurchmesser der entfernten Äste sind bei der vorgreifenden Ästung im Mittel um mehr als 1 cm größer, bei den maximalen Astdurchmessern beläuft sich der Unterschied auf über 2 cm.

Tabelle 12: Auszug erhobener Zeit- und Bezugswerte

Zeitwerte	Quirlweise Ästung			Vorgreifende Ästung		
	Min.	Max.	Mittelwert	Min.	Max.	Mittelwert
Baum ansprechen						
Leiter anstellen bis 1 Schnitt [min]	0,4	2,0	<b>0,7</b>	0,9	2,5	<b>1,6</b>
reine Ästungszeit [min]	4,2	12,1	<b>6,4</b>	2,5	18,0	<b>6,0</b>
Werkzeug aufnehmen [min]	0,3	1,2	<b>0,6</b>	0,5	1,5	<b>0,9</b>
Gesamtzeit pro Baum von Ansprache bis inkl. Werkzeugaufnahme [min]						
	5,4	13,2	<b>7,7</b>	4,8	20,7	<b>8,5</b>
<b>Bezugswerte</b>						
BHD geasteter Baum [cm]	6,8	16,7	<b>11,5</b>	10,4	15,1	<b>13,2</b>
Ästungshöhe [m]	6,0	8,0	<b>6,6</b>	7,0	10,0	<b>8,0</b>
Anzahl abgesägter Äste [n]	13,0	28,0	<b>20,2</b>	3,0	17,0	<b>6,5</b>
Astdurchmesser [cm]	1,2	2,4	<b>1,8</b>	1,6	4,8	<b>3,1</b>

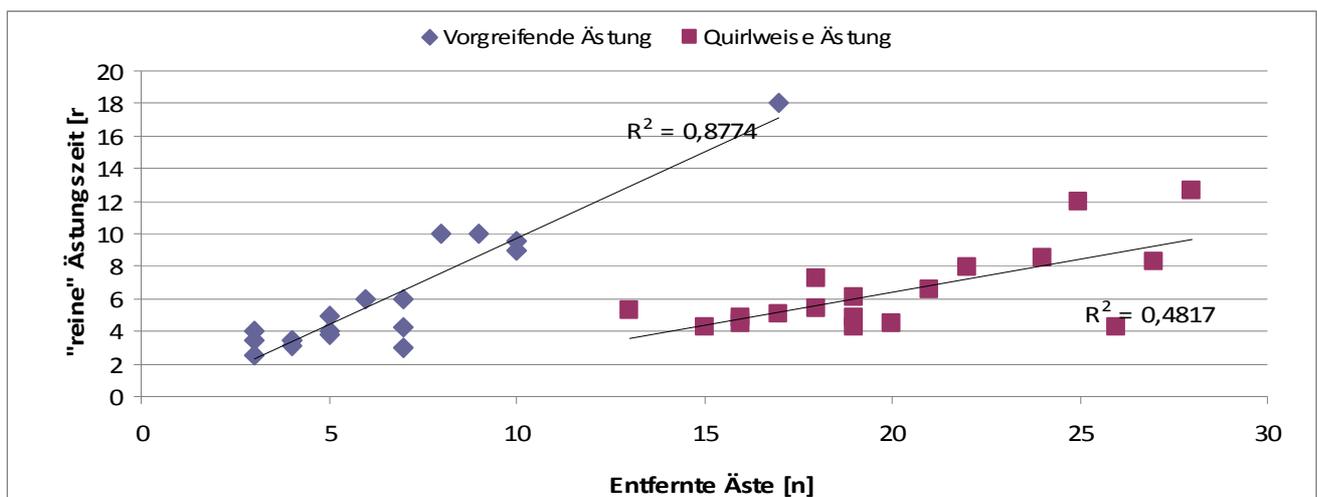


Abbildung 54: Vergleich der „reinen“ Ästungszeit bezogen auf die Anzahl entfernter Äste bei vorgreifender und quirlweiser Ästung



In Abbildung 54 ist der Zusammenhang von Ästungszeit und Anzahl entfernter Äste für die Methoden der quirlweisen und vorgreifenden Ästung dargestellt. Bei beiden Ästungsvarianten eine straffe lineare Beziehung zwischen Ästungszeit und Anzahl entfernter Äste zu erkennen. Die steilere Ausgleichsgerade bei vorgreifender Ästung verdeutlicht einen größeren Zeitbedarf pro entfernten Ast im Vergleich zur quirlweisen Ästung. Dieser größere Zeitbedarf ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen:

- 1.) wie in Tabelle 12 ersichtlich sind die Astdurchmesser der entfernten Äste bei der vorgreifenden Ästung größer als bei der quirlweisen Ästung. Dies verlangsamt die Ästung. Außerdem wurde ein Teil der stärksten Äste mit Hilfe von zwei Schnitten entfernt. Zunächst wurde hierbei ein Aststummel belassen und anschließend der Stummel auf Astring entfernt, um ein Einreißen der Rinde zu verhindern. Bei dieser Vorgehensweise wird entsprechend mehr Zeit benötigt.
- 2.) des Weiteren musste der Arbeiter bei der vorgreifenden Ästung Äste die am Baum belassen wurden passieren. Hierzu musste er wie oben beschrieben das Sicherungsseil immer wieder lösen und sich neu sichern.
- 3.) anders als bei der quirlweisen Ästung muss sich der Ästende die zu entfernenden Äste mit Bedacht, nach den vorgegebenen Kriterien (Steilheit, Dicke) aussuchen. Diese Selektion erfordert konzentriertes Arbeiten und benötigt zusätzliche Zeit. Aus diesem Grund ist auch der Zeitbedarf der Baumannsprache bei vorgreifender Ästung doppelt so hoch wie bei quirlweiser.

Beim Vergleich der Ästungshöhe der Bäume fällt auf, dass bei der vorgreifenden Ästung höher geästet wurde als bei der quirlweisen (siehe Tabelle 12). Bei der quirlweisen wurden die letzten 4 bis 5 Quirle am Baum belassen, um eine leistungsfähige Krone für das weitere Dickenwachstum zu erhalten. Bei der vorgreifenden Ästung wurde hingegen bis auf eine Höhe von 10 m in die obersten Kronenregionen eingegriffen, um von vornherein steile und besonders starke Äste an dem zukünftigen Wertholzabschnitt zu entfernen, bzw. deren Auftreten zu verhindern.

### 6.2.7 Fazit

Aus den erhobenen Zeitwerten kann abgeleitet werden, dass unter den Bedingungen der Versuchsfläche mit beiden Ästungsmethoden etwa gleichviel Bäume je Zeiteinheit geästet werden können. Folgendes muss jedoch bei den Überlegungen zum Zeitbedarf, der zum Erreichen der astfreien Schaftlänge benötigt wird, bedacht werden:

Bei der quirlweisen Ästung wurden bis zur angegebenen Ästungshöhe (siehe Tabelle 12) bereits alle Äste entfernt. Die vorgreifende Ästung entfernte nur einzelne Äste entlang des Stammes. Bei weiteren Ästungen muss bei der vorgreifenden Methode erst der untere Stammabschnitt „fertiggeästet“ werden, wobei bei den quirlweise geästeten Bäumen direkt auf die endgültige astfreie Schaftlänge geästet werden kann. Dadurch wird sich der bisher geringe zeitliche Nachteil der vorgreifenden Ästung in der Gesamtbilanz bis zum fertig geästeten Baum noch vergrößern. Zur genauen Darstellung dieser Entwicklung sind weitere Zeitstudien notwendig.

Nach derzeitiger Erfahrung aus der Edellaubversuchsfläche, auf der die Zeitstudie stattfand, sind bis zum Erreichen der gewünschten astfreien Schaftlänge (8-bis 10m, je nach Wuchs und Baumart) etwa 4 Ästungsdurchgänge notwendig. Je Baum ist dabei unter Bezugnahme auf die erhobenen Zeiten mit



einem zu investierenden Zeitbedarf von ca. einer halben bis dreiviertel Stunde zu rechnen. Je nach Gelände und Verteilung der zu ästenden Bäume müssen zur in Tabelle 12 angeführten „Gesamtzeit“ je Baum noch die Wegzeiten standortsangepasst hinzuaddiert werden. In später folgenden Berechnungen der Kosten für die Wertholzerziehung wird mit einem Zeitbedarf von 1 Stunde je Baum gerechnet, der für die Ästung investiert werden muss.

In der Literatur finden sich momentan noch keine detaillierten Zeitbedarfswerte für die Wertästung von Laubbäumen mit dem eingesetzte Leitersystem und Werkzeug. Zum Vergleich können als überschlägige Größe, die Angaben in Tabelle 13 für die Ästung von Nadelbäumen herangezogen werden:

Tabelle 13: Zeitbedarfswerte bei unterschiedlichen Ästungshöhen und -verfahren

Ästungsstufe (m)	Zeitbedarf (min/Baum)	Ästungsgerät
bis 2,5	3–6	Hand-/Stangensäge
0–5,0	8–15	Stangensäge/Distelleiter
5,0–10,0	15–22	Distelleiter

Quelle: [http://www.waldwissen.net/themen/waldbau/bestandspflege/fva\\_wertaestung\\_DE](http://www.waldwissen.net/themen/waldbau/bestandspflege/fva_wertaestung_DE)

Die angegebenen Zeitbedarfswerte je Nadelbaum in Tabelle 13 liegen bei gleicher eingesetzter Technik und vergleichbarer Ästungshöhe etwas höher als die unserer durchgeführten Zeitstudie (Tabelle 12).

### 6.2.8 Erlössituation im Wertholzsektor

Durch konsequente Ästung und ausreichend Standraum während der gesamten Produktionszeit ist es Ziel innerhalb von Agroforstsystemen Wertholz bester Qualität zu erzeugen. Für einen Überblick der Preissituation auf dem Holzmarkt für qualitativ hochwertiges Holz wurden die Orientierungspreise der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg der letzten 5 Jahre für die Güteklasse A für Buntlaubholz herangezogen (Abbildung 55). Die Erlöse von Wertholzsubmissionen (Abbildung 56) geben Aufschluss darüber, welche Spitzenpreise bei bester Qualität für bestimmte Baumarten gezahlt werden. Nachfolgend sind zunächst die Orientierungspreise in Baden-Württemberg für Eiche, Ahorn, Esche, Kirsche und Erle aufgeführt. Des Weiteren sind Erlösergebnisse zweier Wertholzsubmissionen dargestellt, anhand derer die Charakteristika des Wertholzmarktes aufgezeigt werden sollen.

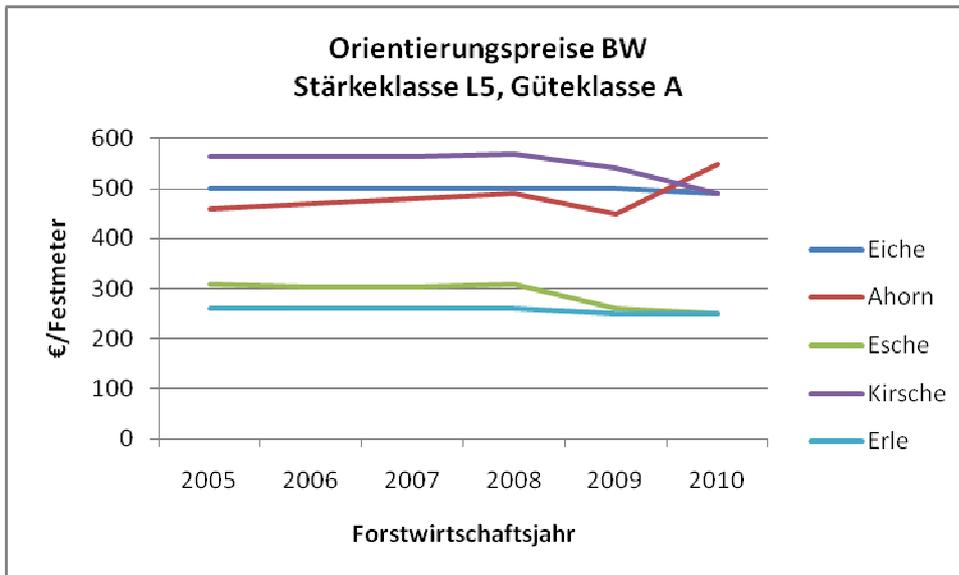


Abbildung 55: Orientierungspreise ausgewählter Baumarten in Baden-Württemberg (Landesforstverwaltung Baden-Württemberg)

Orientierungspreise spiegeln einerseits die Erlössituation des Vorjahres wider und berücksichtigen andererseits gleichzeitig die aktuelle Markterwartung. Abbildung 55 zeigt, dass die Orientierungspreise der angeführten Baumarten bis 2008 sehr stabil waren. In den letzten zwei Jahren sind fallende Orientierungspreise für alle Baumarten festzustellen, den Ahorn ausgenommen.

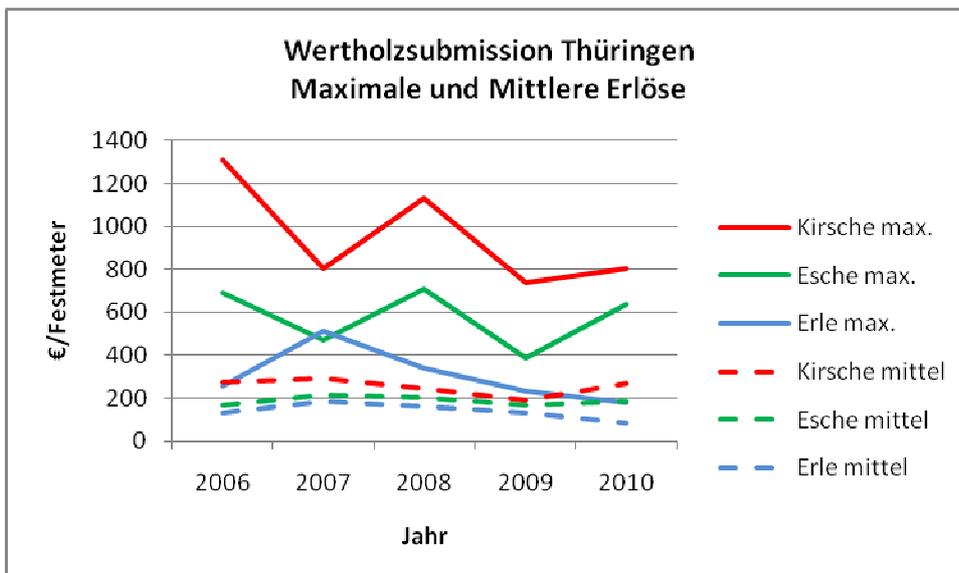


Abbildung 56: Maximale und Mittlere Submissionserlöse ausgewählter Baumarten der Wertholzsubmission Thüringen (IHB 2010)

In Abbildung 57 werden mittlere und maximale Erlöse der Wertholzsubmission Thüringen verglichen. Die Bedeutung der Qualität für den erzielbaren Preis ist klar erkennbar. Besonders bei Kirsche und



Esche sind die maximalen Erlöse für außergewöhnlich gute Qualitäten um ein vielfaches größer als der Durchschnitt.

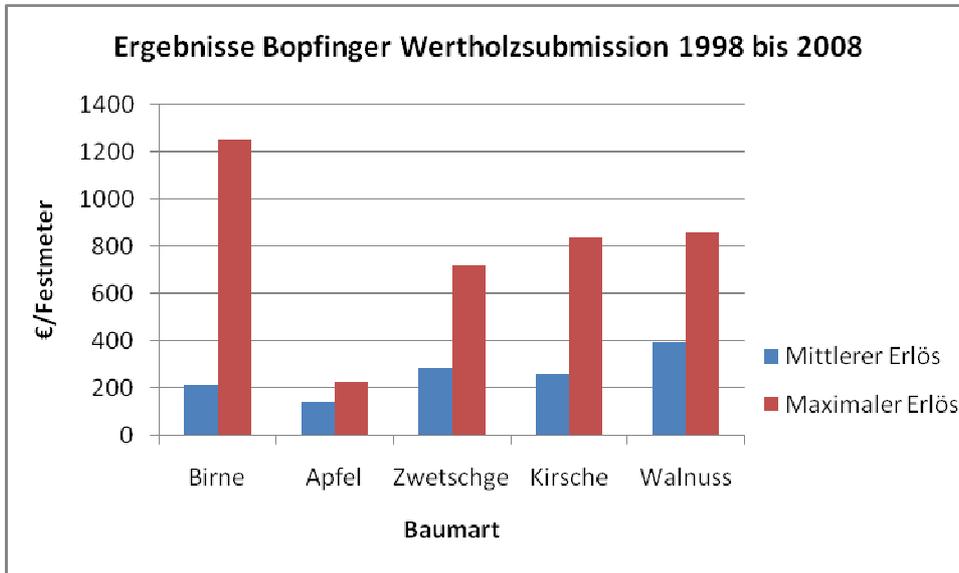


Abbildung 57: Maximale und Mittlere Submissionserlöse für Obsthölzer, gemittelt für den Zeitraum von 1998 bis 2008 (LUICK und VONHOFF 2010)

Die in Abbildung 57 wiedergegebenen Erlösergebnisse, gemittelt für einen 10-jährigen Zeitraum, bestätigen das sehr unterschiedliche Preisniveau von Durchschnitts- und Spitzenpreisen. Hohe Qualitätsansprüche, zum Teil geringes Angebot und wechselnde Modetrends resultieren in außergewöhnlich hohen Preisen als auch extremen Preisspannen. Trotz wechselnder Modetrends wird das ökonomische Potenzial, das bei der Produktion von Holz bester Qualität vorhanden ist deutlich. Ein Ziel der Forschung innerhalb dieses Projekts war es Produktionsmodelle zu entwickeln, die die Erzeugung von Furnierholzqualität mit Edellaubbäumen in Agroforstsystemen als Produktionsziel beinhalten. Bei solchen Bäumen bester Qualität kann dann von Spitzenerlösen von 1000 €/Fm und mehr (vgl. Abbildung 56 und Abbildung 57) ausgegangen werden.



Tabelle 14: Bewertung von Angebot, Problemen und Nachfrage für Obsthölzer bester Qualität (nach langjährigen Erfahrungen von Submissionen im Ostalbkreis, Baden-Württemberg) (LUICK und VONHOFF 2010)

	Birne	Apfel	Zwetschge	Kirsche	Walnuss	∑ Obst
Angebot und Probleme	Qualität meist mäßig, zu kurze Stämme	könnte leicht gesteigert werden	Dimension oft zu gering	Qualität und Dimension reicht oft nicht aus	sehr unterschiedliche Qualität	Angebot zurückgehend
Tendenz Nachfrage	gesucht	nur wenig gesucht	sehr gesucht	2007 bis 2009 kaum Nachfrage	extreme Nachfrage	Nachfrage wechselt stark

Tabelle 14 weist ausdrücklich darauf hin, dass das Hauptproblem bei dem Verkauf von Wertholz auf einer Submission ein Mangel an Qualität und Dimension ist. Als Resümee wird gezogen, dass das Angebot an guten Qualitäten aktuell rückläufig ist. Bei der Rubrik Nachfrage fallen die Angaben für die einzelnen Baumarten sehr unterschiedlich aus („extreme Nachfrage“ bis hin zu „kaum gesucht“). Wie schon oben erwähnt bewirken auf dem Wertholzmarkt schnell wechselnde Modetrends stark schwankende Nachfragen und dadurch auch schwankende Erlöse. Um dieser Situation zu begegnen ist es deshalb ratsam auf Betriebsebene zu diversifizieren. Diversität bezieht sich dabei auf Baumarten und Altersstruktur der Bäume. Dadurch kann flexibler auf aktuelle Marktlagen reagiert werden. Agroforstsysteme bieten hierfür beste Voraussetzungen. Da in Agroforstsystemen die Werträger in so gewählten Abständen wachsen, dass sie gegenseitig nicht in Konkurrenz treten, ist innerhalb eines Systems der Anbau in Einzelmischung ohne Einschränkung möglich. Ebenso verursachen dadurch starke Alters- und damit auch Höhenunterschiede zwischen den Bäumen keine negativen Auswirkungen auf das Baumwachstum. Neben der größeren Flexibilität bewirkt die Diversifizierung gleichzeitig eine Reduktion des Risikos von großen Ausfällen aufgrund von Schädlingen oder Krankheiten.

### 6.2.8.1 Kosten- Erlös- Kalkulation

Den möglichen Erlösen aus der Wertholzproduktion werden im Folgenden die Kosten, die während der Erziehung der Wertholzträger anfallen gegenübergestellt. Es soll transparent dargestellt werden, welche Kostenfaktoren auftreten und welches Gewicht sie haben. Da Agroforstsysteme sehr individuell gestaltbar sind (Baumzahl/ha, Verteilung der Bäume auf der Fläche, Baumart...) sind in Tabelle 15 jeweils die Kosten je Baum angeführt. Da einzelne Kostenstellen je nach Baumart variieren, wurde stets der obere Kostenbereich (z.B. bei den Pflanzgutkosten) kalkulatorisch angesetzt, um eine Unterschätzung der Kosten zu vermeiden. Material- und Arbeitskosten wurden aus aktuellen Preislisten verschiedener Baumschulen und den Verrechnungssätzen des



Maschinenrings Breisgau entnommen (siehe Literaturangaben).

Nach 60-jähriger Produktionszeit, nachdem die Wertholzbäume ihre Zieldimension erreicht haben, sind je Baum mit Gesamtkosten von ca. 245 € zu rechnen (Tabelle 15). Für den Bewirtschafter ist nun entscheidend wie viel Erlös nach 60 Jahren den investierten Kosten gegenübersteht. Im Weiteren wird deshalb der zu erwartende Erlös je Baum unter Berücksichtigung geltender Preise dargestellt.

Bei einem unterstellten Zieldurchmesser von 60 cm (in 1,3 m Höhe) und einem astfreien Wertholzabschnitt mit 10 m Länge und einer Baumhöhe von 30 m fallen 2,5 m<sup>3</sup> Wertholz und ca. 3,5 m<sup>3</sup> Kronenholz an<sup>2</sup>.

Setzt man für das Wertholz einen Erlös von 800 €/m<sup>3</sup> an, so ergeben sich je Baum 2000 € Einnahmen allein durch das astfreie Stammstück. Wird das restliche Kronenmaterial als Brennholz an der Waldstraße verkauft, können nach aktuellen Holzpreisen etwa 30 €/m<sup>3</sup> erzielt werden (Amt für Waldwirtschaft, Ortenaukreis 2010). Somit entspräche der Gesamterlös je Baum nach 60 Jahren 2105 €. Nach Abzug der angefallenen Kosten von 243,88 € (siehe Tabelle 15) ergibt sich in diesem Rechenbeispiel ein Nettoerlös von 1861,12 € je Baum.

---

<sup>2</sup> Volumenwert für Wertholzvolumen mit Vorgaben: astfreie Schaftlänge=10m, BHD=60cm, 1 cm Abholzigkeit.

Volumenwert Kronenholz (Derbholz mit Rinde) wurde mit Hilfe des Biomasseexpansionsfaktors G1,3m nach Grote et al. 2009 und der Baumartspezifischen Raumdichte berechnet (Wertebereich 3,3 bis 3,8 m<sup>3</sup> gilt für Esche, Ahorn, Kirsche).

Tabelle 15: Kostenrechnung für die Wertholzproduktion (Angabe von Kosten je Baum)

Kostenstellen	Entscheidende Faktoren	Annahmen	Zinsentgang (3% Zinssatz)		Gesamtkosten je Pflanze	
			Kosten je Pflanze	Zinssatz je Pflanze		
Pflanzgutkosten	Baumart und Sortiment	Sortiment: Höhe 120/150-180cm (meist 1+2)	7,00 €	41,24 €	48,24 €	
<b>Zwischensumme Pflanzgutkosten</b>			<b>7,00 €</b>	<b>41,24 €</b>	<b>48,24 €</b>	
Pflanzkosten	Zeitaufwand und Einzelschutz	Zeitaufwand je Baum: 0,25 h Arbeitskraft: 19 €/h Einzelschutz: Fegeschutzspiralen 90 cm lang 100 Stk= 57€ Erdbohrer 8€/Stunde	4,75 €	27,99 €	32,74 €	
			0,57 €	3,36 €	3,93 €	
			2,00 €	11,78 €	13,78 €	
<b>Zwischensumme Pflanzkosten</b>			<b>7,32 €</b>	<b>43,13 €</b>	<b>50,45 €</b>	
Pflegekosten	Ästung	Zeitaufwand je Baum: 1h Arbeitskraft: 19 €/h ca. nach dem 3. Standjahr ca. nach dem 7. Standjahr ca. nach dem 10. Standjahr ca. nach dem 13. Standjahr	0,25h 0,25h 0,25h 0,25h	4,75 € 4,75 € 4,75 € 4,75 €	25,61 € 22,75 € 20,82 € 19,06 €	30,36 € 27,50 € 25,57 € 23,81 €
<b>Zwischensumme Pflegekosten</b>			<b>19,00 €</b>	<b>88,24 €</b>	<b>107,24 €</b>	
Erntekosten	Fällen und Rücken	Zeit für Fällung+Rücken je Baum: 0,5h Preise laut Maschinenring Breisgau (2010) Motorsäge mit Mann je h Schlepper 100PS je h: Fahrer für Schlepper je h	28,00 € 28,90 € 19,00 €	14,00 € 14,45 € 9,50 €		
<b>Zwischensumme Erntekosten</b>			<b>37,95 €</b>	<b>- €</b>	<b>37,95 €</b>	
<b>Kosten je Baum nach Ernte (nach 60 Jahren Standzeit)</b>			<b>71,27 €</b>			
<b>Zinsentgang bei 3% Zins und 60 jähriger Umtriebszeit je Baum</b>				<b>172,61 €</b>		
<b>Gesamtkosten je Baum nach 60 jähriger Umtriebszeit</b>					<b>243,88 €</b>	



## 6.2.9 Fazit

Anhand der dargestellten Kosten-Erlössituation lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die Erziehung von Edellaubhölzern zur Wertholzproduktion ist ökonomisch rentabel. Trotz langer Produktionszeit und je Einzelbaum hohen Investitionskosten ergibt sich ein positiver Deckungsbeitrag. Dies wäre auch bei weitaus niedriger angesetztem Erlös je Kubikmeter Wertholz der Fall.
- der Erlös aus dem Wertholzabschnitt macht am Ende der Produktionszeit den weitaus größten Teil des Gesamterlöses je Baum aus. In unserem Szenario erbringt das astfreie Stammstück 95 % der Gesamteinnahmen. Dies bestätigt auf beeindruckende Art, dass die Ästungsmaßnahmen für den späteren ökonomischen Erfolg unerlässlich sind und sich rechnen.
- Großen Einfluss auf die kalkulatorischen Kosten hat aufgrund der langen Produktionszeit der unterstellte Zinsentgang. Bei der Einnahmenseite sind die erzielten Wertholzpreise je Kubikmeter maßgebend. Diese unterliegen wie oben dargestellt starken zeitlichen Schwankungen. Durch Anstreben bester Qualität und Diversifikation der Baumarten kann diesen Schwankungen entgegengewirkt werden.
- Da Markt- und Preisentwicklungen in den für die Wertholzproduktion relevanten Zeiträumen nicht prognostiziert werden können sind solch modellhafte Kalkulationen stets unter Vorbehalt zu betrachten.

Die durchgeführten Berechnungen beziehen sich speziell auf die Wertholzproduktion mit Einzelbaumbetrachtung. Tabelle 16 zeigt eine Hochrechnung auf ein mögliches Agroforstsystem. Bei 15 % Flächeninanspruchnahme durch die Wertholzträger werden auf das Jahr umgerechnet 1,5 m<sup>3</sup> Wertholz und 2 m<sup>3</sup> sonstiges Derbh Holz je ha produziert. Das heißt, dass bei gestaffelter Altersstruktur der Wertholzträger jedes zweite Jahr ein Baum je ha mit Zieldimension geerntet werden kann.

Ob der Ertrag aus den 15 % Wertholzfläche, den ökonomischen Ausfall dadurch, dass diese Fläche dem Ackerbau entzogen wird kompensieren und ggf. übertreffen kann hängt wiederum von verschiedenen Faktoren ab. Wie schon bei der einzelbaumweisen Betrachtung (Tabelle 15) ist das Preisniveau des Wertolzmarktes maßgebend. Des Weiteren beeinflusst die Standortsgüte der Fläche und somit das landwirtschaftliche Ertragspotential die Wirtschaftlichkeit der Wertholzproduktion im Vergleich zur landwirtschaftlichen Produktion (Vergleiche hierzu die Ergebnisse in AP3). Neben dem Flächenentzug durch die Wertholzstreifen ist außerdem der Einfluss zunehmender Beschattung mit zunehmender Baumgröße auf den Ertrag der landwirtschaftlichen Kulturen zu berücksichtigen. Je nach angebaute Kultursorte und klimatischen Bedingungen muss sich eine mäßige Beschattung jedoch nicht zwangsläufig ertragsmindernd auswirken. Außerdem können begünstigende Auswirkungen der Wertholzträger (Erosionsminderung, Verdunstungsschutz) mögliche ertragsmindernde Effekte der Beschattung ausgleichen.



Tabelle 16: Beispielrechnung für Wertholzproduktion in einem Agroforstsystem (Angaben je ha)

Vorgaben	Einheit
Breite Baumstreifen	3 m
Länge Baumstreifen bei 1 ha	100 m
Fläche Baumstreifen bei 1 ha:	300 m <sup>2</sup>
Streifen/ha	5 Stk.
Bearbeitungsbreite der sich daraus ergebenden 4 landwirtschaftlichen Bereiche	21,25 m
Fläche 5Streifen/ha	1500 m <sup>2</sup>
Fläche landwirtschaftliche Nutzung/ha	8500 m <sup>2</sup>
Produktionsziel	60cm Bhd, 10m astfreie Schaftlänge in 60 Jahren
Baumabstand <sup>3</sup>	60cm x 25 = 15m
Bäume je Streifen	6,7 => 7 Stk.
Bäume je ha bei 5 Streifen	35 Stk.
<b>Nach 60 Jahren produziertes Holzvolumen</b>	
Wertholzvolumen je Baum bei 1 cm Abholzigkeit	2,5 m <sup>3</sup>
Wertholzvolumen je ha	87,4 m <sup>3</sup>
Produziertes Wertholzvolumen je Jahr und Hektar	1,5 m <sup>3</sup> /a ha
Sonstiges Derbholz je Baum	3,5 m <sup>3</sup>
Sonstiges Derbholz je ha	122,5 m <sup>3</sup>
Produziertes sonstiges Derbholz je Jahr und Hektar	2,0 m <sup>3</sup> /a ha

**Bei einem solchen System von 1ha Größe, kann bei gestaffelter, ungleichaltriger Baumzusammensetzung jedes zweite Jahr mindesten 1 Baum mit Zieldimension geerntet werden.**

**Die Wertholzstreifen nehmen dabei 15 % der Gesamtfläche in Anspruch.  
Die restlichen 85% der Fläche können gleichzeitig landwirtschaftlich genutzt werden.**

<sup>3</sup> Faustregel für den Baumabstand bei Laubbäumen (Zieldurchmesser X 25 = Baumabstand) (Spiecker und Spiecker 1988; Hein und Spiecker 2009)



## 6.2.10 Ökonomische Betrachtung von mit Pappeln bestockten Kurzumtriebsflächen

Die Bewirtschaftung von Kurzumtriebsplantagen hängt von einer Vielzahl von variablen Einflussgrößen ab, die sich sehr stark unterscheiden können. Aus diesem Grund sollen hier einige Szenarien mit unterschiedlichen Eingangswerten präsentiert werden, die genau diese Heterogenität aufzeigen soll.

### 6.2.10.1 I. Kosten

Die Kosten, die im Zusammenhang mit Kurzumtriebsplantagen zu beachten sind setzen sich aus den folgenden Bausteinen zusammen:

1. Anlagekosten
2. Pflegekosten
3. Erntekosten
4. Rekultivierungskosten
5. Allgemeine Kosten
6. Transport

#### 1. Anlagekosten

Die Anlage einer Kurzumtriebsfläche beginnt normalerweise mit dem Ausbringen eines Voraufmittels im Herbst vor der Pflanzung. Danach wird die Fläche gepflügt und vor dem Abstecken im Frühjahr noch einmal geeeggt. Alternativ kann das Voraufmittel anstatt im Herbst auch im Frühjahr einige Tage vor der Pflanzung ausgebracht werden. Danach ist die Pflanzbettvorbereitung abgeschlossen und die Pflanzung kann erfolgen.

Die Pflanzgutkosten hängen stark von der Größe des Pflanzmaterials aus, am meisten gebräuchlich sind jedoch Stecklinge (Länge 20cm). Der Preis schwankt hier je nach abgenommener Menge, Klon und Bezugsquelle zwischen 0,08 €/Stck. (HOFMANN 1998) und 0,3 €/Stck. (BOELCKE 2006). Eine Möglichkeit die Kosten für das Pflanzmaterial zu reduzieren besteht in der Nutzung eigener Mutterquartiere. Bestehen solche Voraussetzungen können die Kosten auf 0,04 €/Stck. (HOFMANN 1998) bzw. 0,05 bis 0,08 €/Stck. (VETTER 2002) reduziert werden.

Der Preis für das Pflanzmaterial hängt eng mit den benötigten Stecklingszahlen zusammen, die wiederum über den Pflanzverband festgelegt werden. Bedingt durch die große Zahl an verschiedenen Pflanzverbänden sind wiederum sehr große Unterschiede bezüglich der benötigten Menge an Stecklingen möglich.

Beispielhaft soll dies an besonders weiten und engen Pflanzverbänden und den damit einhergehenden Kosten gezeigt werden.



Tabelle 17: Verschiedene Pflanzverbände und ihre Pflanzgutkosten

Abstand in der Reihe [m]	Reihenabstand [m]	Stück/ha		Kosten bei 0,08€/Stück [€]	
		einreihig	zweireihig	einreihig	zweireihig
0,35	2,5	11.429	17.582	914,29	1.406,59
0,50	2,5	8.000	12.308	640,00	984,62
0,75	2,5	5.333	8.205	426,67	656,41
1,00	2,5	4.000	6.154	320,00	492,31
2,00	2,5	2.000	4.103	160,00	246,15

In Tabelle 17 sind die extremen Unterschiede zwischen einer weniger dichten Bepflanzung im einreihigen 2m x 2,5m- Pflanzverband für Plantagen mit längeren Umtriebszeiten und einer besonders eng stehenden doppelreihigen Variante im 0,35m x 2,5m Pflanzverband, bei der alle zwei bis drei Jahre geerntet wird, deutlich zu sehen. Vergleicht man die daraus resultierenden Pflanzgutkosten fallen fast die 9- fachen Kosten an.

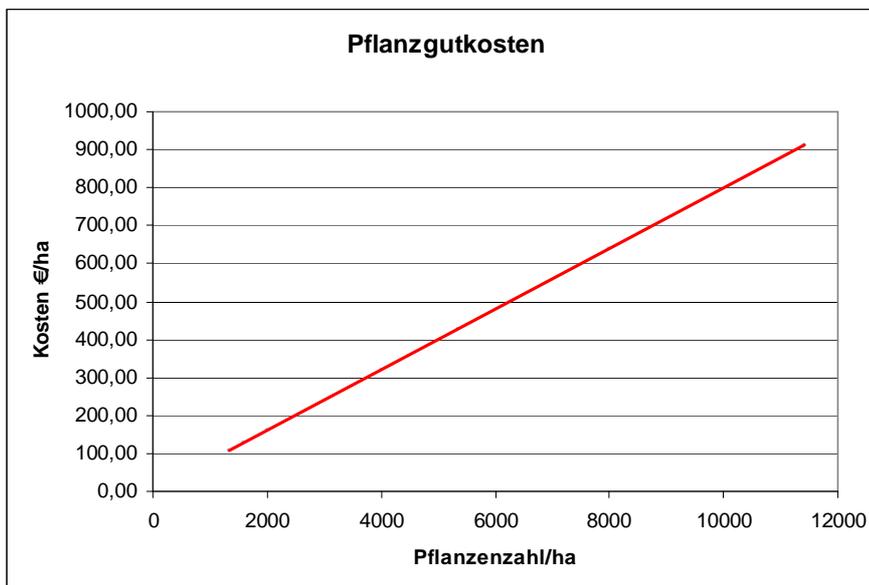


Abbildung 58: Zunahme der Pflanzgutkosten mit zunehmender Pflanzzahl

In Abbildung 58 sind die Kosten für verschiedene Pflanzzahlen dargestellt. Hier wird deutlich wie stark sich die Kosten unterscheiden können. Berücksichtigt man, dass die Kosten des Pflanzgutes



einen elementaren Bestandteil bei der ökonomischen Betrachtung des Systems darstellen, sollte die Pflanzanzahl pro Hektar auch hinsichtlich dieses Aspektes geprüft werden.

Ein weiterer wichtiger Kostenfaktor ist die Pflanzung, die sowohl von den Stückzahlen des Pflanzgutes wie auch von der eingesetzten Technik beeinflusst werden. OHRNER (2005) veranschlagt 200 €/ha für die Pflanzung von 14.000 Stecklingen wohingegen BURGER (2004) denselben Betrag für die Pflanzung von 5.000 Stck./ha veranschlagt. VETTER (2002) schließlich kalkuliert mit 562 €/ha bei lediglich 12.000 Stecklingen.

Die teils großen Diskrepanzen sind vor allem auf die eingesetzte Pflanztechnik und deren Verfügbarkeit vor Ort zurückzuführen.

Tabelle 18: Pflanzverbände und ihre Pflanzkosten (HOFMANN 1998)

<b>Pflanzverband</b> [m]	<b>Stückzahl</b>	<b>Maschinenkosten</b> [€/ha]	<b>Lohnkosten</b> [€/ha]	<b>Gesamtkosten</b> [€/ha]
1,0 x 0,6	16.666	95	145	240
3,0 x 2,0	1.666	45	55	100

Ist im Gebiet der Kurzumtriebsfläche mit erhöhtem Verbissdruck zu rechnen müssen Schutzmaßnahmen in betracht gezogen werden. Für große Flächen rechnet sich eine Zäunung nicht, da die Kosten zu hoch wären und auch schon bei Flächengrößen von 1ha kann bei einem ungünstigen Flächenschnitt die Zäunung mit über 1.500 € (bei Kosten von 2,6 €/lfm (HOFMANN 2002)) bzw. sogar über 3.400 € (bei Kosten von 6,0 €/lfm (KÖCKRITZ 2009)) zu Buche schlagen (siehe Tabelle 18). Ohne Kontroll-, Reparatur- und Abbaukosten! Stark abhängig ist der Preis davon ob ein Wildzaun oder ein landwirtschaftlicher Elektrozaun verwendet wird.

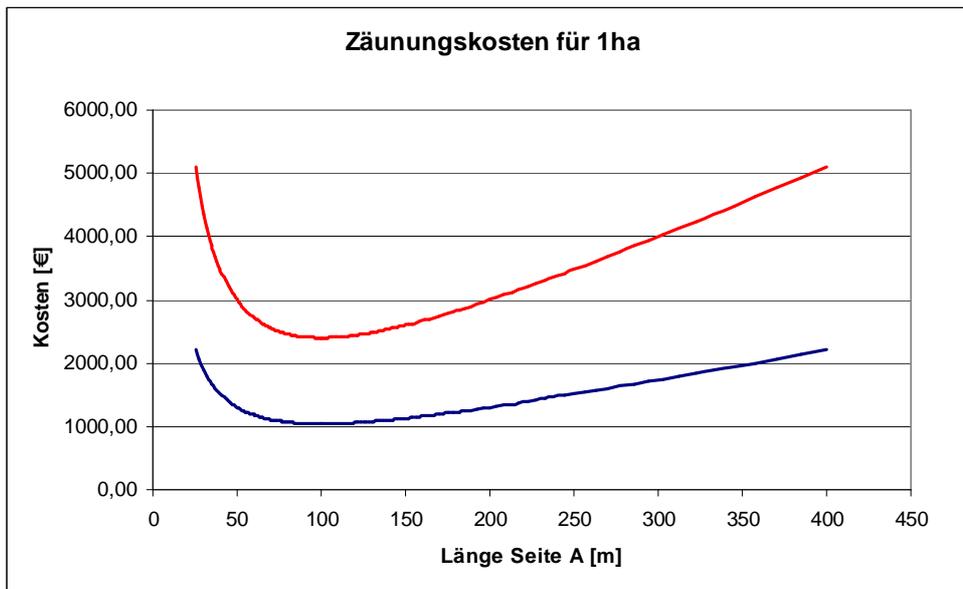


Abbildung 59: Entwicklung der Zäunungskosten (für eine Fläche von 1 ha) bei zunehmender Länge einer Seite

Tabelle 19: Entwicklung der Zäunungskosten für zwei unterschiedliche Szenarien

Seite A [m]	Seite B [m]	Umfang [m]	Szenario 1	Szenario 2
			Kosten bei 2,60 €/lfm [€]	Kosten bei 6 €/lfm [€]
50	200	500,00	1300,00	3000,00
100	100	400,00	1040,00	2400,00
250	40	580,00	1508,00	3480,00

Wie an Abbildung 59 deutlich zu erkennen ist, wäre die Idealform aus monetärer Sicht ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 100 m. Je weiter man von dieser Idealform abweicht und je kleiner eine Seite des Rechtecks wird, desto höher werden die Zäunungskosten ausfallen.

## 2. Pflegekosten

Die Pflegekosten sind vor allem im Jahr der Flächenanlage zu berücksichtigen sowie in den Jahren direkt nach der Ernte, da in diesen Jahren die Begleitvegetation die größte Konkurrenz darstellt. HEIß (2005) gibt den Zeitbedarf für die Pflege im ersten Jahr mit 4,5 h/ha an. In den anderen Jahren ist der Pflegeaufwand als gering einzustufen und je nach Situation kann auf die Pflege sogar gänzlich verzichtet werden.

Da die Flächenanlage auf zuvor landwirtschaftlich genutzten Flächen erfolgt kann die Düngung in den meisten Fällen unterbleiben. Geht man jedoch von einer langfristigen Nutzung (>20 Jahre) der Fläche als Kurzumtriebsplantage aus sollte eine Düngung in betracht gezogen werden.



Auf Wässerung kann in den meisten Fällen verzichtet werden, auf sehr trockenen Standorten, die für Kurzumtriebsplantagen mit Pappel und Weide als nicht besonders geeignet einzustufen sind, kann sie aber notwendig werden. Auch im Jahr der Pflanzung können Trockenperioden im Frühjahr und Frühsommer eine Gefahr für die Stecklinge bedeuten, so dass auch hier eine Wässerung erfolgen sollte.

Schädlinge (v.a. Pappelblattkäfer, Pappelbock, Weidenblattkäfer, Mäuse und Rehe) können in Kurzumtriebsplantagen zu deutlichen Ertragseinbußen führen. Die Bekämpfung ist in den hier vorgestellten ökonomischen Betrachtungen nicht berücksichtigt worden, da es sich um Sonderfälle handelt. Lediglich die Kosten für eine Zäunung sind angegeben.

### 3. Erntekosten

Die Erntekosten sind als wichtiger Kostenfaktor ebenfalls stark abhängig von der Umtriebszeit und den dadurch produzierten Durchmesserstärken. Ist bei kleineren Durchmesserklassen der Einsatz von „mähenden“ Erntemaschinen wie z.B. dem Claas Jaguar mit Gehölz- Mähacker möglich, kommen bei stärkeren Durchmessern motormanuelle Verfahren oder aus der Forsttechnik bekannte maschinelle Ernteverfahren zum Einsatz. Dazu kommen stark unterschiedliche Erntemengen. Setzt man einen durchschnittlichen Biomasseertrag von  $10 t_{\text{atro}}/\text{ha} \cdot \text{a}$  voraus, fallen nach einer zweijährigen Rotationszeit 20 t und einer vierjährigen Rotationszeit 40 t an. Dass hier Hektarwerte nur in Kombination mit Masseangaben Sinn machen ist nahe liegend.

Die zuvor genannten Faktoren führen zu stark unterschiedlichen Angaben bezüglich der Kosten die sich in der Fachliteratur wieder finden. Für die Ernte incl. Hacken gibt VETTER (2005) Kosten von 112 €/ha an wohingegen SCHNEIDER (2002) mit 512 €/ha kalkuliert.

Burger (2005) vergleicht in seiner Arbeit die Erntekosten von verschiedenen Ernteverfahren (Tabelle 20). Mit deutlichem Abstand am Günstigsten ist der Gehölzmähacker der in diesem Fall Kosten von 28,08 €/t TM verursacht und damit weit unter dem Niveau der beiden anderen Ernteverfahren bleibt.

Tabelle 20: Kosten und Leistung verschiedener Ernteverfahren bei 5 Jahre alten Beständen (BURGER 2005)

Verfahren	Kosten		Systemleistung	
	€/Srm	€/t TM	T FM/h	Srm/h
Fällen - Vorkonzentrieren - Hacken	8,89	59,41	2,01	ca. 5
Gehölzmähacker	4,25	28,08	7,60	ca. 20
Fällerbündler - Rücken - Hacken	9,40	68,65	3,96	ca. 11



Da diese Gehölmäh Hacker jedoch einen maximalen Einlass von 70 mm (RÖHRICHT 2009) müssen für stärkere Durchmesser andere Erntesysteme gewählt werden. BOELCKE (2006) empfiehlt für 10-20cm dicke Pappeln aus der Forsttechnik bekannte Maschinen wie Harvester und rät von motormanueller Ernte ab. HEIß (2005) beziffert die manuellen Erntekosten (Motorsäge und Häcksler) auf 500 €/ha ohne weitere Angaben der Erntemenge und geht von 1326 €/ha bei der vollautomatischen Ernte (inkl. Bereitstellungskosten) aus. Da die Kosten bei der manuellen Ernte pro ha auch bei größeren Flächen gleich bleiben, sich jedoch die Kosten der vollautomatischen Ernte auf Grund der hohen Fixkosten mit zunehmender Flächengröße senken ergibt sich nach seinen Angaben bei 10 ha der „Break Even Point“, ab dem die Erntekosten der Maschine auf 500 €/ha sinken und der Einsatz der Maschine günstiger wird als eine motormanuelle Ernte.

Generell sollte man bei der professionellen Ernte mit einem Gehölmäh Hacker die Kosten mit in Abhängigkeit der Erntemenge beziffern, da pauschale Hektarkosten nicht sinnvoll erscheinen. Zudem sollte eine anfahrtspauschale in Höhe von etwa 500 € berücksichtigt werden.

#### 4. Rekultivierungskosten

Die Rückumwandlung der Kurzumtriebsplantagen sollte in Kostenberechnungen ebenfalls Berücksichtigung finden, da dadurch der Ausgangszustand wieder hergestellt wird und ein Vergleich mit einjährigen landwirtschaftlichen Kulturen vereinfacht ist. Als Richtwert sind hier Kosten von 1.023 €/ha (VETTER 2002) bis 1.263 €/ha (SCHWEINLE 2008) zu verwenden.

#### 5. Allgemeine Kosten

Betrachtet man eine Kurzumtriebsplantage von der monetären Seite als Teil des gesamten Landwirtschaftssystems, müssen zahlreiche zusätzliche Kostenpunkte mit berücksichtigt werden.

Dazu gehören:

- Flächenkosten (Pacht und Zahlungsansprüche)
- Gemeinkosten (Buchführung, Berufsgenossenschaft, ...)
- Gebäudekosten (z.B. Maschinenhalle)
- Fixkosten Maschinen

Da diese Kosten sehr stark von der individuellen Situation der Landwirte abhängig sind und aus diesem Grund stark variieren können, werden in den Kostenrechnungen im Folgenden nur Flächen- und Gemeinkosten pauschal übernommen.

#### 6. Transport

Der Transport und die damit verbundenen Kosten sollten in den monetären Betrachtungen unbedingt mit einfließen, da die Nähe von Abnehmern für das produzierte Hackgut einen elementaren Einfluss auf die Kosten hat. Optimaler Weise sind die Abnehmer die Landwirte selbst oder in der nächsten Umgebung der Plantage angesiedelt. Entfernungen von über 20 km lassen die Kosten so stark ansteigen, dass ein Verkauf unrentabel wird. Aus diesem Grund ist die Klärung der Abnehmerfrage ein wichtiges Element bei der ökonomischen Planung einer Kurzumtriebsplantage. Darüber hinaus ist,



je nach Abnehmer, eine eventuelle Zwischenlagerung noch zu berücksichtigen, auf die in den hier vorgestellten Szenarien aber nicht näher eingegangen werden soll.

### 6.2.10.2 Erlöse

Auf Seiten der Erlöse sind neben den Verkaufserlösen noch die Prämien für die Flächenstilllegung bzw. die Prämien aus den Zahlungsansprüchen zu berücksichtigen. Diese können laut Röhricht (2009) mit 350 €/ha\*a veranschlagt werden.

Die Erlöse sind grundsätzlich stark vom Zielprodukt der Kurzumtriebsplantage abhängig. Dabei sollte man grundsätzlich zwischen den zwei folgenden Zielprodukten unterscheiden (Tabelle 21):

Tabelle 21: Zielprodukte und Verwendung von Pappelholz aus Kurzumtriebsplantagen

Zielprodukt	Verwendung
Energieholz	Hackschnitzel, Pellets, bedingt Scheitholz
Industrieholz	Zellstoff, Spanplatte

### 1. Energieholz

In Abbildung 60 sieht man die seit dem Jahr 2003 fast kontinuierlich ansteigenden Preise für Hackschnitzel. Durch diese Entwicklung wird die Produktion von holziger Biomasse zunehmend attraktiver und wird im Vergleich zu herkömmlichen Nutzungen konkurrenzfähiger.

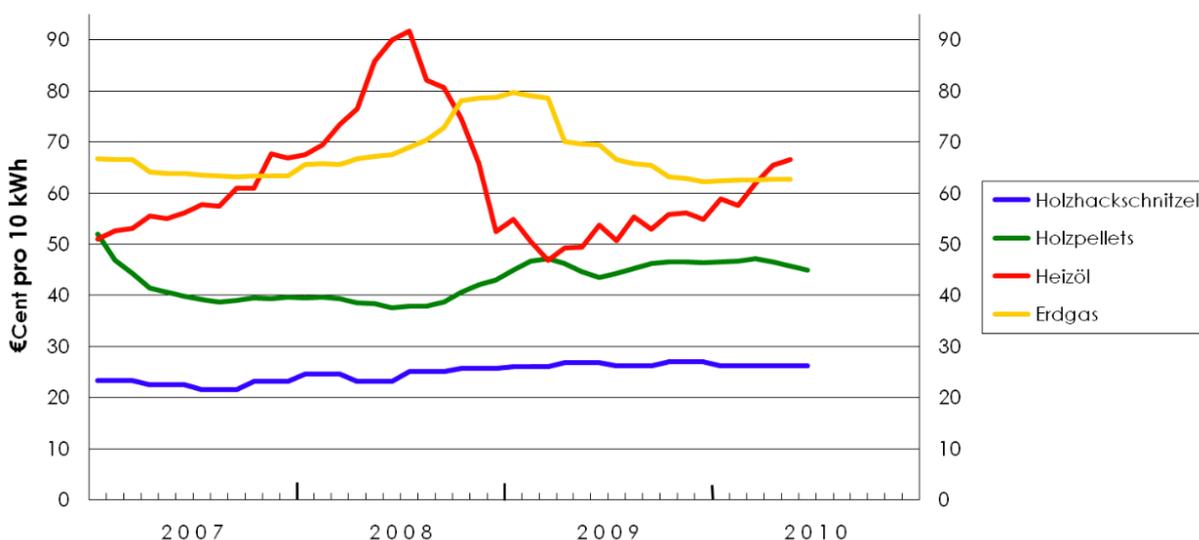


Abbildung 60: Preisentwicklung bei Holz hackschnitzeln, Holz pellets, Heizöl und Erdgas in den Jahren 2003-2010 (CARMEN 2010)



Durch die gestiegene Nachfrage der letzten Jahre konnten sich die Preise für Hackschnitzel auf einem Niveau von etwa 80 € einpendeln (siehe Abbildung 61). Dieser Preis wird sich in den nächsten Jahren tendenziell weiter stabilisieren eventuell sogar positiv zu Gunsten der Produzenten von Holzhackschnitzeln entwickeln.

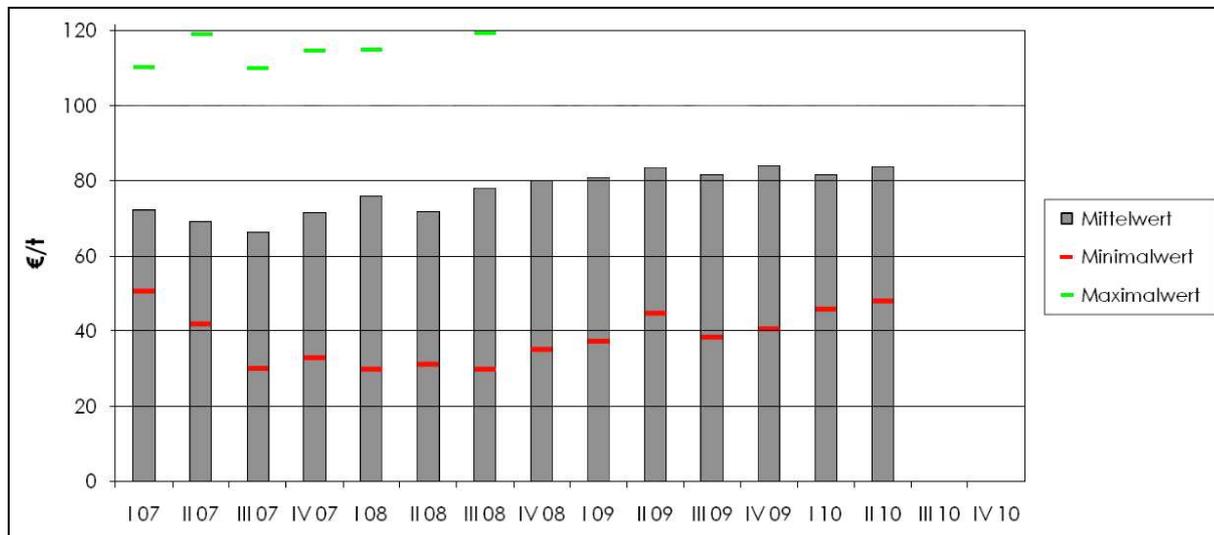


Abbildung 61: Waldhackschnitzelpreise in den Jahren 2007-2010 (WG35; Lieferung von 80 Srm im Umkreis von 20km; alles inklusive) (CARMEN 2010)

## 2. Industrieholz

Während die Produktion von Energieholz in allen Umtriebszeiten von 2-20 Jahren realisiert werden kann, sind zur Produktion von Industrieholz je nach Standort Umtriebszeiten von minimal 5 Jahren und entsprechende geringe Pflanzabstände notwendig.

Tabelle 22: Die aktuellen Industrieholzpreise für Pappel und Weide betragen laut Landesbetrieb NRW (2010):

Baumart	€/FM ohne Rinde	€/t atro
Pappel, Weide	21,00-24,00 <sup>1</sup>	50,40-57,60 <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Preise verstehen sich als Einkaufspreise frei Waldstraße

Da Industrieholz im Gegensatz zu Energieholz Mindestanforderungen bezüglich der Zopfstärken erfüllen muss, sind zur Produktion längere Umtriebszeiten (> ca 10 Jahre) nötig. Da diese in direkter Nähe zu den Wertholzträgern aus Gründen der Konkurrenzvermeidung nicht gepflanzt werden sollen, wird im Weiteren von einer Nutzung des produzierten Holzes als Energieholz ausgegangen.

Im Folgenden soll ein Szenarienvergleich die unterschiedlichen Ausgangspunkte für die Berechnung der Kosten- und Erlösstruktur dargestellt werden. Gesetzte Werte sind in Tabelle 23 aufgeführt.



Tabelle 23: Wichtige Einflussgrößen für die monetäre Bewertung von Kurzumtriebsflächen

<b>Vorrausgesetzt sei:</b>		
Stecklingszahl:	10000	Stück/ha
Leistung	12	t TM/(ha*a)
Standzeit	18	Jahre
Umtriebsdauer	3	Jahre
Ertrag über gesamte Dauer	216	t TM/ha
Anzahl Rotationen	6	---
Preis für Hackschnitzel	80	€/t TM
Transport	15	km
Zinssatz	4	%

Basierend auf Literaturwerten wurden einerseits die minimalen und maximalen Kosten, andererseits die Mittelwerte aus den beiden Extremen berechnet. Diese sind in den folgenden Tabelle 24 bis Tabelle 26 als Szenario 1-3 dargestellt.

Tabelle 24: Szenario 1: „Minimal“

Kostenfaktor	Einzelkosten pro Maßnahme [€/ha]	Quelle	Anzahl <sup>1</sup>	Gesamtkosten <sup>1</sup> [€/ha]	Jahreskosten [€/(ha*a)]	Kosten pro Ernteeinheit [€/t TM]
<b>1. Anlagekosten</b>						
Unkrautbekämpfung	36	Burger 2004	1	36	2,00	0,17
Pflügen	72	Röhricht 2004	1	72	4,00	0,33
Saatbettbereitung	20	Röhricht 2004	1	20	1,11	0,09
Pflanzgut <sup>2</sup>	800	Hofmann 1998	1	800	44,44	3,70
Pflanzung	240	Hofmann 1998	1	240	13,33	1,11
Schutz (Zaun)	724	Röhricht 2009	1	724	40,22	3,35
<b>2. Pflegekosten</b>						
Unkrautbekämpfung	18	Vetter 2002	5	90	5,00	0,42
Düngung	25	Vetter 2002	5	125	6,94	0,58
<b>3. Erntekosten</b>						
Ernte	112	Vetter 2002	6	672	37,33	3,11
Transport [€/t TM]	5,00	Unselde 2010	6	1080,00	60,00	5,00
<b>4. Rekultivierungskosten</b>						
Rekultivierung	307	Röhricht 2004	1	307	17,06	1,42
<b>5. Allgemeine Kosten</b>						
Flächenkosten	163	Röhricht 2009	18	2934	163,00	13,58
Gemeinkosten (Betriebsführung, Verwaltung)	179	Röhricht 2004	18	3222	179,00	14,92

<sup>1</sup>Bezogen auf die gesamte Nutzungsdauer<sup>2</sup>ohne Eigenwerbung

Tabelle 25: Szenario 2: „Maximal“

Kostenfaktor	Einzelkosten pro Maßnahme [€/ha]	Quelle	Anzahl <sup>1</sup>	Gesamtkosten <sup>1</sup> [€/ha]	Jahreskosten [€/(ha*a)]	Kosten pro Ernteeinheit [€/t TM]
<b>1. Anlagekosten</b>						
Unkrautbekämpfung	80	Hofmann 1998	1	80	4,44	0,37
Pflügen	90	Hofmann 1998	1	90	5,00	0,42
Saatbettbereitung	41	Burger 2004	1	41	2,28	0,19
Pflanzgut <sup>2</sup>	3000	Boelcke 2006	1	3000	166,67	13,89
Pflanzung	562	Vetter 2002	1	562	31,22	2,60
Schutz (Zaun)	2400	Köckritz 2009	1	2400	133,33	11,11
<b>2. Pflegekosten</b>						
Unkrautbekämpfung	51	Röhricht 2004	5	255	14,17	1,18
Düngung	307	Röhricht 2004	5	1535	85,28	7,11
<b>3. Erntekosten</b>						
Ernte	1010,88	Burger 2004	6	6065,28	336,96	28,08
Transport [€/t TM]	10,00	Hofmann 2009	6	2160,00	120,00	10,00
<b>4. Rekultivierungskosten</b>						
Rekultivierung	1550	Hofmann 1998	1	1550	86,11	7,18
<b>5. Allgemeine Kosten</b>						
Flächenkosten	179	Röhricht 2004	18	3222	179,00	14,92
Gemeinkosten (Betriebsführung, Verwaltung)	200	Röhricht 2009	18	3600	200,00	16,67

<sup>1</sup>Bezogen auf die gesamte Nutzungsdauer<sup>2</sup>ohne Eigenwerbung

Tabelle 26: Szenario 3: „Mittelwert“

Kostenfaktor	Einzelkosten pro Maßnahme [€/ha]	Anzahl <sup>1</sup>	Gesamtkosten <sup>1</sup> [€/ha]	Jahreskosten [€/(ha*a)]	Kosten pro Ernteeinheit [€/t TM]
<b>1. Anlagekosten</b>					
Unkrautbekämpfung	58	1	58,00	3,22	0,27
Pflügen	81	1	81,00	4,50	0,38
Saatbettbereitung	30,5	1	30,50	1,69	0,14
Pflanzgut <sup>2</sup>	1900	1	1900,00	105,56	8,80
Pflanzung	401	1	401,00	22,28	1,86
Schutz (Zaun)	1562	1	1562,00	86,78	7,23
<b>2. Pflegekosten</b>					
Unkrautbekämpfung	34,50	5	172,5	9,58	0,80
Düngung	166,00	5	830	46,11	3,84
<b>3. Erntekosten</b>					
Ernte	561,44	6	3368,64	187,15	15,60
Transport [€/t TM]	7,50	6	1620,00	90,00	7,50
<b>4. Rekultivierungskosten</b>					
Rekultivierung	928,50	1	928,50	51,58	4,30
<b>5. Allgemeine Kosten</b>					
Flächenkosten	171,00	18	3078,00	171,00	14,25
Gemeinkosten (Betriebsführung, Verwaltung)	189,50	18	3411,00	189,50	15,79

<sup>1</sup>Bezogen auf die gesamte Nutzungsdauer<sup>2</sup>ohne Eigenwerbung



Basierend auf dem Mittelwert dieser Ausgangsdaten wurden weitere Berechnungen durchgeführt (siehe Tabelle 27). Bei einem Zinssatz von 4% belaufen sich die gesamten Kosten auf 25.244,99 €. Dem gegenüber stehen Erlöse aus dem Hackschnitzelverkauf und den Prämien aus den Zahlungsansprüchen von 31.354,18 €. Hierbei wird von einem Marktpreis von 80 €/t TM für Hackschnitzel ausgegangen. Daraus ergibt sich ein Gewinn von 6.109,19 € bzw. 339,40 €/(ha\*a).

Tabelle 27: Kosten- und Erlösstruktur für Szenario 3 „Mittelwert“

<b>Gesamtkosten incl. Zinsen:</b>	
1. Anlagekosten	5.004,78
2. Pflegekosten	306,56
3. Erntekosten	9.759,98
4. Rekultivierungskosten	928,50
5. Allgemeine Kosten	9.245,17
<b>Summe Kosten</b>	<b>25.244,99</b>

<b>Gesamterlöse incl. Zinsen:</b>	
1. Erlöse aus Hackschnitzelverkauf incl. Zinsen	23.660,56
2. Prämien aus Zahlungsansprüchen	7.693,62
<b>Summe Erlöse</b>	<b>31.354,18</b>

<b>Gesamtbilanz</b>	<b>6.109,19 €</b>
(Zinsberücksichtigung <b>mit</b> Flächenprämie):	(dies entspricht: 339,40 €*ha <sup>-1</sup> *a <sup>-1</sup> )
<b>Gesamtbilanz</b>	<b>-1.584,44 €</b>
(Zinsberücksichtigung <b>ohne</b> Flächenprämie):	(dies entspricht: -88,02 €*ha <sup>-1</sup> *a <sup>-1</sup> )

Rechnet man die in Tabelle 27 aufgeführten jährlichen Prämie aus den Zahlungsansprüchen heraus, so ergibt sich sogar ein jährlicher Verlust von 88,02 € pro Hektar.

### 6.2.10.3 Fazit

Die hier gezeigten ökonomischen Betrachtungen zeigen wie gering die Gewinnmargen bei der Bewirtschaftung von Kurzumtriebsplantagen sind. Fallen zusätzliche in den hier gezeigten Berechnungen nicht berücksichtigte Kosten wie z.B. Pestizideinsatz, Zaunbau, Bewässerung oder Düngung an, oder ergeben sich auf Grund von Kalamitäten hohe Ausfälle, kann die Gesamtbilanz schnell negativ ausfallen. Auch werden die hier vorausgesetzten mittleren Erträge von 12 t TM/(ha\*a) nicht auf allen Standorten erreicht, so dass man vor der Anlage einer Kurzumtriebsfläche genau kalkulieren sollte.



## 6.2.11 Ökonomische Machbarkeitsüberprüfungen mit Versuchsflächendaten

*Frieder Seidl, Alexander Möndel*

### 6.2.11.1 Einleitung

Im folgenden Kapitel wird ein Überblick über die ökonomische Machbarkeit von Agroforstsystemen gegeben. Die in AFS angepeilten langen Produktionszeiträume von 40 bis zu 70 Jahren machen eine Prognose der Erlöse sehr schwierig. Sowohl die Erlöse für die landwirtschaftlichen Kulturen als auch für Wertholz lassen sich nicht über einen so langen Zeitraum vorhersagen. Insbesondere die Preise für landwirtschaftliche Produkte unterliegen bekanntermaßen starken Schwankungen. Eine ökonomische Prognose lässt sich daher nur anhand von Modellen treffen und durch entsprechende Szenarien zur Preisentwicklung ergänzen.

Die Berechnungen wurden zunächst an einem Standard-Agroforstsystem durchgeführt. Ergänzend wurden den Berechnungen die Praxisdaten der Agroforstflächen Groß-Zecher und Karlsruhe-Stupferich zugrunde gelegt. Eine Berechnung für die Flächen 1 (Breisach) und 4 (Sinsheim) konnte aufgrund der nicht stattfindenden landwirtschaftlichen Nutzung nicht durchgeführt werden. Auf der Fläche 3 (Blaufelden) werden unterschiedlichste Kulturen zur Saatgutvermehrung angebaut. Dem Modell sind jedoch gängige Ackerkulturen zu Grunde gelegt, für die auch die entsprechenden aktuellen Kalkulationsdaten vorliegen. Daher schied auch diese Praxisfläche für eine Berechnung aus.

### 6.2.11.2 Material und Methoden

Die Berechnungen wurden mit dem im Rahmen des BMBF-Projekts „agroforst - Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung“ entwickelten Excel-Tool *AGFOcalc* (siehe Anhang) durchgeführt. Für die vorliegenden Berechnungen wurde das Programm überarbeitet und mit den Kalkulationsdaten für Marktfrüchte in Baden-Württemberg für das Jahr 2010 (LEL 2010) sowie mit den durchschnittlichen Erlösen für landwirtschaftliche Produkte der letzten acht Jahre auf einen aktuellen Stand gebracht. Für eine Vergleichbarkeit mit reinen Ackerbausystemen wurden die Barwerte der Marktleistungen sowie die durchschnittlich pro Jahr zu erwartende Leistung (Annuität) ermittelt. Hierfür wurde die angenommene Marktleistung entsprechend der Nutzungsdauer diskontiert und verrentet (Annuitätenmethode).

Grundlage der Berechnungen bildet ein Standard-Agroforstsystem mit einer Marktfruchtfolge bestehend aus Anteilen von 50 % Winterweizen, 25 % Wintergerste und 25 % Winterraps sowie der Baumart Kirsche als Wertholzkomponente. Die Produktionszeit beträgt 50 Jahre. Als Referenz dient ein System mit reinem Ackerbau und identischer Fruchtfolge. Der Bereich zwischen den Baumreihen wird in dem Modell in verschiedene Zonen eingeteilt (siehe Abbildung 1). Zone 1 liegt direkt neben den Baumstreifen und hat eine Breite von jeweils 6 Metern. Zone 2 bildet den Mittelstreifen und ist 12 Meter breit. Bei den Erträgen geht man davon aus, dass eine negative Beeinflussung durch Beschattung in Zone 1 ab dem 15. Jahr und in Zone 2 ab dem 20. Jahr stattfindet (siehe Abbildung

62 und Abbildung 63). Dadurch ergibt sich ein Feldstreifen von 24 m Breite, der einer zweifachen Arbeitsbreite von landwirtschaftlichen Maschinen entspricht. Ist der Abstand zwischen den Baumreihen größer, entsteht eine dritte Zone, die über die gesamte Standzeit weitgehend unbeeinflusst von den Bäumen bleibt.



Abbildung 62: Systematische Darstellung zum Einfluss der Wertholzbäume auf die landwirtschaftliche Produktion. (Grafik: M. Brix 2006 Quelle: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. 2009. Wiley-VCH Verlag).

Als Praxisbeispiele wurden die Agroforstflächen in Groß Zecher und Karlsruhe-Stupferich ausgewählt (Beschreibung siehe Kapitel 3.2). Das AFS Groß Zecher befindet sich auf einem minderwertigen Standort (Ackerzahl 25) mit geringen Erträgen (20 dt/ha Roggen). In diesem AFS wird zu einem großen Teil Bergahorn als Wertholzkomponente angebaut. Dieser weist auf dem Standort auch die besten Anwuchserfolge und Zuwächse auf. Daher wurde die Berechnung auf diese Baumart beschränkt. Da auf diesem Standort auch die Zuwächse der Bäume verringert sind, wurde die Produktionszeit auf 57 Jahre heraufgesetzt, um die gewünschten Zieldurchmesser zu erreichen. Auch der Beginn der Ertragsbeeinflussung durch die Wertholzbäume wurde in Zone 1 auf das 20. Standjahr angehoben. Eine weitere Besonderheit ist die Tatsache, dass bei der Anlage des AFS die dreifache Anzahl der vorgesehenen Wertholzbäume gepflanzt wurde. Diese sollen zukünftig entsprechend reduziert werden. Die Berechnungen wurden daher für eine einfache und eine mehrfache Bestockung durchgeführt, um die Auswirkungen dieser Vorgehensweise darzustellen. Das AFS KA-Stupferich wurde auf einem relativ guten Ackerstandort angelegt. Der Abstand zwischen den Baumstreifen wurde mit 30 m entsprechend der vorhandenen Arbeitsbreite etwas größer angelegt. Als Fruchtfolge wurde diejenige aus dem Standard-Agroforstsystem übernommen. In diesem AFS wurden stabilere Baumschutzsysteme (Drahtosen mit Wühlmausschutz, ca. 20 €/Stück) verwendet. Die Berechnung wurde daher zusätzlich für eine einfache Baumschutzvariante (Wuchshülle, 5 €/Stück) durchgeführt, um den Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit aufzuzeigen. Bei den Baumarten wurde zwischen Bergahorn und Kirsche unterschieden.

Bei den Wertholzpreisen wurde von einem mittleren Wert von 750 €/fm für Kirsche und 900 €/fm für Bergahorn ausgegangen. Für das Preisniveau der landwirtschaftlichen Kulturen bilden die Durchschnittspreise in Baden-Württemberg der Jahre 2002 bis 2009 die Basis. Von diesen



Bezugspunkten wurden unterschiedliche Abstufungen berechnet. Es wurden sowohl für die landwirtschaftlichen Kulturen als auch für das Wertholz Berechnungen für ein Preisniveau von 75 %, 125 % und - als Extremwert - mit 200% durchgeführt, um die Auswirkungen von Preisveränderungen auf die Deckungsbeiträge darzustellen. Auch die Diskontierungsrate wurde variiert und die Berechnungen jeweils für einen Zinssatz von 3 % und 4 % durchgeführt. Schwer oder nicht abschätzbare Faktoren, wie technischer Fortschritt oder Prämienzahlungen, wurden nicht berücksichtigt. Wichtige Kostenfaktoren aus landwirtschaftlicher Sicht sind die Kosten für Pflanzmaterial, Baumschutz und die Pflanzung. Daraus ergeben sich je nach Gehölzart und Baumschutz Begründungskosten zwischen 15 und 57 Euro je Baum. Hinzu kommen Risikoabschlag, Kosten für Ästungs- und Pflegearbeiten (auch der Baumstreifen), Zeitzuschläge für landwirtschaftliche Arbeitsgänge und Kosten für die Fällung und Rekultivierung (17 bis 20 Euro pro Baum). Eine zusätzliche Nutzung der Baumstreifen wurde nicht angenommen und anstelle dessen eine Mindestpflege (Mähen/Mulchen) vorausgesetzt. Der Lohnansatz wurde aufgrund des höheren Arbeitszeitaufwandes bei AFS zusätzlich berücksichtigt.

Weitere, den Berechnungen zugrunde gelegte, Rahmendaten sind in Tabelle 28 und Tabelle 29 aufgeführt.

Tabelle 28: Der Berechnung zu Grunde gelegte Faktoren und Werte des Agroforstsystems

	<b>Standard-AFS</b>	<b>Praxisfläche</b>	<b>Praxisfläche</b>
		<b>Groß Zecher</b>	<b>KA-Stupferich</b>
Baumzahl je ha	26	33	21
Baumart	Kirsche	Bergahorn	Kirsche, Bergahorn
Abstand zwischen den Baumstreifen (bis Mitte der Baustreifen)	26 m	28 m	32 m
Erstbestockung (Vielfaches der Zielwertholzträger)	1	3	1
Baumabstand in der Reihe	14,8 m	9,6 m	14,8 m
Breite der Baumstreifen	2 m	2 m	2 m
Astfreier Schaft der Erntebäume	6 m	6 m	6 m
Zieldurchmesser	55 cm	50 cm	55 cm
Astungseingriffe (gesamt)	5	5	5
Produktionszeit	50 Jahre	57 Jahre	50 Jahre
Pflanzverfahren	Erdlochbohrer	Erdlochbohrer	Erdlochbohrer
Beginn der Ertragsbeeinträchtigung Zone 1	15. Jahr	20. Jahr	15. Jahr
Beginn der Ertragsbeeinträchtigung Zone 2	30. Jahr	30. Jahr	30. Jahr



Tabelle 29: Durchschnittliche Erzeugerpreise Baden-Württemberg (2002-2009) für landwirtschaftliche Produkte und Wertholzpreise (Berechnungsgrundlage)

Produkt	Erlös
Brot-Weizen	12,50 €/dt
Winter-Raps	25,00 €/dt
Winter-Gerste	11,30 €/dt
Brot-Roggen	11,80 €/dt
Wertholz (Kirsche)	750 €/fm
Wertholz (Bergahorn)	900 €/fm

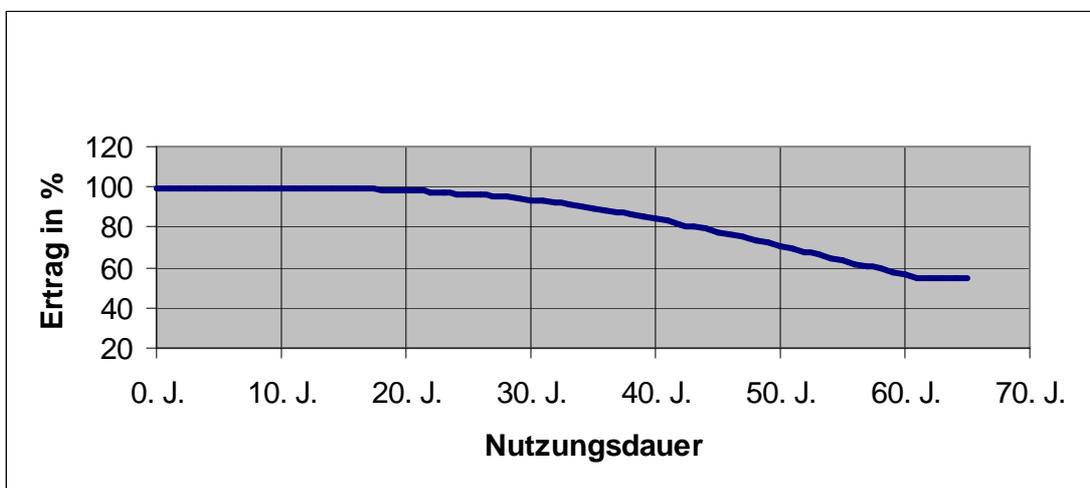


Abbildung 63: den Berechnungen zu Grunde gelegter Ertragsverlauf der landwirtschaftlichen Komponente in einem Agroforstsystem

### 6.2.11.3 Ergebnisse:

Die Ergebnisse sind als kalkulatorische, prämienfreie Deckungsbeiträge je Hektar und Jahr inklusive Lohnansatz (125 €/ha) angegeben.

#### Standard-Agroforstsystem

Die Ergebnisse der Berechnungen für ein Standard-Agroforstsystem sind in Tabelle 30 und Abbildung 64, Abbildung 65 dargestellt. Liegen die Preise für landwirtschaftliche Produkte deutlich unter den zugrunde gelegten Werten, ergeben sich für alle Varianten negative Deckungsbeiträge. Die Ergebnisse zeigen, dass Agroforstsysteme bei einem mittleren Wertholzpreis von 750 €/fm und einem Zinssatz von 3 % nahezu konkurrenzfähig mit reinem Ackerbau sind. Auf mittleren Standorten werden bei einem mittleren Preisniveau zwar negative Deckungsbeiträge erreicht. Ein Agroforstsystem schneidet hierbei aber etwas günstiger ab als reiner Ackerbau. Bei höheren Preisen für landwirtschaftliche Produkte liegen Agroforstsysteme nur bei hohen Preisen für das Wertholz vorne. Auf guten Standorten mit hohem Ertragsniveau erreicht man bei höheren Preisen für



landwirtschaftliche Produkte in einem Agroforstsystem mit 291 €/ha höhere Deckungsbeiträge als mit reinem Ackerbau (209 €/ha). Bei niedrigen Preisen für Wertholz ist reiner Ackerbau über alle Ertragsniveaus hinweg jedoch in der Regel rentabler. Ist das Ertragsniveau niedrig, sind Agroforstsysteme nur bei sehr geringen Erlösen für landwirtschaftliche Produkte konkurrenzfähig. Das liegt daran, dass bei niedrigem Ertragsniveau der vorgegebene Zieldurchmesser aufgrund des geringeren Zuwachses nicht erreicht wird. Da die Dimension (Durchmesser) bei Wertholz ein entscheidender Preisfaktor, ist ergibt sich nur ein mittlerer Wertholzerlös von 500 € je fm. Geht man davon aus, dass die Erlöse für landwirtschaftliche Produkte sehr stark ansteigen (Preisniveau 200%, 25 €/dt Weizen), liegen die Deckungsbeiträge bei reinem Ackerbau zwar in allen Varianten über denen von Agroforstsystemen. Deren Rentabilität steigt jedoch auch deutlich an und liegt bei hohen Wertholzpreisen nur knapp hinter dem Referenzsystem.

Tabelle 30: Kalkulatorische prämienfreie Deckungsbeiträge je Hektar und Jahr (inkl. 125 €/ha Lohnansatz, Annuitätenmethode, Zinssatz 3 %)

Standort Leistungs- niveau	Landwirtschaftliches Preisniveau zum Basiswert	Annuität als jährlicher Vergleichsdeckungsbeitrag			
		Referenz Ackerbau 100 % inkl. Lohnansatz	Wertholzpreisniveau		
			375 €/fm	750 €/fm	1125 €/fm
niedrig WW 60 dt/ha	75%	- 373,00 €	- 421,00 €	- 376,00 €	- 331,00 €
	100%	-186,00 €	- 257,00 €	-213,00 €	-168,00 €
	125%	0,00 €	-94,00 €	-49,00 €	-4,00 €
	200%	560,00 €	397,00 €	442,00 €	486,00 €
mittel WW 75 dt/ha	75%	- 330,00 €	- 354,00 €	- 278,00 €	- 203,00 €
	100%	-92,00 €	-145,00 €	-69,00 €	6,00 €
	125%	146,00 €	64,00 €	139,00 €	215,00 €
	200%	861,00 €	690,00 €	766,00 €	841,00 €
hoch WW 90 dt/ha	75%	- 280,00 €	- 302,00 €	- 217,00 €	- 131,00 €
	100%	10,00 €	-48,00 €	37,00 €	123,00 €
	125%	209,00 €	206,00 €	291,00 €	377,00 €
	200%	1.168,00 €	968,00 €	1.053,00 €	1.139,00 €

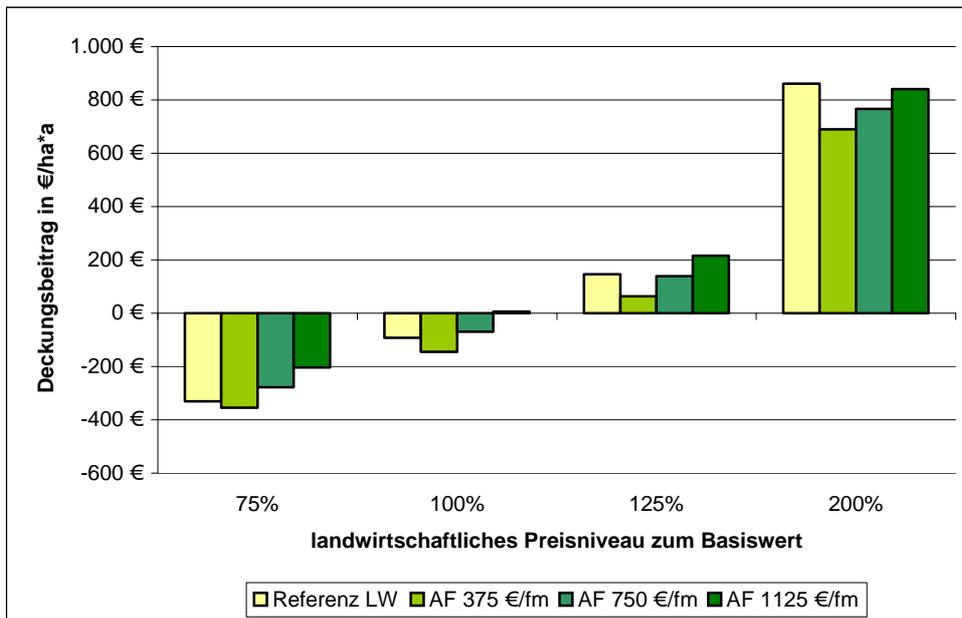


Abbildung 64: Vergleich der Deckungsbeiträge eines Standardagroforstsystems mit reinem Ackerbau bei unterschiedlichen Preisen für Wertholz und landwirtschaftliche Produkte (mittleres Ertragsniveau, Zinssatz 3%)

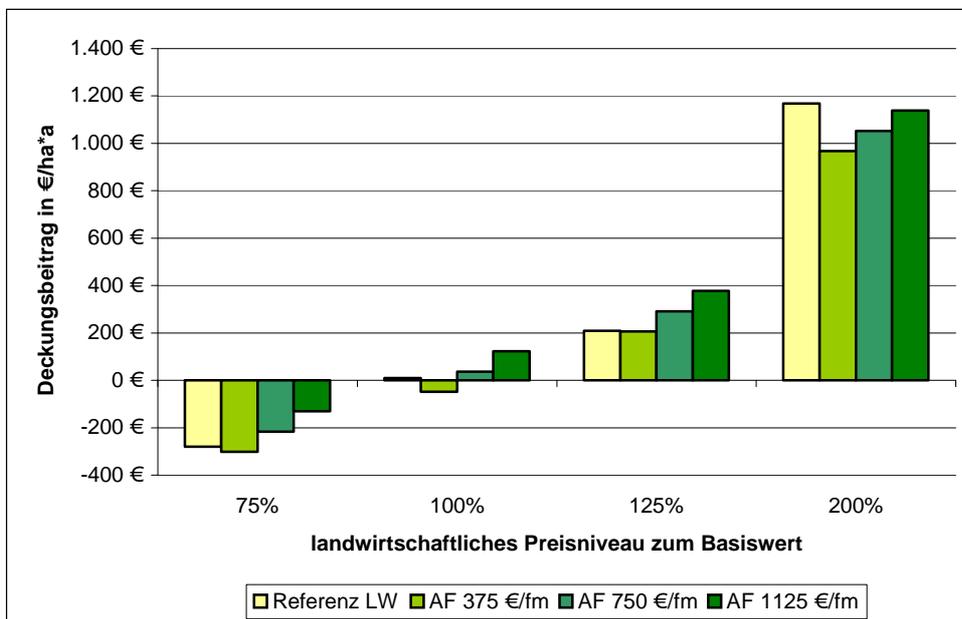


Abbildung 65: Vergleich der Deckungsbeiträge eines Standardagroforstsystems mit reinem Ackerbau bei unterschiedlichen Preisen für Wertholz und landwirtschaftliche Produkte (hohes Ertragsniveau, Zinssatz 3%)

Setzt man den Zinssatz auf vier Prozentpunkte hoch, sieht die Ökonomie etwas ungünstiger für Agroforstsysteme aus (siehe Tabelle 31 und Abbildung 66). Die Deckungsbeiträge liegen dabei meistens unter denen von reinen Ackerbausystemen. Die Konkurrenzfähigkeit ist dann nur bei sehr



niedrigen Preisen für landwirtschaftliche Produkte und/oder bei hohen Preisen für das Wertholz gegeben.

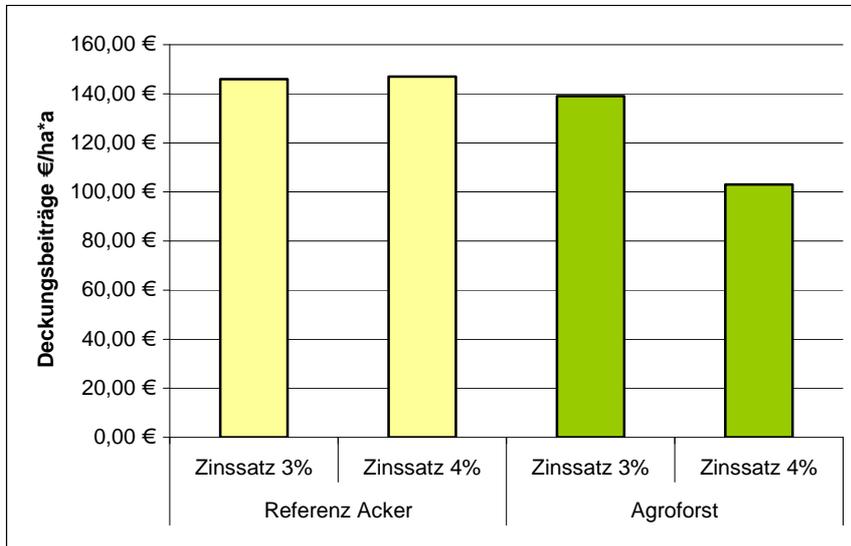


Abbildung 66: Vergleich der Deckungsbeiträge bei verschiedenen Zinssätzen (mittleres Ertragsniveau, steigende Preise für landwirtschaftliche Produkte, mittlerer Wertholzpreis)

Tabelle 31: Kalkulatorische prämienfreie Deckungsbeiträge je Hektar und Jahr (inkl. 125 €/ha Lohnansatz, Annuitätenmethode, Zinssatz 4 %)

Standort Leistungs- niveau	Landwirtschaftliches Preisniveau zum Basiswert	Annuität als jährlicher Vergleichsdeckungsbeitrag			
		Referenz Ackerbau 100 % inkl. Lohnansatz	Wertholzpreisniveau		
			375 €/fm	750 €/fm	1125 €/fm
niedrig WW 60 dt/ha	75%	-375,00 €	-437,00 €	-404,00 €	-371,00 €
	100%	-188,00 €	-271,00 €	-238,00 €	-205,00 €
	125%	0,00 €	-105,00 €	-72,00 €	-39,00 €
	200%	564,00 €	393,00 €	426,00 €	459,00 €
mittel WW 75 dt/ha	75%	-332,00 €	-377,00 €	-321,00 €	-266,00 €
	100%	-92,00 €	-165,00 €	-109,00 €	-54,00 €
	125%	147,00 €	47,00 €	103,00 €	158,00 €
	200%	867,00 €	683,00 €	739,00 €	794,00 €
hoch WW 90 dt/ha	75%	-282,00 €	-327,00 €	-264,00 €	-201,00 €
	100%	10,00 €	-69,00 €	-6,00 €	57,00 €
	125%	302,00 €	189,00 €	252,00 €	315,00 €
	200%	1.177,00 €	962,00 €	1.026,00 €	1.089,00 €



### Praxisfläche Groß Zecher

Bei den Berechnungen für die Praxisfläche Groß Zecher zeigt sich, dass auf diesem Standort in allen Varianten selbst bei hohen Preisen für landwirtschaftliche Produkte und Wertholz nur negative Deckungsbeiträge zu erreichen sind (siehe Abbildung 67). Die zusätzliche Nutzung von Wertholz kann jedoch bereits ab einem mittleren Wertholzpreis auf diesem Standort die Wirtschaftlichkeit erheblich verbessern. Ein Verzicht auf die Anpflanzung einer vielfachen Wertholzträgeranzahl würde diesen Effekt noch verstärken. Aufgrund der schlechten Standortbedingungen ist eine Ausdehnung der Umtriebszeit auf 57 Jahre erforderlich, um den Zieldurchmesser zu erreichen. Eine Verringerung der Produktionszeit auf 50 Jahre ergibt zwar einen früheren Kapitalrückfluss, aufgrund der geringen Wertholzerlöse von durchschnittlich nur 700 €/fm ergeben sich jedoch deutlich ungünstigere Deckungsbeiträge. Bei der Betrachtung der Deckungsbeiträge muss noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die Betriebsprämie bei den Berechnungen nicht berücksichtigt wurde. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit ist auch die Tatsache, dass die Ackerfläche (Feldstreifen) von der Eigentümerin verpachtet wurde, aber die Baumstreifen weiter von ihr bewirtschaftet wird. Der Pächter hat also keinen finanziellen Nutzen aus der Wertholzproduktion. Aufgrund der sehr schlechten Ertragslage überlegt dieser daher auch im kommenden Jahr, keinen Ackerbau mehr zu betreiben, sondern lediglich eine Mindestpflege der Feldstreifen durchzuführen.

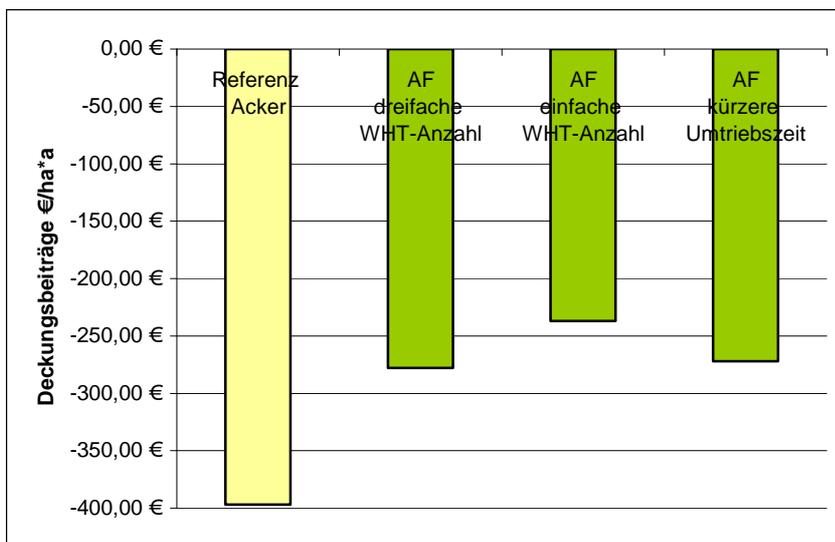


Abbildung 67: jährlicher Vergleichsdeckungsbeitrag (Annuität, Zinssatz 3%) im AFS Groß Zecher mit unterschiedlicher Anzahl gepflanzter Wertholzbäume sowie mit verkürzter Umtriebszeit im Vergleich mit reinem Ackerbau (Preisniveau 125%, Baumart: Bergahorn)

### Praxisfläche Stupferich

Bei den Berechnungen für die Praxisfläche in KA-Stupferich wurden ebenfalls hohe Preise für landwirtschaftliche Produkte sowie für Wertholz angenommen. Es ergibt sich, dass die Anlage eines AFS auf diesem Standort etwas höhere Deckungsbeiträge aufweist als reiner Ackerbau (siehe Abbildung 68), und dies obwohl hier die teure Baumschutzvariante zum Einsatz kam. Wählt man hierfür eine günstigere Version (z.B. Wuchshülle) so erhöht sich der Deckungsbeitrag von 332 € auf



350 € pro Jahr und ha (Ackerbau: 300 €). Pflanzte man statt Kirsche Bergahorn, kann man aufgrund der höheren Erlöserwartungen fast 450 € an Deckungsbeiträgen erzielen. Das entspricht einem Anteil von 150% im Vergleich mit reinem Ackerbau.

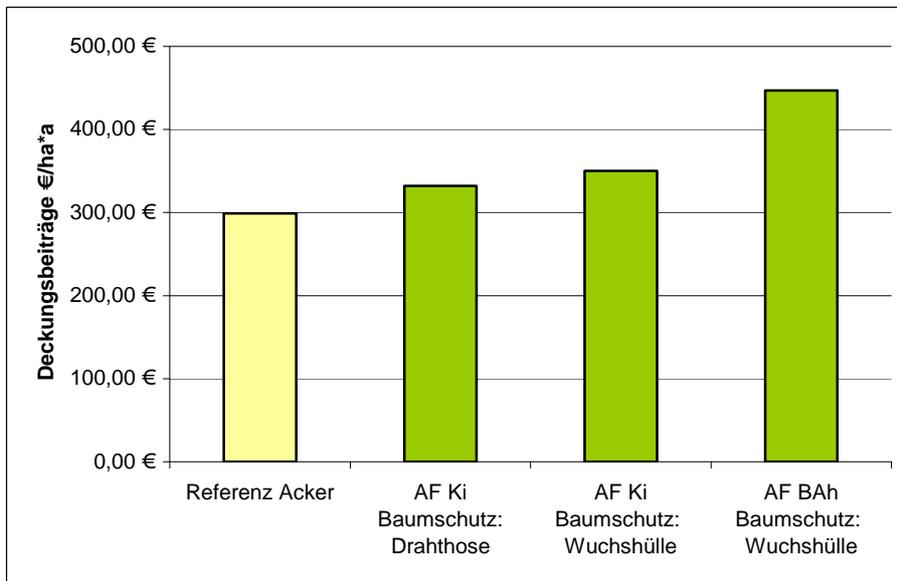


Abbildung 68: jährlicher Vergleichsdeckungsbeitrag (Annuität, Zinssatz 3%) im AFS KA-Stupferich mit unterschiedlichen Baumarten und Baumschutzvarianten im Vergleich mit reinem Ackerbau (Preisniveau 125%; Abkürzungen: Kirsche (Ki), Bergahorn (BAh)).

#### 6.2.11.4 Diskussion

Bei den Berechnungen wird deutlich, dass Agroforstsysteme sowohl von steigenden Wertholzpreisen als auch von steigenden Getreideerlösen profitieren. Dies liegt daran, dass auf über 90 % der Fläche weiterhin Getreide angebaut wird (KAYSER ET AL. 2010). Zudem können Agroforstsysteme auch auf sehr schlechten Standorten die Wirtschaftlichkeit im Ackerbau verbessern. Neben der Wahl der Baumarten und des Baumschutzes ist insbesondere auch der angenommene Zinssatz entscheidend für die Wirtschaftlichkeit. Dieser wirkt sich bei Agroforstsystemen entsprechend stark aus, da die Kapitalrückflüsse des Wertholzes erst am Ende der Produktionszeit erfolgen und sich eine stärkere Abzinsung entsprechend negativ auswirkt.

Grundsätzlich gilt, dass sich die Erlöse für land- und forstwirtschaftliche Produkte für einen so langen Zeitraum nicht zuverlässig voraussagen lassen. Man kann jedoch davon ausgehen, dass bei richtiger Pflege der Wertholzbäume auch entsprechend hohe Erlöse erzielt werden können (siehe Abbildung 56). Da die Preisentwicklung für landwirtschaftliche Produkte der Energiepreisentwicklung folgt, ist auch hier langfristig mit steigenden Preisen zu rechnen. Aus den Ergebnissen lässt sich daher ableiten, dass Agroforstsysteme zukünftig durchaus konkurrenzfähig zu reinen Ackerbausystemen sein können. Auch ZEHLIUS-ECKERT ET AL. (2010) gehen nach ihren Berechnungen davon aus, dass AFS mit Wertholz bei hohem Holzzuwachs und hohen Wertholzpreisen, in der Regel wettbewerbsfähig sind. Hemmnisse bestünden jedoch aufgrund der sehr langen Nutzungsdauer und der unsicheren Preiserwartungen. Ein flächenbezogener Förderbetrag oder eine einmalige



Anschubfinanzierung würde eine Einführung von AFS daher erleichtern (ZEHLIUS-ECKERT ET AL. 2010). Nach KAYSER ET AL. (2010) eignen sich Wertholz-Agroforstsysteme für Ackerbauern, die auf hohe Wertholz- und Getreideerlöse setzen oder solche, die mit steigenden Betriebsmittelkosten rechnen und ihren Ackerbau eher extensiv betreiben möchten. Ein weiterer Vorteil, die sich für den Landwirt ergibt ist neben einer Diversifizierung des Einkommens und einem langfristigen Kapitalaufbau, auch ein verbessertes Image der Landwirtschaft (KAYSER ET AL. 2010).

### **Möglichkeiten für Kosteneinsparungen**

Entscheidende Kostenfaktoren sind die Kosten für Pflanzmaterial, Baumschutz und die Pflanzung selbst. Daher sind bei diesen Kostenpunkten am ehesten Einsparpotenziale für den Landwirt zu sehen. Bei den Kosten für das Pflanzmaterial ist - abhängig von Baumart und Größe der Pflanzen - eine sehr große Bandbreite in den Anschaffungskosten vorhanden. Auch die Erlöse für Wertholz können je nach Baumart stark variieren. Bei der Auswahl der Baumarten sollte jedoch neben den zu erzielenden Erlösen immer auch der Standort berücksichtigt werden. Auch beim Baumschutz können die Kosten angefangen bei einfachen Wuchshüllen bis hin zu stabileren Varianten mit Drahtlosen oder -körben sowie Holzkonstruktionen sehr unterschiedlich sein und Einsparungen möglich machen. Eine Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten wie etwa den Verbissdruck durch Wild- und Weidetiere ist hierbei notwendig. Bei der Anlage von größeren Flächen ist eine Verteilung der Pflanzaktivitäten auf mehrere Jahre denkbar, wodurch sich eine zeitliche Streckung der finanziellen Belastung erreichen lässt. Bei einer solchen kontinuierlichen Anpflanzung sind die Erlöse entsprechend geringer, fallen aber nach der ersten Umtriebsdauer in kürzeren Zeitabständen an (KAYSER ET AL. 2010).

### **6.2.11.5 Ausblick**

Um ökonomische Berechnungen zukünftig weiter zu verbessern, ist eine Anpassung der zu Grunde gelegten Daten notwendig. So sollte unter anderem die Ertragsentwicklung mit Praxisdaten evaluiert und das Modell entsprechend angepasst werden. Auch die Integration eines Preissteigerungsindex für Betriebsmittel (Treibstoffe) wäre sinnvoll. Da in Agroforstsystemen, die zu bearbeitende Fläche verringert ist, müsste sich eine weitere Steigerung der Preise für fossile Energieträger, wie sie beim Blick auf die Ölpreisentwicklung mittel- und langfristig zu erwarten ist, daher vermutlich positiv auf die relative Vorzüglichkeit von AFS auswirken.

Die Konkurrenzfähigkeit ist zwar nach den angestellten Berechnungen je nach Annahmen gegeben, der Kapitalrückfluss aus den Wertholzerlösen erfolgt jedoch erst nach frühestens 50 Jahren. Für eine Einführung von AFS in der Praxis wäre es daher vorteilhaft, finanzielle Anreize für die Anlage von Agroforstsystemen beispielsweise über Ökokontoregelungen oder im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen zu schaffen. Dies wäre zudem im Hinblick auf die Artenvielfalt wichtig, wenn man den Reinanbau von bestimmten Baumarten mit hohen Zuwächsen und Preiserwartungen wie etwa Kirsche vermeiden möchte.



## 6.3 Auswirkung der Beschattung auf landwirtschaftliche Kulturen

Frieder Seidl

### 6.3.1.1 Einleitung

Neben der Wurzelkonkurrenz um Wasser und Nährstoffe beeinflussen Bäume in Agroforstsystemen (AFS) die landwirtschaftlichen Kulturen insbesondere durch ihren Schattenwurf. In modernen AFS ist die Beschattung im Vergleich zu Streuobstanlagen oder Landschaftselementen aufgrund der weiten Pflanzabstände und der Astung der Bäume stark reduziert. Die Ausrichtung der Baumreihen erfolgt zudem möglichst in Nord-Süd-Richtung, so dass zur Zeit der höchsten Sonneneinstrahlung die Schatten der Bäume auf die Baumreihen selbst fallen. Verlässliche Daten zur Auswirkung verschiedener Beschattungsintensitäten auf die Erträge und qualitätsbestimmende Eigenschaften von landwirtschaftlichen Kulturen in der gemäßigten Zone sind bisher nur in geringem Umfang vorhanden. Neben einer Literaturrecherche wurde daher ein Feldversuch zu dieser Fragestellung durchgeführt. Öffentlichkeitsarbeit: Die Ergebnisse dieses Teilprojekts wurden u.a. auf der Abschlussstagung des Projekts in Freiburg präsentiert.

### 6.3.1.2 Stand des Wissens

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über vorhandene Versuchsergebnisse zu den Auswirkungen von Beschattung auf landwirtschaftliche Kulturen aus der gemäßigten Klimazone:

#### Gefäßversuche

In Gefäßversuchen wurde der Einfluss von Beschattung, die durch ein Schattenleinen simuliert wurde, auf die Ertrag von Sommerweizen untersucht. Es zeigte sich eine Verringerung des Kornertrages um etwa 30 % bei einer Reduzierung der Lichteinstrahlung auf 30 bis 40 % der Kontrolle (NATT & HÖFNER 1986). LIN ET AL. (1999) untersuchten den Einfluss von Beschattung, den sie durch Schattiermatten in Gewächshausrahmen simulierten, auf den Ertrag von verschiedenen Futtergräsern und Leguminosen. Die untersuchten Pflanzen reagierten in Abhängigkeit von Art und Jahreszeit unterschiedlich auf die verringerte Lichtintensität. Während bei einigen Arten eine deutliche Reduzierung der Trockenmasseerträge bei einer Beschattung von 50 % zu beobachten war, zeigten andere keine signifikante Reduktion oder sogar eine Ertragssteigerung. Bestimmte Arten (cool-season-grasses) zeigten im Sommer und Herbst eine höhere Schattentoleranz als im Frühjahr und Frühsommer. Auch einige untersuchte Leguminosen zeigten eine hohe Schattentoleranz und wiesen keine signifikante Reduktion und teilweise auch eine Erhöhung der Trockenmasseerträge unter einer Schattenwirkung von 50% auf. (Versuchszeitraum: 1,5 Jahre, LIN ET AL.1999). Aus einer Weiterführung der Versuche konnten verschiedene Grünlandarten als geeignet für den Anbau unter Schatten eingestuft werden. So werden z.B. Inkarnat-Klee (*Trifolium incarnatum*) als sehr schattentolerant und Wiesenrispengras (*Poa pratensis*) oder Rohrschwengel (*Festuca arundinacea*) als mäßig schattentolerant eingeordnet. Auch die Tendenz zu einer verbesserten Futterqualität mit



zunehmender Beschattung, die durch höhere Gehalte an Rohprotein und reduzierte Ligningehalte bedingt sind, konnte festgestellt werden (VAN SAMBEEK ET AL. 2004).

### Freilandversuche

In silvoarablen Agroforstsystemen in Neuseeland (PERI ET AL. 2007, Versuchszeitraum 2 Jahre) führte die Beschattung zu reduzierten Erträgen bei Knaulgras (*Dactylis glomerata*). In diesem Versuch wurde neben der Beschattung durch Bäume eine künstliche Beschattung, die mit Hilfe von Lattenrosten erzeugt wurde, geprüft, um verschiedene Lichtintensitäten zu erreichen. Eine Reduzierung der photosynthetisch aktiven Strahlung um 57 % ohne Anwesenheit von Bäumen führte zu einer 11 %igen Reduktion des Trockenmasseertrags. Eine geringere Beschattung (42 %) durch Bäume hingegen, ergab eine stärkere Reduktion von 23 % des Ertrags. Diese Diskrepanz wird mit der durchschnittlichen Reduktion des Bodenwassergehalts von 2,5 % aufgrund der Wurzelkonkurrenz und der Interzeption durch die Bäume erklärt. Eine Kombination der Beschattung durch Bäume und Lattenroste, die eine Verringerung des Lichteinfalls von 75 % zur Folge hatte, führte zu Reduktionen des Trockenmasseertrags von über 50 %. Eine Analyse des Rohfaseranteils ergab eine leichte Erhöhung der Werte unter Schatteneinfluss. Die Werte lagen bei 18,6 % (ohne Beschattung), 21,2 % (simulierte Beschattung) und 19,5 % (Baumschatten).

Ein Vergleich von ungeasteten und auf verschiedene Höhen geasteten Erlen (*Alnus cordata*) in Neuseeland ergaben ebenfalls Ertragsreduktionen bei Grünlandarten (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* u.a.). Die verschiedenen Astungshöhen von 7, 5 und 2,5 m (ungeastet) hatten Verminderungen der Einstrahlung von 19, 77 und 88 % zur Folge. Im Vergleich mit den auf sieben Meter Höhe geasteten Bäumen lagen die Ertragsreduktionen im Falle der ungeasteten Bäume bei 49 %. Unter den auf fünf Meter geasteten Bäumen wurde ein um 16 % verringerter Ertrag festgestellt (Versuchszeitraum 2 Jahre, DEVKOTA ET AL. 2008).

In China wurden die Auswirkungen von Beschattung auf Erträge von Winterweizen in bestehenden modernen AFS mit Blauglockenbäumen (*Paulownia spec.*) untersucht. Die Beschattung durch die Bäume führte zu durchschnittlichen Ertragsreduktionen des darunter stehenden Winterweizens von rund 50 % im gesamten AFS im Vergleich zu unbeschatteten Kontrollflächen. Messungen der Lichtintensitäten in diesem AFS ergaben Reduktionen der photosynthetisch aktiven Strahlung um 22 % bis 56 % im Vergleich mit unbeschatteten Flächen. In den Randbereichen mit Beschattung lagen die Erträge 30 % unter den weniger beschatteten mittleren Bereichen zwischen den Baumstreifen. Auch das Tausendkorngewicht war unter dem Einfluss von Beschattung reduziert. Die neun Jahre alten und auf fünf Meter Höhe geasteten Bäume in diesem Versuch hatten eine mittlere Baumhöhe von 13 m. Die Abstände der in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Baumreihen betragen 5 m zwischen den Bäumen und 20 m zwischen den Reihen (Versuchszeitraum 1 Jahr, FANGDONG ET AL. 2008). Zu beachten ist jedoch, dass es in dieser Untersuchung keine abgegrenzten Parzellen mit bestimmten Beschattungswerten gab. Auch die Höhe des Kronenansatzes und der Abstand zwischen den Einzelbäumen entsprechen nicht den in modernen AFS geforderten Werten (BENDER ET AL. 2009).



VARELLA ET AL. (2010) überprüften die Schattenwirkung auf Luzerne (*Medicago sativa*) mit Hilfe von Schattenvliesen im Freiland. Bei dieser Kultur führte eine künstliche Beschattung mit einem Schattierwert von 60 % zu Ertragseinbußen von 44 % (VARELLA ET AL. 2010).

### 6.3.1.3 Feldversuch: Beschattungswirkung auf landwirtschaftliche Nutzpflanzen

#### Planungsgrundlagen

Um Auswirkungen der Beschattung in AFS auf die landwirtschaftlichen Kulturen zu untersuchen, werden Daten zu den realen Lichtverhältnissen in solchen Systemen benötigt. Werte aus der Literatur sind häufig schwer übertragbar, da sowohl die Astungshöhen als auch die Abstände der Bäume in den Reihen und der Baumreihen selbst meist nicht den Anforderungen an moderne Agroforstsysteme genügen. Aus diesem Grund wurden die im Rahmen des BMBF-Forschungsprojekts „agroforst - Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung“ im Teilprojekt Agrar mit Hilfe von Lichtmessungen erhobenen Daten zu relativen Lichtverfügbarkeiten in AFS herangezogen. Aufgrund des Mangels an älteren modernen Agroforstsystemen wurden diese Messungen an Baumbeständen durchgeführt, die von der Behandlung den Konzepten moderner Agroforstsysteme nahe kommen. Es handelte sich dabei um Einzelbäume und Baumreihen, die in etwa vergleichbare Astungshöhen und Abstände aufweisen, wie sie in modernen AFS vorgesehen sind. Bei den Messungen wurde der ermittelte sog. Total Site Factor (TSF), also der Anteil der auf dem freien Feld gemessenen Gesamtlichtmenge, die unter der Baumkrone ankommt, berücksichtigt (Material und Methoden: siehe Kopie des betreffenden Kapitels des BMBF-Schlussberichts im Anhang).

Im Rahmen dieser Messungen wurden an einer auf vier Meter aufgeasteten, 12 Jahre alten Kirsche im Abstand von 4,5 m, 7,5 m und 11 m Lichtmengen im Vergleich zum freien Feld von 57 %, 72 % und 86 % gemessen. Das entspricht Schattierwerten von 43 %, 28 % und 14 %. Bei diesen Werten muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Kirsche und deren Nachbarbäume nicht so weit aufgeastet waren, wie es für moderne AFS empfohlen wird. Hier würde eine Aufastung des Stammes auf mindestens sechs Meter erfolgen. Des Weiteren war der Abstand zu den Nachbarbäumen mit vier Metern sehr gering. In modernen AFS werden die Wertholzbäume mit einem Abstand von bis zu 15 m gepflanzt, wodurch die Beschattung der Kulturpflanzen deutlich reduziert wäre. Eine weitere Messung fand an Baumreihen mit auf 6 m Höhe geasteten, 12 - 15 Jahre alten Kirschen statt, die einen Baumabstand innerhalb der Reihe von 15 m aufweisen. In der Mitte zwischen zwei Bäumen wurde eine Gesamtlichtmenge von 88 % gemessen. Die Aufastungshöhe und der Abstand zu den benachbarten Bäumen entsprechen den gewünschten Werten für moderne AFS. Die gemessene Lichtmenge stellt somit einen guten Anhaltspunkt für die Lichtverhältnisse in der Mitte zwischen zwei Baumstreifen in diesem Stadium dar. Einschränkend muss hinzugefügt werden, dass diese Werte einer Ost-West-Ausrichtung der Baumreihen entspricht. In der Praxis würde man die Baumreihen in Nord-Süd-Richtung anlegen, da so zur Mittagszeit der Schattenwurf auf die Baumreihe selbst fällt.

Die Werte dieser Messungen bildeten die Grundlage für den durchgeführten Versuch. Die von modernen AFS abweichenden Aufastungs- und Abstandswerte lassen jedoch darauf schließen, dass die Beschattungswerte von 12 Jahre alten Wertholzbäumen in AFS geringer sind, als die



untersuchten Beschattungswerte. Da Werholzbäume in AFS allerdings mit 50 bis 60 Jahren wesentlich höhere Alter erreichen, ist mit fortschreitender Produktionszeit mit stärkeren Beschattungswerten zu rechnen. Beachtet werden muss auch, dass andere Baumarten aufgrund der unterschiedlichen Kronenausdehnung und Belaubung auch andere Beschattungsstärken aufweisen können.

#### 6.3.1.4 Material und Methoden

In einem Feldversuch wurden verschiedene Beschattungsintensitäten mit Hilfe von Netzen mit definierten Schattierwerten (z. B. Schattiermatten) simuliert. Die Auswahl der Schattierwerte für den Versuch orientierte sich daher neben den erhobenen Messwerten auch an der Verfügbarkeit von Schattiersystemen. Es wurden Schattierwerte von 12 % (leichte Beschattung), 26 % (mittlere Beschattung) und 50 % (starke Beschattung) ausgewählt (siehe Tabelle 32).

Tabelle 32: Gemessene Lichtmengen unter geasteten Bäumen, entsprechende Schattierwerte im Versuch und eingesetzte Schattiersysteme (Messungen M.Oelke)

Astungshöhe	Abstand zum Baum	gemessene Gesamtlichtmenge i.V. zum freien Feld	Baumalter	Schattierwert im Versuch	Schattiersystem
4 m	4,5 m	57 %	11 Jahre	stark (50 %)	Schattiermatte
4 m	7,5 m	72 %	11 Jahre	mittel (26 %)	Vogelschutznetz
4 m	11 m	86 %	11 Jahre	leicht (12 %)	Hagelschutznetz
6 m	7,5	88 %	12-15 Jahre	leicht (12 %)	Hagelschutznetz

Da die Schattiersysteme eine Breite von drei Metern aufweisen, ergab sich eine Parzellengröße von 10 m x 3 m (siehe Abb. 1). Um Randwirkungen auszuschließen und die in Feldversuchen gängige Mindestgröße einer Parzelle von 10 m<sup>2</sup> einzuhalten wurden Ränder von 1,5 m (Stirnseite) bzw. 0,75 m (Längsseite) eingeplant. Daraus resultiert eine Größe der Ernteparzelle von 10,5 m<sup>2</sup> (1,5 x 7,0 m). Der Versuch wurde in vier Ackerkulturen als Streifenanlage in zweifacher Wiederholung angelegt. Folgende Kulturen wurden hierfür geprüft: Grünland, Wintergerste (Sorte: Spektrum), Mais (Sorte: PR 38-D23), Kartoffeln. Bei letzteren wurden zwei Sorten angebaut (Selma, Granola). Der Anteil beider Sorten war in jeder Parzelle gleich. Bei der Ernte wurden die Knollen nach Sorten getrennt und auf ihre Qualitätsparameter untersucht. Die Versuche wurden auf Praxisflächen des LTZ installiert. Die Grünlandfläche liegt im Tiefgestade (Niederterrasse) des Oberrheins. Hierbei handelt es sich um eine eher extensiv genutzte Mähwiese zur Futtergewinnung. Die vorherrschenden Arten auf dieser Fläche sind Gewöhnliches Rispengras (*Poa trivialis*), Knaulgras (*Dactylis glomerata*), Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*) und Wolliges Honiggras (*Holcus lanatus*).

In Wintergerste und im Grünland wurden die Netze zum Zeitpunkt des Austriebs der Baumblätter Mitte April aufgehängt. In Mais und Kartoffeln erfolgte die Installation nach Aussaat bzw. Pflanzung



der Kulturen. Die Netze wurden mit Hilfe von Zaunpfosten über den Parzellen aufgespannt (siehe Abbildung 69). Für die Installation im Mais mussten aufgrund der größeren Endhöhe der Kultur entsprechend längere Pfähle eingesetzt werden. In jeder Wiederholung wurde eine unbeschattete Parzelle als Kontrolle eingepflanzt (siehe Abbildung 70). Die Netze wurden mit einem Abstand von etwa 50 cm über den Kulturen aufgespannt und entsprechend des Wachstums der Kulturpflanzen laufend in der Höhe angepasst. Die Bewirtschaftung der Flächen (Düngung, Pflanzenschutz) erfolgte ortsüblich nach den Vorgaben der guten fachlichen Praxis.

Auf den Grünlandparzellen wurden zwei Schnitte durchgeführt. Der erste Schnitt konnte aufgrund der hohen Niederschläge im Mai erst Anfang Juni (01.06.2010) erfolgen. Der zweite Schnitt wurde sieben Wochen später durchgeführt. Die Ernte der Wintergerste wurde Anfang Juli (06.07.2010) durchgeführt. Ende August erfolgten die Ernten von Mais (25.08.2010) und Kartoffeln (26.08.2010). Gegen Ende der Versuchszeit kam es in zwei Mais-Parzellen zu Schäden durch Wildschweine, so dass die Ernteparzellen entsprechend verkleinert werden mussten.

#### Bewertung der Versuchsanstellung

Das gewählte System der Beschattung erwies sich bei den niedrig wachsenden Kulturen als praktikabel und die Kernparzellen waren die überwiegende Zeit des Tages voll beschattet. Bei den Maisparzellen war die Umsetzung aufgrund der großen Endhöhe der Pflanzen deutlich schwieriger. Eine stabile Aufhängung und Verspannung der Netze war in einer Höhe zwischen drei und vier Metern nur bedingt möglich. Dies war insbesondere darin begründet, dass die Aufstellung der Pfähle erst nach der Saat und der Ausbringung der Bodenherbizide möglich war. Die Installation einer stabilen und in der Höhe anpassbaren Beschattung wäre nur mit dem Einsatz großer Maschinen (z.B. Schlepper mit Erdlochbohrer) und deutlich höherem Material- und Arbeitsaufwand möglich gewesen. Dies hatte zur Folge, dass die Parzellen nicht immer optimal beschattet wurden, da der Abstand zwischen Kultur und Netzen zeitweise etwas zu groß war (siehe Abbildung 69, Bild 4).



Abbildung 69: Bilder 1 bis 4.: Aufbau der Beschattung: Winter-Gerste (links oben), Grünland (rechts oben), Kartoffeln (links unten) und Mais (rechts unten)

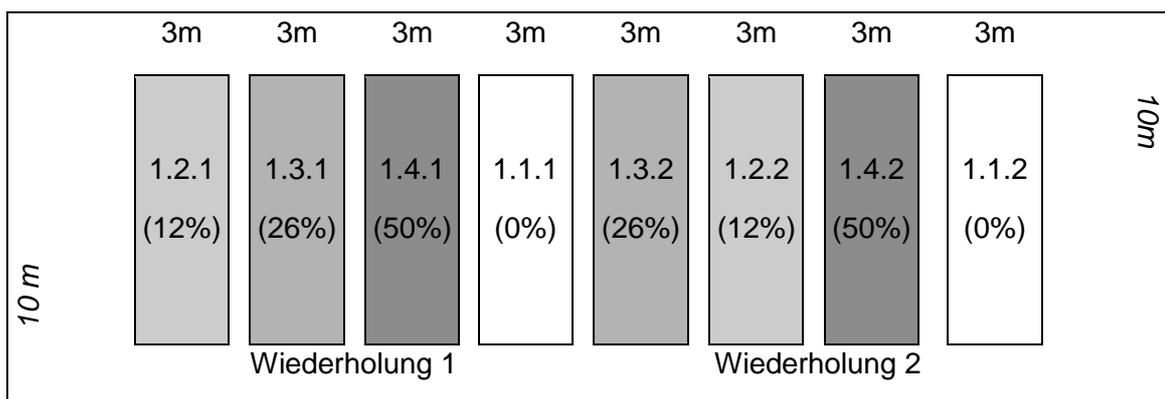


Abbildung 70: Skizze Versuchsaufbau (Schattierwerte in Klammern angegeben)

Zur Ernte und anschließenden Bewertung der Versuchsanstellung wurden neben den Erträgen in Frischmasse (FM) und Trockenmasse (TM) auch qualitätsbestimmende Parameter, wie Trockensubstanzgehalt (TS) und Rohfasergehalt bestimmt. Hierzu wurde das Probematerial von Mais, Grünland und Wintergerste u.a. der Weender Analyse zugeführt. Die dabei analysierten Gehalte an Rohnährstoffen (Rohasche, Rohfett, Rohfaser, Rohprotein, Stickstoff-freie Extraktstoffe)

dienten als Berechnungsgrundlage für die theoretischen Biogas- Ausbeuten. Die theoretischen Ausbeuten werden in Anlehnung an SCHATTAUER & WEILAND (2006) berechnet. Für die verdauliche Fraktion von Eiweiß, Fett und Kohlenhydraten wurden Biogaserträge von 650, 1125 bzw. 750 l/kg organischer Trockensubstanz (oTS) zugrunde gelegt. Die Verdaulichkeitskoeffizienten der Rohnährstoffe des entsprechenden Materials wurden unter Beachtung des Reifegrads der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (DLG 1997) entnommen. Als Indiz für den Reifegrad wurde der Trockensubstanzgehalt zur Ernte herangezogen. Bei Kartoffeln wurden Qualitätsmerkmale wie Größensortierung oder Zwiewuchs/Kindelbildung visuell erfasst. Im Labor wurde nur der Stärkegehalte an Mischproben beider Sorten bestimmt.



Abbildung 71: Bilder 5 - 6: Ernte der Grünland- und Wintergersteparzellen mit Grünfuttermähdrescher (links) und Parzellenmährescher (rechts)

### 6.3.1.5 Ergebnisse

Bei den folgenden Ergebnissen ist zu berücksichtigen, dass während der Versuchszeit extreme Wetterbedingungen herrschten. Perioden mit starken Niederschlägen wurden durch eine lange Hitze- und Trockenperiode unterbrochen. Dies erforderte eine zeitweise Beregnung der Kartoffel- und Maisbestände. Des Weiteren ist aufgrund der geringen Anzahl an Wiederholungen und der Tatsache, dass es sich um einen einjährigen Versuch handelt, eine starke Streuung der erhobenen Daten gegeben, die eine statistische Auswertung unmöglich macht. Auch mussten die Kartoffel- und Maisbestände vorzeitig geerntet werden, um die Daten für den Schlussbericht verwerten zu können. In der Praxis würden sich die Erntetermine an den entsprechenden Parametern (z.B. Reifegrad, TS-Gehalt) orientieren.

#### Mais

Die Trockenmasseerträge bei Mais lagen bei leichter (12 %) und mittlerer (26 %) Beschattung mit rund 155 dt/ha bei etwa 94 % der unbeschatteten Kontrolle (165 dt/ha). Unter dem Einfluss starker Beschattung verringerten sich die Erträge hingegen um über 37 % auf 104 dt/ha (siehe Abbildung 72



und Tabelle 34). Die Trockensubstanzgehalte lagen zum Erntezeitpunkt nur in der stark beschatteten Variante mit 23 % deutlich unter denen der unbeschatteten Kontrolle (26 %). In allen Varianten lagen die TS-Gehalte aufgrund der vorgezogenen Ernte jedoch unter dem Mindestwert von 28 % für Silomais (EDER 1998). Ein Einfluss auf Rohprotein- und Rohfasergehalte lässt sich ebenfalls nur bei starker Beschattung feststellen (siehe Tabelle 33). Die Rohproteingehalte liegen mit 8,3 % etwa einen Prozentpunkt über denen der unbeschatteten Parzellen. Wogegen die Rohfasergehalte mit etwa 20 % drei Prozentpunkte höher liegen als die Vergleichswerte. Eine Auswirkung von Beschattung auf die N-freien Extraktstoffe, die Netto-Energie-Laktation und die berechnete Biogasausbeute konnte nicht festgestellt werden. Die berechneten Biogaserträge der stark beschatteten Parzellen liegen entsprechend den verringerten TM-Erträgen mit 5575 m<sup>3</sup>/ha bei etwa 63 % der Kontrolle (8872 m<sup>3</sup>/ha).

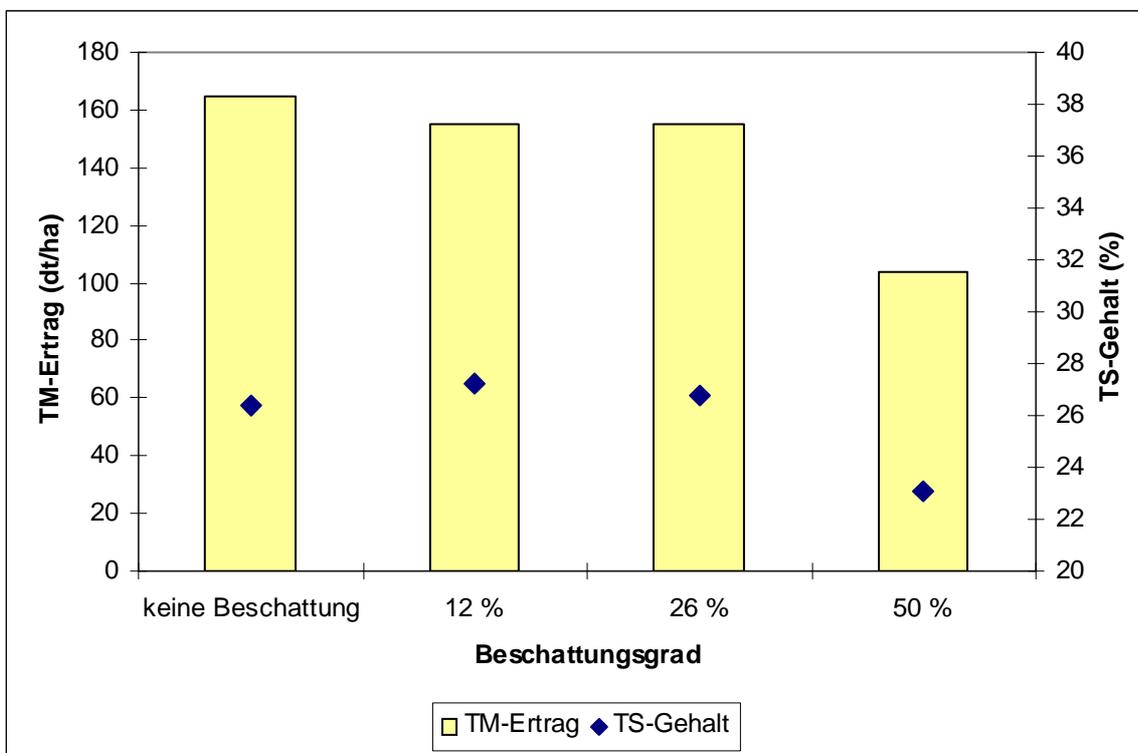


Abbildung 72: Trockenmasseertrag (dt TM/ha) und TS-Gehalte (%) von Mais unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade



Tabelle 33: Ergebnisse der Weender Analyse bei Mais unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade

Schattierwert	Asche (%)	Rohfett (%)	Rohprotein (%)	Rohfaser (%)	NfE (%)
Kontrolle	3,26	1,90	7,39	16,93	70,53
12%	3,16	1,75	7,08	16,37	71,63
26%	3,46	2,12	7,10	17,33	69,99
50%	2,77	2,13	8,28	20,16	66,66

Tabelle 34: FM-Erträge (dt TM/ha), TM-Erträge (dt/ha), TS-Gehalte (%), Netto-Energie-Laktation (MJ/kg), Biogasausbeute (l/kg oTS) und -ertrag (m<sup>3</sup>/ha) von Mais unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade

Schattierwert	FM-Ertrag (dt/ha)	TS-Gehalt (%)	TM-Ertrag (dt/ha) 100% TS	NEL (MJ/kg)	Biogasausbeute (l/kg oTS)	Biogasertrag (m <sup>3</sup> /ha)
Kontrolle	624,00	26,40	164,74	70,53	556,73	8872,36
12%	567,45	27,30	154,71	71,63	557,84	8357,62
26%	579,05	26,80	155,19	69,99	557,19	8347,60
50%	450,58	23,10	104,08	66,66	550,95	5575,45

### Wintergerste

Die TM-Erträge (Korn) bei Wintergerste bei leichter und mittlerer Beschattung erreichen mit 29 bis 30 dt/ha 92 bis 95 % der Kontrolle (31,4 dt/ha). Unter dem Einfluss starker Beschattung verringerten sich die TM-Erträge um 28 % auf knapp 23 dt/ha (siehe Abbildung 73 und Tabelle 35). Beim Tausendkorngewicht lagen die Proben aus der stark beschatteten Variante mit 34,5 g etwa 14 % unter den Werten der Kontrolle (40,4 g). Bei leichter bis mittlerer Beschattung ergab sich keine Veränderung. Ein Einfluss auf Rohfasergehalte, N-freie Extraktstoffe und Netto-Energie-Laktation lässt sich nicht feststellen (siehe Tabelle 36). Die Rohproteingehalte liegen in der stark beschatteten Variante mit knapp 14 % etwa einen Prozentpunkt über denen der unbeschatteten Parzellen.

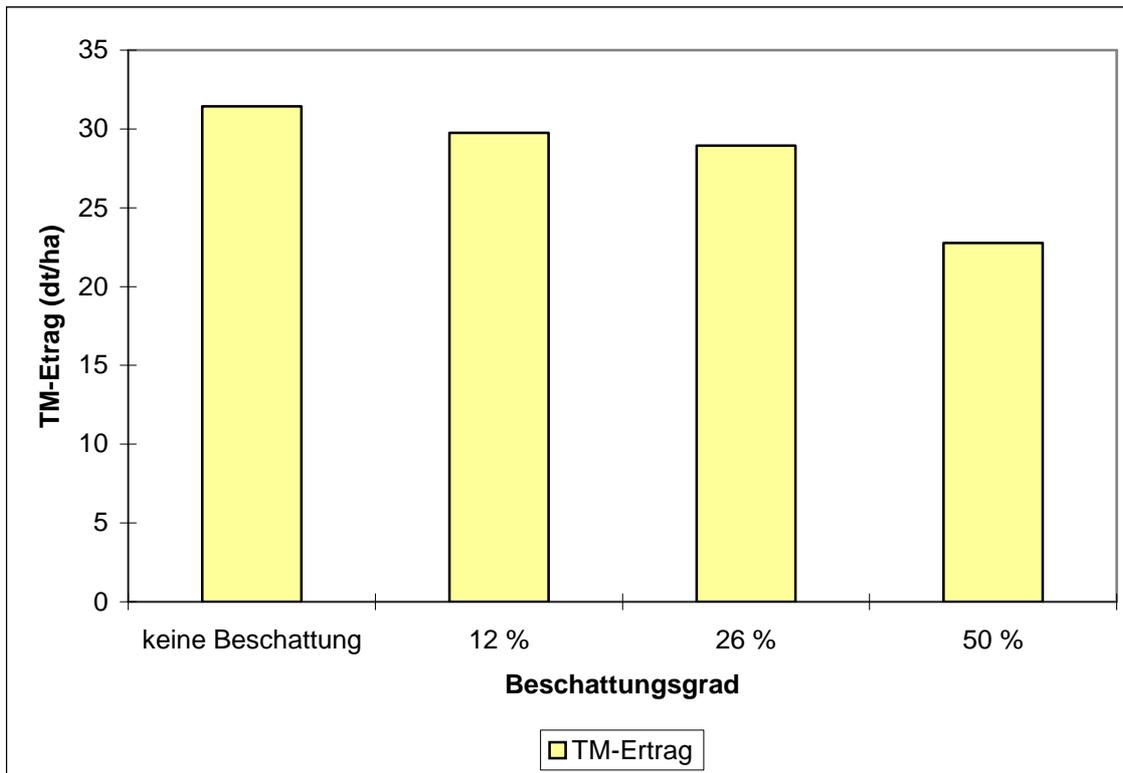


Abbildung 73: Trockenmasseertrag (dt/ha) von Wintergerste unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade

Tabelle 35: Ergebnisse der Weender Analyse bei Wintergerste unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade

Schattierwert	Rohasche (%)	Rohfett (%)	Rohprotein (%)	Rohfaser (%)	NfE (%)
<b>Kontrolle</b>	2,94	2,25	13,83	4,52	76,46
<b>12%</b>	3,06	2,43	10,87	4,26	79,38
<b>26%</b>	3,07	2,25	14,18	4,01	76,48
<b>50%</b>	2,85	2,85	14,83	4,77	74,39



Tabelle 36: FM-Erträge (dt TM/ha), TM-Erträge (dt/ha), Tausendkornmasse (g), Netto-Energie-Laktation (MJ/kg) von Wintergerste unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade

Schattierwert	FM-Ertrag (dt/ha)	TM-Ertrag (dt/ha) 86% TS	Tausendkornmasse (g)	NEL (MJ/kg)
Kontrolle	33,83*	31,44	40,4	7,18
12%	31,99	29,76	39,3	7,44
26%	32,18*	28,95	40,0	7,17
50%	26,23*	22,76	34,5	7,12

\* bei einem Beikrautanteil von etwa 10% in der ersten Wiederholung

### Grünland

Bei Grünland variiert der Einfluss der Beschattung in Abhängigkeit des Aufwuchses. Beim ersten Aufwuchs ergaben sich Reduktionen des TM-Ertrags von 20 % bei leichter Beschattung (31,7 dt/ha) und nur geringe Einbußen (7 %) bei mittlerer Beschattung (37,3 dt/ha) im Vergleich mit der Kontrolle (39,8 dt/ha). Unter dem Einfluss starker Beschattung waren die TM-Erträge um 50 % reduziert (19,8 dt/ha). Im Gegensatz dazu wirkte sich eine leichte und mittlere Beschattung beim zweiten Aufwuchs sogar positiv auf den Ertrag aus. Es wurden Steigerungen von 10 - 23 % festgestellt (13,8 - 15,4 dt/ha). Auch bei starker Beschattung wurden mit 12,8 dt/ha ähnlich hohe Erträge erzielt wie in der Kontrolle (12,5 dt/ha). Aufgrund der insgesamt deutlich niedrigeren Erträge beim zweiten Aufwuchs ergeben sich jedoch bei starker Beschattung Minderungen von fast 40 % im Gesamtertrag. Bei einer leichten bis mittleren Beschattung ist kein Trend erkennbar (siehe Abbildung 74).

Die Trockensubstanzgehalte lagen zur ersten Ernte bei mittlerer und starker Beschattung mit 23 % deutlich unter denen der unbeschatteten Kontrolle (28 %). Auch beim zweiten Aufwuchs ist dieser Trend erkennbar (siehe Tabelle 38 und Tabelle 40). Die Rohfasergehalte steigen beim ersten Aufwuchs mit zunehmender Beschattung leicht von 30,5 auf 32,4 % an. Beim zweiten Aufwuchs ist dieser nur bei starker Beschattung erhöht. Auch die Rohproteingehalte zeigen einen Trend zur Zunahme bei stärkerer Beschattung (siehe Tabelle 37 und Tabelle 39). Eine Auswirkung von Beschattung auf die Netto-Energie-Laktation und die berechnete Biogasausbeute konnte nicht festgestellt werden. Die berechneten Biogaserträge der stark beschatteten Parzellen liegen entsprechend den verringerten TM-Erträgen mit 886 m<sup>3</sup>/ha bei etwa 50 % der Kontrolle (1853 m<sup>3</sup>/ha) beim ersten Aufwuchs. Beim zweiten Aufwuchs zeigen sich keine Veränderungen.

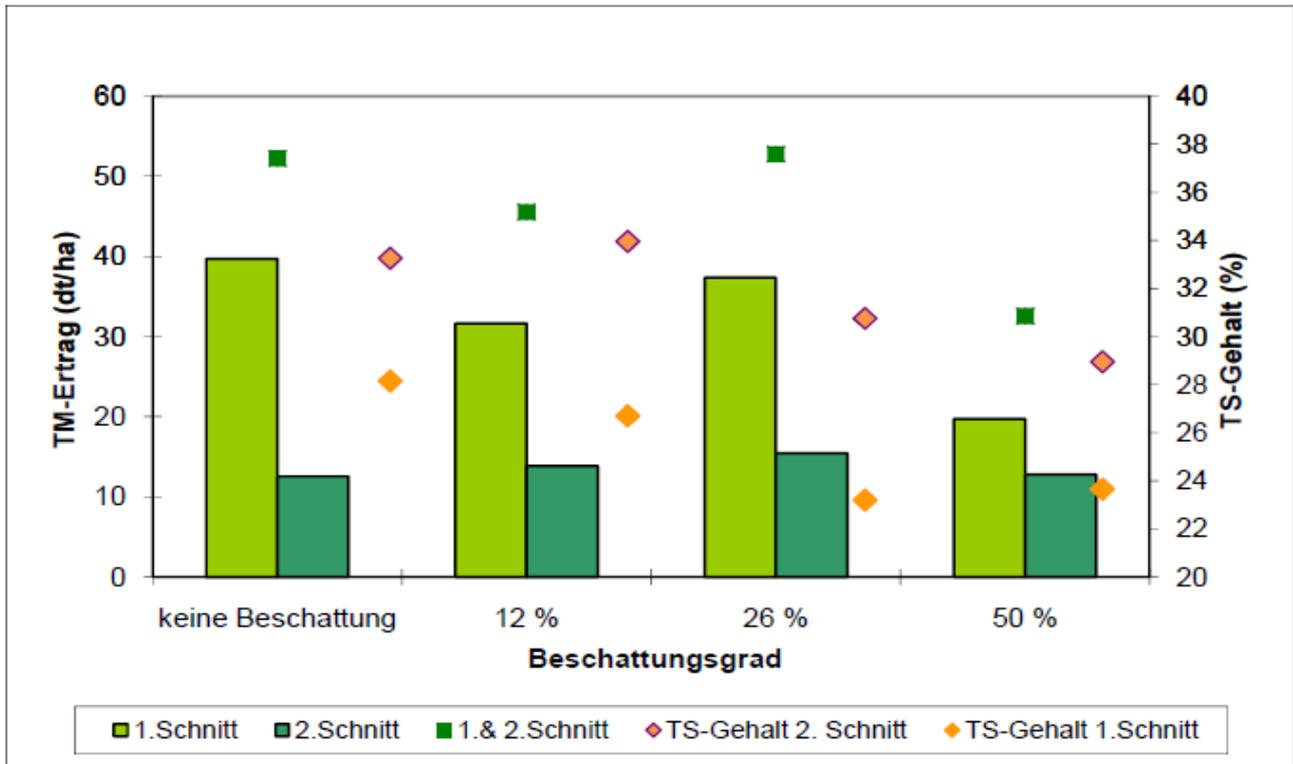


Abbildung 74: Trockenmasseertrag (dt TM/ha) und TS-Gehalte (%) von Grünland unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade

Tabelle 37: Ergebnisse der Weender Analyse bei Grünland (erster Schnitt) unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade

Schattierwert	Rohasche (%)	Rohfett (%)	Rohprotein (%)	Rohfaser (%)	NfE (%)
Kontrolle*	6,39	3,00	9,09	30,53	50,99
12%	9,32	2,46	9,81	31,35	47,07
26%	8,04	2,47	10,95	32,08	46,47
50%	9,39	2,62	11,68	32,41	43,91

\*aufgrund stark abweichender Labordaten konnten nur die Werte einer Wiederholung für die Berechnung der NfE einbezogen werden



Tabelle 38: FM-Erträge (dt TM/ha), TM-Erträge (dt/ha), TS-Gehalte (%), Netto-Energie-Laktation (MJ/kg), Biogasausbeute (l/kg oTS) und -ertrag (m<sup>3</sup>/ha) von Grünland (erster Aufwuchs) unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade

Schattierwert	FM-Ertrag (dt/ha)	TS-Gehalt (%)	TM-Ertrag (dt/ha) 100% TS	NEL (MJ/kg)	Biogasausbeute (l/kg oTS)	Biogasertrag (m <sup>3</sup> /ha)
<b>Kontrolle*</b>	140,95	28,20	39,75	4,89	498,10	1853,33
<b>12%</b>	118,57	26,70	31,66	4,68	553,28	1588,34
<b>26%</b>	160,95	23,20	37,34	4,71	496,11	1703,55
<b>50%</b>	83,33	23,70	19,75	4,59	494,84	885,50

\*aufgrund stark abweichender Labordaten konnten nur die Werte einer Wiederholung für die Berechnung von NEL, Biogasausbeute und Biogasertrag einbezogen werden

Tabelle 39: Ergebnisse der Weender Analyse bei Grünland (zweiter Schnitt) unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade

Schattierwert	Rohasche (%)	Rohfett (%)	Rohprotein (%)	Rohfaser (%)	NFE (%)
<b>Kontrolle</b>	6,96	4,17	11,46	26,55	50,87
<b>12%</b>	5,82	4,61	12,60	26,43	50,55
<b>26%</b>	6,59	3,62	12,99	25,92	50,88
<b>50%</b>	6,91	4,01	14,62	27,74	46,73

Tabelle 40: FM-Erträge (dt TM/ha), TM-Erträge (dt/ha), TS-Gehalte (%), Netto-Energie-Laktation (MJ/kg), Biogasausbeute (l/kg oTS) und -ertrag (m<sup>3</sup>/ha) von Grünland (zweiter Aufwuchs) unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade

Schattierwert	FM-Ertrag (dt/ha)	TS-Gehalt (%)	TM-Ertrag (dt/ha) 100% TS	NEL (MJ/kg)	Biogasausbeute (l/kg oTS)	Biogasertrag (m <sup>3</sup> /ha)
<b>Kontrolle</b>	37,62	33,30	12,53	4,33	446,76	520,83
<b>12%</b>	40,71	34,00	13,84	4,36	444,74	579,76
<b>26%</b>	50,10	30,80	15,43	4,31	445,62	642,31
<b>50%</b>	44,14	29,00	12,80	4,24	443,48	528,45



## Kartoffeln

Die angegebenen FM-Erträge beziehen sich auf den Gesamtbestand (Sortenmischung: Selma/Granola).

Bei den FM-Erträgen der Kartoffeln ist kein Trend in Abhängigkeit der Beschattung zu erkennen. Bei leichter bis mittlerer Beschattungsintensität fielen die FM-Erträge mit 400 bis 415 dt FM/ha um etwa 10 % höher aus als in der unbeschatteten Kontrolle (368 dt FM/ha) (siehe Abbildung 75, Tabelle 41). Bei starker Beschattung liegen die Erträge mit 378 dt FM/ha zwar etwas niedriger, aber immer noch etwa auf dem Niveau der unbeschatteten Variante. Auswirkungen der Beschattung auf qualitätsbildende Eigenschaften wie Stärkegehalt, Zwiewuchs bzw. Kindelbildung oder den Anteil an Über- und Untergrößen konnten nicht festgestellt werden.

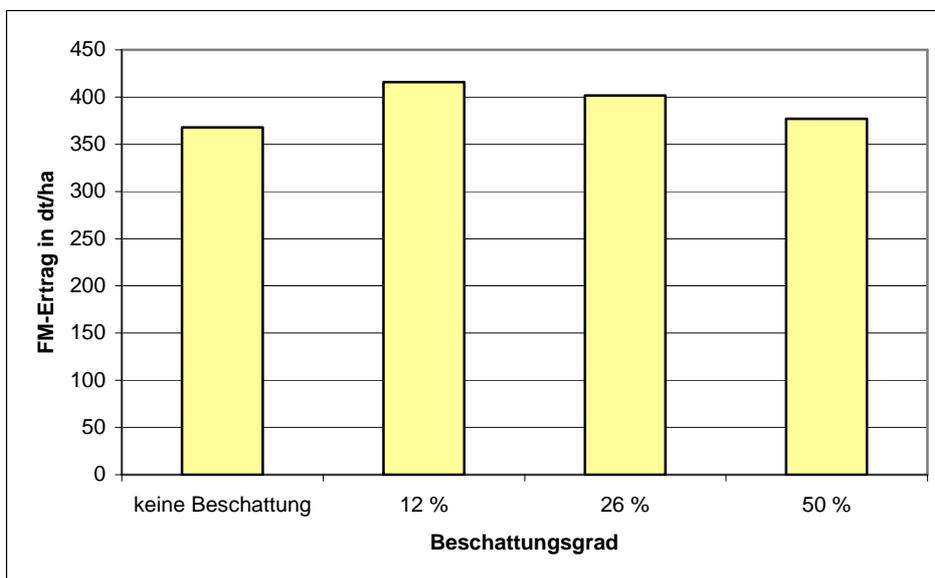


Abbildung 75: Erträge (FM) Kartoffeln bei verschiedenen Beschattungswerten im Vergleich zur unbeschatteten Kontrolle

Tabelle 41: FM-Erträge und Stärkegehalt bei Kartoffeln unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade

Schattierwert	Ertrag (Frischmasse) (dt/ha)	Stärkegehalt (in % der TS)
<b>Kontrolle</b>	367,9	70,1
<b>12 %</b>	415,9	69,7
<b>26 %</b>	401,6	71,0
<b>50 %</b>	376,9	71,2



### 6.3.1.6 Diskussion

#### Erträge

Es konnte festgestellt werden, dass die Kulturen Mais, Wintergerste und Grünland nicht generell auf eine leichte bis mittlere Beschattung reagieren. Bis zu einer etwa 25% verringerten Lichtmenge wurde kein Einfluss auf Erträge und Qualitätsmerkmale festgestellt. Ist die einfallende Gesamtlichtmenge um 50 % reduziert, zeigen die genannten Kulturen hingegen deutliche Einbußen in den Trockenmasseerträgen. Sowohl Mais als auch Grünland zeigten hier Ertragsminderungen von etwa 40 %, während die Erträge bei Wintergerste etwa 30 % unter denen der unbeschatteten Kontrolle lagen.

Die Ertragsminderungen bei Grünland liegen deutlich über denen von PERI ET AL. (2007) angegebenen, die bei einer Beschattung von 57 % Ertragsminderungen von nur 11 % für Knaulgras gemessen hatten. Da nach LIN ET AL. (1999) und VAN SAMBEEK ET AL. (2004) die Schattenverträglichkeit von Grünland jedoch in erheblichem Maße von den vorkommenden Arten abhängig ist, sind die Werte nicht vergleichbar. Ob, und in welchem Ausmaß die zunehmende Beschattung in silvopastoralen Agroforstsystemen zu einer Verschiebung des Artenspektrums hinsichtlich schattentoleranter Arten führt, wie man dies in Streuobstwiesen in Form von Einwanderung von Waldarten (WELLER 2006) beobachtet, lässt sich erst nach einigen Jahren feststellen. Herauszustellen sind die Unterschiede in den TM-Erträgen zwischen den beiden Aufwüchsen. Bei Hitze- und Trockenheit, wie sie während des zweiten Aufwuchses vorherrschte, scheint sich eine Beschattung positiv auf die TM-Erträge auszuwirken. Dies ist vermutlich auf die herabgesetzte Verdunstung bei zunehmender Beschattung zurückzuführen, wodurch offenbar der negative Effekt der verminderten Lichtintensität aufgehoben wurde, und die Erträge beim zweiten Aufwuchs auch bei starker Beschattung stabil blieben.

Die Ertragsminderungen bei Mais erscheinen aufgrund der geringeren Schattenverträglichkeit als C4-Pflanze nicht überraschend (z.B. SCHOPFER & BRENNICKE 2005). Vergleichswerte sind aus der gemäßigten Zone bisher nicht vorhanden.

Auch die Wintergerste zeigt nach den vorliegenden Zahlen bei starker Schatteneinwirkung deutliche - wenn auch verringerte - Ertragseinbußen. Die erhobenen Werte für Wintergerste sind vergleichbar mit den Messungen von FANGDONG ET AL. (2008), die bei Winterweizen unter ähnlichen Beschattungswerten sogar noch stärkere Ertragsminderungen festgestellt haben. Winterkulturen haben aber prinzipiell den Vorteil, die laublose Zeit der Bäume für das Wachstum ausnutzen zu können, und sind für den Einsatz in Agroforstsystemen den Sommerkulturen vorzuziehen (z.B. GARRET & HARPER 1999).

Bei der Kartoffel hingegen waren keine Ertragseinbußen zu verzeichnen. Bei leichter bis mittlerer Beschattung war sogar eine leichte Erhöhung der Erträge festzustellen. Die Kartoffel gilt allgemein als einigermaßen schattentolerant (IIRR 1993). Der TS-Ertrag von Kartoffeln ist zwar direkt mit der kumulativen eingefangenen Einstrahlung korreliert. Treten aber Stresssituationen (Wasser, Temperatur) auf, verliert der Faktor Licht an Bedeutung (VAN DER ZAAG & DOORNBOS 1987).



### Qualitätsmerkmale

Bei keiner der geprüften Kulturen wurde ein erheblicher Einfluss von Beschattung auf entscheidende Qualitätsmerkmale festgestellt. Bei Grünland und Mais wurden unter starker Beschattung höhere Rohfasergehalte gemessen, was auch von PERI ET AL. (2007) berichtet wird. Die Rohproteingehalte sind negativ mit den TM-Erträgen korreliert und steigen daher bei Mais, Wintergerste und Grünland unter starker Beschattung aufgrund der reduzierten Erträge an. Ein Einfluss der Beschattung auf dieses Qualitätsmerkmal ist daher nur bedingt ableitbar. Auf die Ergebnisse der berechneten Qualitätsmerkmale NEL oder Biogasausbeute bei diesen drei Kulturen haben veränderte Rohprotein- und Rohfasergehalte nur geringen Einfluss, so dass sich bei diesen Merkmalen kein Einfluss der Beschattung ergibt. Aufgrund der Abhängigkeit der berechneten Biogaserträge von den TM-Erträgen, folgen diese dem Verlauf der Ertragsmengen.

Bei Wintergerste war zudem ein negativer Einfluss auf die Tausendkornmasse (TKM) bei einer starken Beschattung messbar. Dies korrespondiert mit den Ergebnissen bei Winterweizen von FANGDONG ET AL. (2008). Die TKM ist jedoch kein entscheidendes Qualitätsmerkmal bei Gerste (BAUMER 1998).

Die bei Mais bei zunehmender Beschattung festgestellten verringerten TS-Gehalte können sich in der Praxis dahingehend auswirken, dass sich hierdurch u.U. der Erntetermin verzögern kann. Auch ist es möglich, dass Ernten aufgrund der langsameren Abtrocknung der Kulturen erst später am Tag durchgeführt werden können, was mit entsprechenden Nachteilen für den Landwirt verbunden sein kann.

#### 6.3.1.7 Bewertung und Ausblick

Da die Beschattungswerte von etwa 12 % bei 12 - 15 Jahre alten Kirschen gemessen wurden, lässt sich ableiten, dass eine messbare negative Ertragsbeeinflussung durch Beschattung, erst ab einem Baumalter weit über 20 Jahren auftritt. So geht auch HÄRTEL (2007) von einer zunehmenden messbaren Wirkung der Beschattung erst ab dem 30. Standjahr aus. Beschattungswerte von 50 % und mehr sind daher erst gegen Ende der Produktionszeit zu erwarten.

Einschränkend zu diesen Ergebnissen sei noch einmal angeführt, dass es sich um einen einjährigen und einortigen Versuch in zweifacher Wiederholung handelt. Auch waren die Wetterbedingungen (niederschlagsreiche Perioden, unterbrochen von einer langen Hitze- und Trockenperiode) im Versuchszeitraum ungewöhnlich. Die erhobenen Daten stellen daher erste Anhaltspunkte für die Auswirkung von Beschattung auf landwirtschaftliche Kulturen dar. Für eine Absicherung oder Korrektur der vorliegenden Ergebnisse ist eine mehrjährige Durchführung der Versuchsanstellung mit einer höheren Anzahl an Wiederholungen notwendig, um statistisch verwertbare Aussagen treffen zu können. Des Weiteren müssten Daten zur verfügbaren Lichtmenge in älteren AFS erhoben werden, um belastbare Aussagen zu dieser Fragestellung treffen zu können. Hierzu wären weitere Lichtmessungen an entsprechend älteren geasteten Bäumen sowie auch an unterschiedlichen Baumarten notwendig.



## 6.4 Messung des Nährstoffentzugs durch Wertholzträger und Kurzumtrieb

Simeon Springmann, Christopher Morhart

### 6.4.1 Einleitung

Der Entzug von Nährstoffen, der durch die Wertholzträger erfolgt, ist ein wichtiges Element bei der Betrachtung des Gesamtsystems Agroforst. Neben der Speicherung von Nährstoffen binden die Wertholzträger auch Kohlenstoff und dienen so als langfristige Kohlenstoffsenken. Ergänzend sollen die gleichen Untersuchungen an ausgewählten Pappelklonen durchgeführt werden, um so eine Bewertung des Gesamtsystems zu ermöglichen.

### 6.4.2 Versuchsflächenbeschreibung

#### Lage der Fläche:

Die Fläche liegt in der Oberrheinebene westlich des Kaiserstuhls und nordöstlich von Breisach im ehemaligen Schwemmfächer des Rheins.

#### Klima:

Klimadaten am Westrand des Kaiserstuhls (DWD-Station in Vogtsburg-Oberrotweil, 218 m): 9,9°C Jahrestemperatur, 19°C mittlere Julitemperatur, 811 mm Jahresniederschlag;

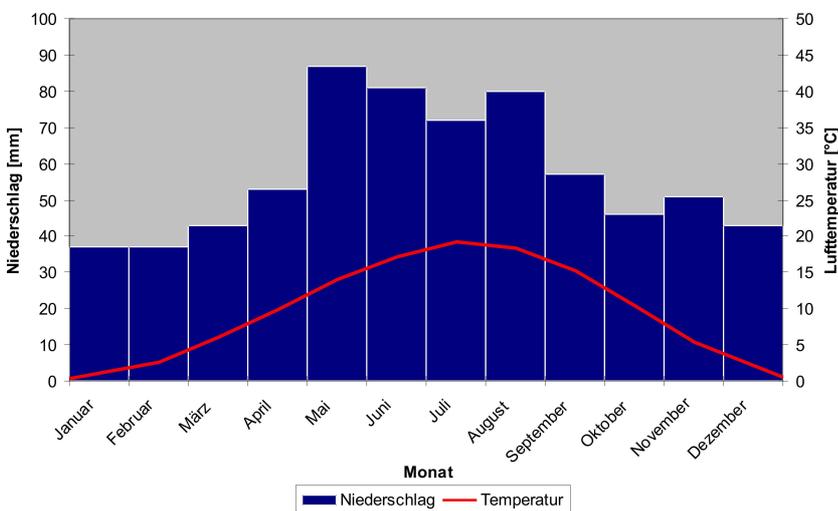


Abbildung 76: Klimadiagramm von Vogtsburg am Kaiserstuhl. Die mittlere Jahreslufttemperatur liegt bei 9,9°C, der Jahresniederschlag bei 811 mm (Grafik: M. Brix, 2007)

In der Oberrheinebene fällt mehr als die Hälfte der Niederschläge als Konvektionsniederschlag zwischen Mai und Oktober mit dem sommerlichen Temperaturmaximum zusammen. In diesem Zeitraum liegt die potentielle Verdunstung stets über den Niederschlagswerten.



## **Boden:**

Die Rheinebene besteht aus Niederterrassenschottern der Würmeiszeit Sie kann nur geringmächtige, schwach entwickelte Parabraunerden aufweisen, also als Bodenart lehmige Sande mit geringem Tonanteil, aber hohem Skelettanteil.

Dies hat eine hohe Wasserdurchlässigkeit und Infiltrationsrate des Bodens zu Folge. In der sommerlichen Trockenperiode zeigen Pflanzen trotz der Niederschläge Anzeichen von Wasserstress. Auf Grund der Tatsache, dass die Versuchsfläche im ehemaligen Schwemmbereich der Rheins liegt, sind die kleinstandörtlichen Gegebenheiten sehr heterogen. Die Tiefe der anstehenden Sande und Kiese variiert auf der gesamten Fläche. Dies wirkt sich hauptsächlich auf die Wasserspeicher- und Wasserhaltefähigkeit des Bodens aus.

## **6.4.3 Probennahme**

### **6.4.3.1 Wertholzbäume**

Zur quantitativen Analyse der Nährstoffströme innerhalb der Wertholzträgerreihen wurde die Zusammensetzung der in Holz und Rinde von Wertholzbäumen enthaltenen Nährstoffe untersucht. Die bei der Ernte entzogenen Nährstoffmengen wurden ermittelt und mit den Entzügen landwirtschaftlicher Nutzung innerhalb eines Agroforstsystems verglichen. Des Weiteren wurde das Potenzial der Edellaubbäume als Speicher für Kohlenstoff bewertet (siehe Themenkomplex 4).

Im Februar 2010 wurden hierzu jeweils drei Ahorne, Eschen und Kirschen auf der Versuchsfläche „Breisach“ des Instituts für Waldwachstum eingeschlagen um Proben für die Nährstoff- und Kohlenstoff- Analyse zu entnehmen. Von jedem Baum wurde Probenmaterial der folgenden Kategorien entnommen (Tabelle 42).

Tabelle 42: Beprobte Baumkompartimente

<b>Feinreisig (&lt;0,5cm)</b>
<b>Grobreisig ( 0,5-2cm)</b>

<b>Holz Ast (&gt;2cm)</b>
<b>Rinde Ast</b>

<b>Holz Stamm</b>
<b>Rinde Stamm</b>

Die drei Einzelproben jeden Baumes der jeweiligen Baumart und Kategorie wurden zu einer Mischprobe für die Untersuchung zusammengeführt.



### 6.4.3.2 Pappelklone

Die Nährstoffproben wurden von vier verschiedenen Pappelklonen genommen und im Labor des LTZ untersucht. Hierbei wurden Mischproben (Holz- und Rindenmaterial) der Klone Hybride 275, Max 3, Kornik 21 und Monviso analysiert.

## 6.4.4 Ergebnisse und Diskussion

### 6.4.4.1 Wertholzbäume

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in nachfolgender Tabelle 43 dargestellt.

Tabelle 43: Laborergebnisse der Nährstoffuntersuchungen bei Ahornen, Eschen und Kirschen

Ges. N.	C	S	P2O5	K	Ca	Mg	Na	Cl-	Fe (ppm)
0,712	49,367	0,045	0,27	0,428	1,471	0,093	0,011	0,055	19,8
0,755	47,487	0,061	0,355	0,744	0,994	0,109	0,010	0,038	16,19
1,143	47,363	0,063	0,361	0,537	1,282	0,12	0,009	0,048	17,47
0,362	49,221	0,026	0,17	0,265	0,851	0,057	0,009	0,044	14,4
0,518	47,809	0,034	0,252	0,374	0,61	0,067	0,009	0,030	11,3
0,45	47,888	0,033	0,172	0,27	0,67	0,056	0,007	0,042	4,85
0,147	47,797	0,017	0,06	0,108	0,258	0,034	0,007	0,030	9,42
0,185	47,623	0,018	0,11	0,135	0,125	0,028	0,008	0,027	2
0,242	47,996	0,024	0,13	0,202	0,15	0,07	0,008	0,039	439,09
0,518	51,337	0,025	0,141	0,287	1,81	0,046	0,010	0,044	24,04
0,906	47,418	0,062	0,212	0,685	1,349	0,077	0,010	0,035	44,64
0,892	45,995	0,048	0,251	0,416	2,397	0,116	0,013	0,042	18,04
0,103	47,799	0,013	0,041	0,094	0,127	0,024	0,008	0,029	6,29
0,117	47,498	0,016	0,07	0,177	0,135	0,022	0,008	0,028	7,81
0,116	47,992	0,017	0,069	0,176	0,171	0,054	0,007	0,040	7,53
0,624	50,345	0,03	0,17	0,318	2,094	0,057	0,010	0,032	18,45
0,533	46,789	0,033	0,111	0,38	1,703	0,043	0,010	0,027	13,07
0,581	45,714	0,036	0,18	0,285	2,891	0,06	0,009	0,028	10,18

--- hier konnten keine Proben durchgeführt werden

### Ergebnisse zum Nährstoffentzug durch die Wertholzbäume

Die in Zusammenarbeit mit dem LTZ erhobenen Nährstoffdaten wurden zur Ermittlung der Nährstoffgehalte in verschiedenen Kompartimenten des Baumes verwendet. Dadurch konnte der Nährstoffentzug bei Ernte der Wertholzträger quantifiziert werden.

Abbildung 77 zeigt die Nährstoffkonzentrationen für Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium der einzelnen Baumkompartimente in Relation zu deren Konzentration im Stammholz (dargestellt für die untersuchten Baumarten Kirsche, Esche und Ahorn). Bei allen drei Baumarten finden sich ähnliche Verläufe der Graphen.

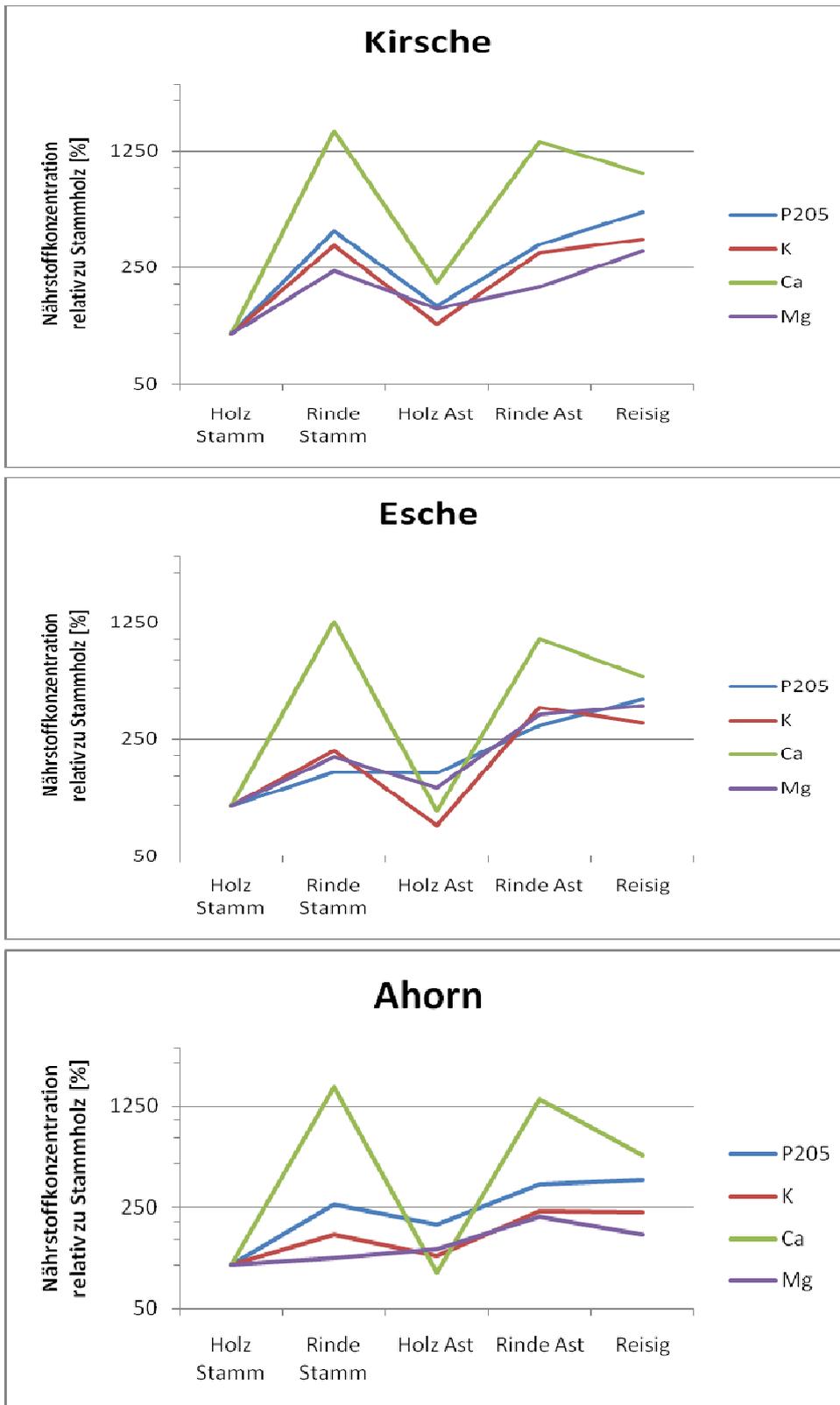


Abbildung 77: Nährstoffkonzentrationen in verschiedenen Baumkompartimenten von Kirsche, Esche und Ahorn im Vergleich zur Konzentration im Stammholz (=100 %). Im Kompartiment „Reisig“ ist Grob- und Feinreisig zusammengefasst.



Die geringsten Nährstoffkonzentrationen finden sich bei allen untersuchten Baumarten im Holz von Stamm und Ästen. In der Rinde von Stamm und Ästen finden sich vielfach höhere Nährstoffgehalte. Besonders auffällig sind die um ca. 12-fach höheren Calciumkonzentrationen in der Rinde im Vergleich zum Holz. Im Kompartiment Reisig wurde Fein- und Grobreisig (vergleiche Tabelle 42) durch arithmetische Mittelung der Konzentrationen zusammengefasst. Die Reisigproben umfassen Holz- Rinden- und Knospenanteile. Die Nährstoffkonzentration im Reisig liegt bei allen Baumarten und Nährstoffen zwischen derjenigen in Holz und in der Rinde.

Die gefundenen charakteristischen Unterschiede in den unterschiedlichen Baumkompartimenten stimmen mit den Beobachtungen anderer Nährstoffuntersuchungen überein (vergl.: BRAUN ET AL. 2009, HAGEN-THORN ET AL. 2004).

Zur weiteren quantitativen Analyse der Nährstoffentzüge bei der Baumernte wurde die oberirdische Biomasse der Wertholzträger bestimmt.

Als Maße des Wertholzträgers bei Ernte (nach 60 Jahren Standzeit) wurden folgende Annahmen unterstellt:

- BHD= 60cm
- Astfreie Schaftlänge= 10m
- Abholzigkeit: 1 cm je laufender Meter
- Höhe: 30m

Die oberirdische Biomasse wurde mit Hilfe des Biomasseexpansionsfaktors  $G_{1,3m}$  nach GROTE ET AL. (2009) (für Buche ) in (Trocken-)biomasse [kg] berechnet.

Die Biomassen für folgende Baumkompartimente wurden berechnet:

- oberird. Biomasse Baum gesamt [kg]
- oberird. Biomasse Derbholz mit Rinde [kg]
- oberird. Biomasse **nicht** Derbholz mit Rinde [kg] (**Reisig**)
- oberird. Biomasse **Rinde Derbholz** [kg]

Zur Umrechnung der Kg- Angaben in Festmeter (FM, entspricht Kubikmeter) wurde jeweils die baumart- und kompartimentspezifische Roh- bzw. Raumdichte verwendet. Für die Bestimmung der Nährstoffvorräte haben diese Dichtewerte großen Einfluss auf die Nährstoffgehalte je FM Holz.

Berechnung der Raumdichte:

$$R = r_o \times \left(1 - \frac{\beta_v}{100}\right)$$

R= Raumdichte (g/cm<sup>3</sup>)

r<sub>o</sub>= Rohdichte

β<sub>v</sub>= Volumenschwundmaß



Die baumartenspezifischen verwendeten Raumdichten sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt (Tabelle 44 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Tabelle 44: Verwendete Raumdichten (nach KOLLMANN 1982)

Baumart t/m <sup>3</sup>	Kirsche 0,5642	Esche 0,5642	Ahorn 0,5222
-----------------------------	-------------------	-----------------	-----------------

Aufgrund der höheren physikalischen Belastung und der daraus resultierenden Bildung von Reaktionsholz ist die Raumdichte von Astholz größer als die Raumdichte von Derbholz (BOSSHARD 1984; KNIGGE UND SCHULZ 1966; KOLLMANN 1982). Für physiologische Baumartengruppen gibt HAKKILA (1972) durchschnittliche Raumdichtewerte für Stamm- und Astholz an (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Tabelle 45: Mittelwerte von Stamm- und Astdichten und deren Verhältnis (nach HAKKILA 1972)

	Raumdichte Stammholz	Raumdichte Astholz	Ast/Stamm- Dichte
Zerstreutporige Laubhölzer	0,489	0,536	1,0961
Ringporige Laubhölzer	0,540	0,573	1,0611

Die baumartenspezifischen Raumdichten für das Astholz wurden mit Hilfe des Ast/Stamm-Dichte Verhältnis entsprechend erhöht. Als Astholz wurde in dieser Arbeit die Differenz zwischen Gesamtholzvolumen und Derbholzvolumen definiert.

Nach Berechnung der Raumdichten wurden die Trockenmassen der Baumkompartimente in FM umgerechnet, um Aussagen über den Nährstoffgehalt [kg/FM] treffen zu können.

Mit Hilfe der festgelegten bekannten Maße des Wertholzträgers bei der Ernte konnte für die einzelnen Kompartimente der Nährstoffvorrat bestimmt werden. Die Nährstoffvorräte am Ende der Produktionszeit wurden für folgende Baumkompartimente berechnet:

- Holz astfreier Schaft,
- restliches Derbholzes
- Rinde des Derbholzes
- restliches Kronenmaterial

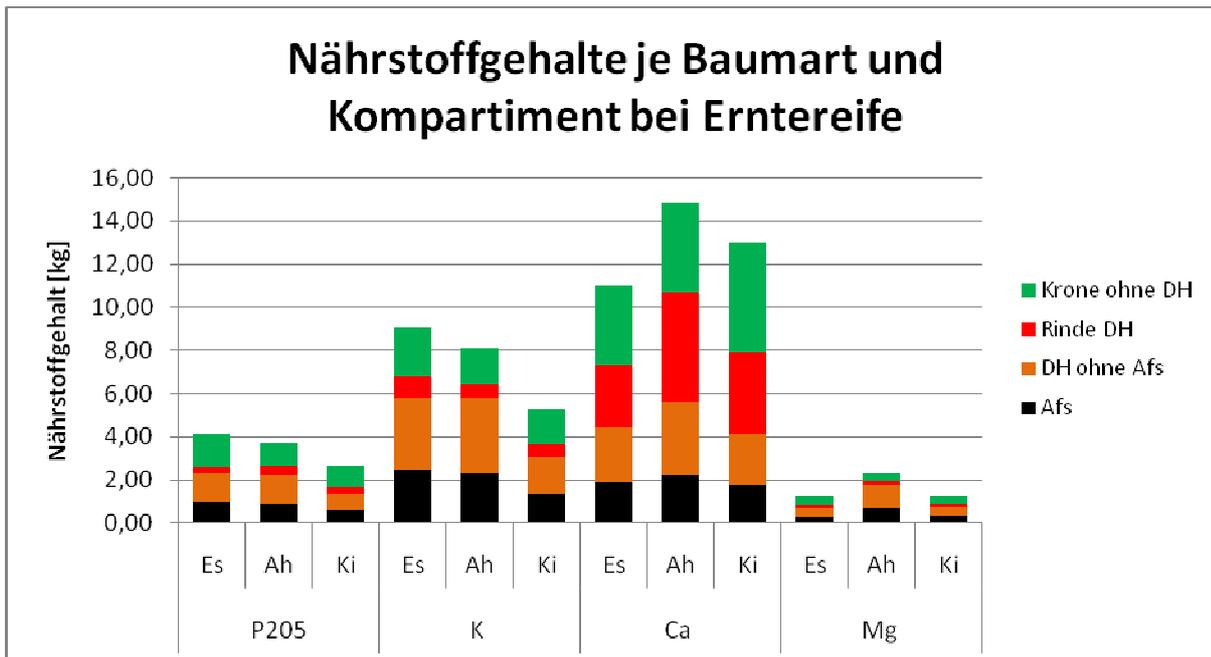


Abbildung 78: Nährstoffvorräte verschiedener Bestandteile eines Wertholzträgers am Ende der Produktionszeit nach 60 Jahren (Dimension: Höhe=30 m, BHD= 60 cm) (DH= Derbholz; Afs= astfreier Stammabschnitt).

In Abbildung 78 sind die Nährstoffgehalte der erntereifen Wertholzbäume der Baumarten Esche, Ahorn und Kirsche kompartimentsweise aufgeführt. Je nach Element gibt es große Unterschiede in der absolut enthaltenen Menge je Baum. Die Werte reichen von 1-2 kg für Magnesium bis hin zu 11-15 kg für Calcium. Die im Wertholzstamm enthaltenen Nährstoffmengen liegen bei allen Baumarten und Elementen unterhalb denen des restlichen Derbholzes. Die sehr hohen Calciumkonzentrationen in Rinde und Reisig (vergleiche Abbildung 77) spiegeln sich auch in dieser Grafik wieder. Beim Vergleich der Baumarten fällt auf, dass bei Phosphor und Kalium die Mengen in der Reihenfolge Esche, Ahorn, Kirsche abnehmen. Bezüglich Calcium- und Magnesiumvorräten finden sich für den Ahorn die größten Mengen.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich schließen, dass durch Wahl des Ernteszenarios der Entzug der Nährelemente von der Fläche maßgeblich gesteuert werden kann. Durch Belassen des feineren Kronenmaterials auf dem Wertholzstreifen kann z.B. der Nährstoffexport um ca. 25 bis 30 % gegenüber einer Vollbaumernte reduziert werden. Wird nach Verkauf des Wertholzabschnitts das restliche Derbholz mit Rinde als Brennholz verwendet und dessen Asche wieder ausgebracht, können bis zu 80 % der Nährstoffe rückgeführt werden. Durch Baumartenwahl kann je nach standortspezifischem Nährelementmangel der Entzug dieses Elements gezielt verringert werden. Zur Einschätzung der Intensität des Nährstoffentzugs durch die Wertholzproduktion wird im Folgenden der Nährstoffexport durch die Wertholzträger mit dem Nährstoffexport durch landwirtschaftliche Produktion innerhalb eines Agroforstsystems beispielhaft verglichen. Als Agroforstsystem wird das gleiche System wie in Tabelle 16 beschrieben als Berechnungsgrundlage herangezogen. Es wird eine Vollbaumernte unterstellt, das heißt die gesamten im Baum gespeicherten Nährstoffe werden mit der Ernte der Fläche entzogen.



Als Nährelementgehalte der hiebsreifen Bäume wurden Mittelwerte der untersuchten Baumarten in Abbildung 78 verwendet. Für das Agroforstsystem ergeben sich Nährstoffexporte durch die Wertholzproduktion wie in Tabelle 46 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**aufgeführt.

Tabelle 46: Nährstoffentzug durch Wertholzproduktion bei Vollbaumernte in einem Agroforstsystem je Baum (Dimension: Höhe=30 m, BHD= 60 cm), je ha und Jahr (35 Wertholzträger je ha, Produktionszeit= 60 Jahre).

<b>Mittlerer Nährelemententzug [kg] der untersuchten Baumarten (Es, Ah, Ki)</b>			
Nährelement	je Baum	je Hektar	je Hektar und Jahr (bei 60 jähriger Produktionszeit)
P205	3,5	122,8	2,0
K	7,5	261,7	4,4
Ca	13,0	453,7	7,6
Mg	1,6	55,4	0,9

Tabelle 47: Nährstoffentzug durch landwirtschaftliche Produktion mit verschiedenen Fruchtarten in einem Agroforstsystem mit 85 % landwirtschaftlicher Nutzung je Hektar und Jahr (med=mittlere Ertragerwartung). Angegebene Werte gelten für Gehalte des reinen Ernteguts, das heißt Erntereste der Hauptfrucht werden wieder in den Boden eingearbeitet. (zur Wertermittlung verwendete Quellen: LTZ 2008, Deutsche Saatveredelung 2010).

<b>Nährstoffentzug [kg] je Hektar und Jahr in einem Agroforstsystem (85 % landwirtschaftliche Nutzfläche)</b>			
Nährelement	Körnermais (med: 90 dt/ha)	Silomais (FM) (med: 550 dt/ha)	Winterweizen (med: 60dt/ha)
P205	61,2	84,2	40,8
K	31,6	193,3	25,3
Ca	13,8	47,1	-
Mg	9,3	19,9	6,2

Zum Vergleich zu den jährlichen Nährstoffentzügen durch die Wertholzproduktion sind in Tabelle 47 die jährlichen Nährstoffentzüge in dem beschriebenen Agroforstsystem durch landwirtschaftliche Produktion mit drei Fruchtarten dargestellt. Die jährlichen Nährstoffentzüge durch die Landwirtschaft innerhalb des Agroforstsystems belaufen sich auf ein Vielfaches dessen, was durch die Wertholzproduktion entzogen wird. Das angenommene Szenario beinhaltet Vollbaumernte bezüglich der Wertholzproduktion und Rückführung der Erntereste bezüglich der landwirtschaftlichen Produktion. Dies bedeutet, dass bei der Wertholzproduktion die intensivste, bei der Landwirtschaft eine extensive Nutzungsform unterstellt wurde. Die Unterschiede beim Nährstoffentzug vergrößern sich folglich dementsprechend bei veränderten Ernteschemata.



### 6.4.4.2 Fazit

Innerhalb eines Agroforstsystems mit ackerbaulicher Nutzung stellt die Wertholzproduktion bezüglich des Nährstoffentzugs somit den eindeutig extensiveren Teil der Flächennutzung dar. Intensive Düngung wie auf den landwirtschaftlichen Flächen empfohlen (vergl. LANDWIRTSCHAFTLICHES TECHNOLOGIEZENTRUM 2008) ist auf den Wertholzstreifen nicht erforderlich. Durch gezielte Baumartenwahl kann im Falle eines standortspezifischen Nährelementmangels der Entzug dieses Elements gezielt verringert werden.

### 6.4.4.3 Pappelklone

In Tabelle 48 sind die Laborergebnisse dargestellt.

Tabelle 48: Laborergebnisse der Nährstoffuntersuchung bei Pappelklonen

Bez.	N.	C	S	P	K	Ca	Mg	Na	Cl-	Asche	Fett(%)	Fe (ppm)	% Rohfaser*
<b>Hybride 275</b>	0,38	48,28	0,02	0,19	0,22	0,60	0,05	0,01	0,02	7,37	1,29	11,52	53,68
<b>Kornik</b>	0,29	48,39	0,02	0,15	0,20	0,72	0,04	0,01	0,02	1,68	1,00	5,36	55,18
<b>Monviso</b>	0,38	48,21	0,03	0,17	0,33	0,71	0,05	0,01	0,03	2,12	1,15	7,67	54,70
<b>Max 3</b>	0,36	48,83	0,02	0,14	0,23	0,60	0,04	0,01	0,03	1,70	1,28	16,42	57,10
<b>Mean</b>	<b>0,35</b>	<b>48,43</b>	<b>0,02</b>	<b>0,16</b>	<b>0,24</b>	<b>0,66</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>3,22</b>	<b>1,18</b>	<b>10,24</b>	<b>55,17</b>

Betrachtet man die Ergebnisse der Mengenelemente (Abbildung 79) so zeigt sich, dass bei allen Klonen keine nennenswerten Unterschiede zu verzeichnen sind.

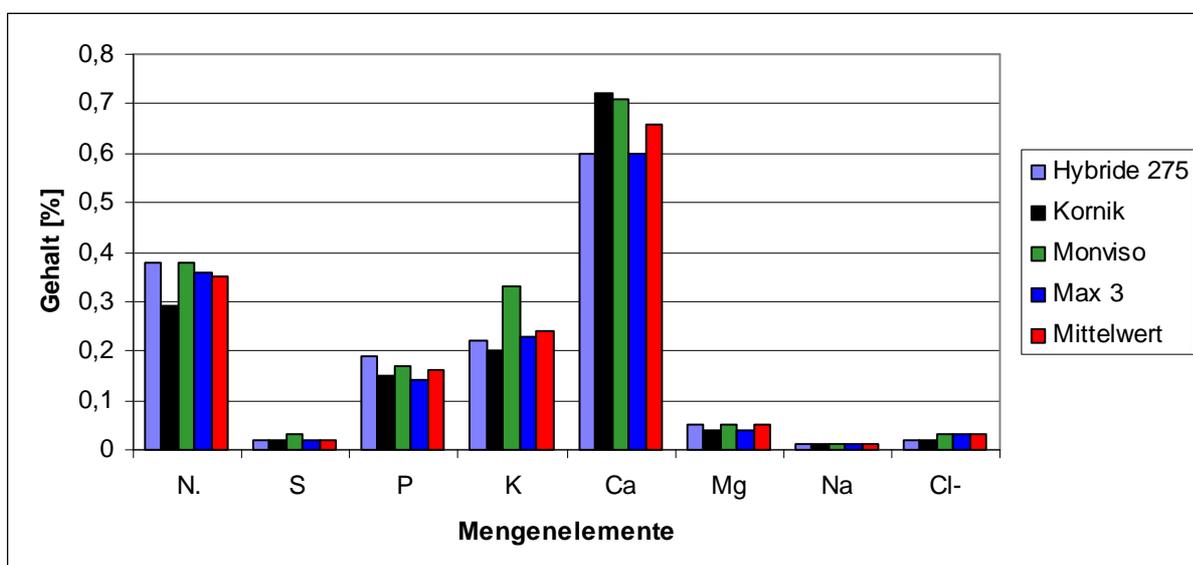


Abbildung 79: Mengenelemente der vier verschiedenen Pappelklone



Betrachtet man die in Tabelle 48 und Abbildung 79 angegebenen Werte und vergleicht sie mit den aus der Literatur entnommenen Vergleichswerten (Tabelle 49), so fallen die leicht erhöhten P- und Ca- Werte auf, wohingegen N und K sich auf einem sehr niedrigen Niveau befinden.

Tabelle 49: Literaturwerte zum Gehalt von Mengenelementen in Pappeln

Quelle:	N	S	P	K	Ca	Mg	Cl-
	[% TS]						
Launhardt 2000	0,38	0,03	0,09	0,36	0,47	0,04	0,00
Röhricht 2008: Muhle Larsen*	0,52	---	0,10	0,37	0,40	0,05	---
Röhricht 2008: Max 1*	0,51	---	0,11	0,43	0,54	0,06	---
Röhricht 2008: Max 3*	0,55	---	0,10	0,47	0,46	0,06	---
Röhricht 2008: Beaupré*	0,31	---	0,11	0,37	0,35	0,06	---
Röhricht 2008: Astria*	0,53	---	0,08	0,30	0,35	0,05	---
Röhricht 2008: Münden*	0,54	---	0,10	0,33	0,49	0,05	---
<b>Mittelwert eigene Untersuchung</b>	<b>0,35</b>	<b>0,02</b>	<b>0,16</b>	<b>0,24</b>	<b>0,66</b>	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>

\*3 Jahre (Mittel von drei Umtrieben)

#### 6.4.5 Bewertung der Eignung des Kurzumtriebsholzes und des Kronenholzes der Wertholzträger für die thermische Verwertung

Die Brennstoffqualität setzt sich aus einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren zusammen. Sie wird nach Kauter et al. (2001) durch verschiedenen Parameter bestimmt:

- 1 technische Qualität: Verhalten bei Verbrennung
- 2 umweltbeeinflussende Qualität: Emissionsverhalten
- 3 energetische Qualität: Energiegehalt

Dabei ist zu beachten, dass verschiedene Stoffe Einfluß auf mehrere Bereiche haben kann. Dazu hält Kauter et al. (2001) fest:

“Beispielsweise wirkt Cl beim Verbrennungsvorgang korrosiv und verursacht gleichzeitig unerwünschte Emissionen. Erfahrungsgemäß können bei Pappelholz aus Kurzumtriebswirtschaft die N- und Schwermetallkonzentrationen (vor allem Cd, Zn, Cu) sowie der Wassergehalt kritische Werte erreichen.“

Gerade der Wassergehalt spielt bei der Verwendung von Hackschnitzeln aus Kurzumtriebsholz eine wichtige Rolle. Er hat einen direkten Einfluß auf Heizwert, Lagerfähigkeit (Entwicklung von Pilzsporen), Verluste und kann sogar bei falscher Lagerung zu einer Selbstentzündung des Hackgutes führen. Durch eine dem Brennvorgang vorgelagerte Trocknung können die negativen Auswirkungen in diesem Bereich aber deutlich reduziert werden.



Tabelle 50: Chemisch- stoffliche Qualitätsmerkmale biogener Brennstoffe und ihre wichtigsten Auswirkungen (IBS 2010)

Qualitätsmerkmal	Auswirkungen
Wassergehalt	
Heizwert	Brennstoffausnutzung, Anlagenauslegung
Elementgehalte:	
CL	HCL-, PCDD/F-Bildung, Hochtemperaturkorrosion
N	NOx-, HCN- und N2O-Emission
S	SOx-Emissionen, Hochtemperaturkorrosion
K	Hochtemperaturkorrosion, Ascheerweichungsverhalten
Mg, Ca, O	Ascheerweichungsverhalten, Ascheeinbindung von Schadstoffen, Ascheverwertung
Schwermetalle	Ascheverwertung, Schwermetallemission, z. T. katalytische Wirkung bei PCDD/F-Bildung
Aschegehalt	Partikelemission (Staub) Rückstandsbildung und -verwertung

Da der Aschegehalt wie in Tabelle 50 gezeigt eine wichtige Rolle bei der Partikelemission und der Rückstandsbildung und –verwertung spielt, wurden die in diesem Projekt gewonnenen Proben auch auf ihren Aschegehalt hin untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 51 zu sehen.

Tabelle 51: Aschegehalte der vier verschiedenen Pappelklone und der Wertholzträger

	Asche [%]
Hybride 275	7,37
Kornik	1,68
Monviso	2,12
Max 3	1,7
Kirsche	2,22
Esche	2,49
Bergahorn	3,11

Auffällig hoch ist der Wert für den Klon „Hybride 275“ und scheint fehlerhaft zu sein, da sowohl die Werte der drei anderen Pappelklone ein wesentlich niedrigeres Niveau zeigen, wie auch Vergleiche mit Werten aus der Literatur (Tabelle 52) nahe legen.



Tabelle 52: Verbrennungstechnische Kennwerte von Pappel - Alle Angaben bezogen auf die Trockenmasse (TM) (Launhardt 2000)

Brennstoff	Heizwert [kJ/kg]	Flüchtige Bestandteile [%]	Aschegehalt [%]
Pappel gehackt	18 546	81,0	2,18

Die Werte der anderen Klone und Baumarten weisen bezüglich ihres Aschegehaltes keine Besonderheiten auf und sind mit 2,96 % Aschegehalt für die thermische Verwertung geeignet.

#### 6.4.5.1 Bestimmung der Biomasse des Klons Hybride 275

Da für die Berechnung der Nährstoffentzüge genaue Daten über die Biomasse vonnöten sind, wurden im Herbst 2009 auf der Versuchsfläche Pappeln der Klone Hybride 275, Max 3, Monviso und Kornik 21 geerntet, die Frischmasse und andere Parameter wie Brusthöhendurchmesser (BHD), Wurzelhalsdurchmesser (RCD) und Höhe (h) erfasst und Holzproben für die Nährstoffanalyse gewonnen. Danach wurden die erhobenen Daten analysiert und für den Klon Hybride 275 beispielhaft als Basis für weitere Berechnungen verwendet.

In den Abbildung 80 und Abbildung 81 kann man die enge Korrelation zwischen BHD und Frischmasse sowie RCD und Frischmasse gut erkennen.

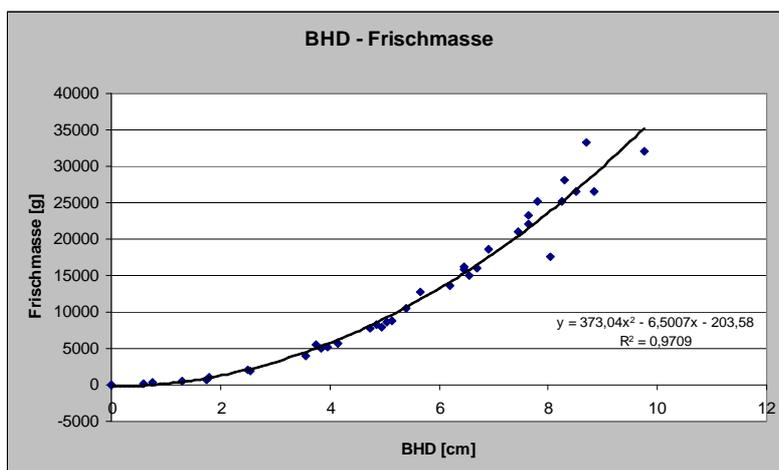


Abbildung 80: Verhältnis von BHD zur Frischmasse

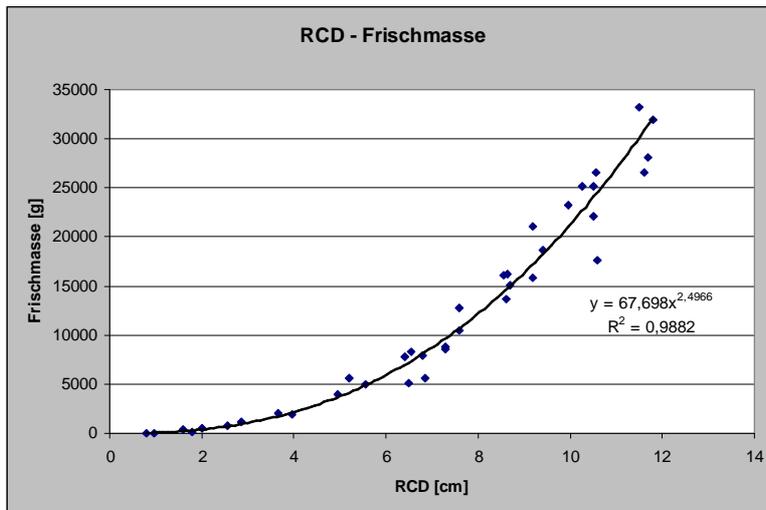


Abbildung 81: Verhältnis RCD zur Frischmasse

Bei der Betrachtung der Gesamtergebnisse fallen die starke Spreitung der Ergebnisse bei der Frischmasseaufnahme und den anderen Kennwerte wie BHD und RCD auf. Diese sind auf die starken Fegeschäden, die starke Zuwachseinbußen und teilweise auch das komplette Absterben der Pflanzen zur Folge hatten, zurückzuführen.

Tabelle 53: Ergebnisse der Pappelbeerntung

	BHD [cm]	RCD [cm]	Länge [cm]	Gesamtgewicht Frisch [g]
<b>Minimum</b>	0,0	0,8	100,0	10,4
<b>Maximum</b>	9,8	11,8	1020,0	33218,2
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>5,2</b>	<b>7,1</b>	<b>659,13</b>	<b>12460,26</b>

Die Ergebnisse der Biomasseerfassung liefern, basierend auf den Werten von Tabelle 53, durchschnittliche Frischmassezuwächse von 20,8 t/(ha\*a). Rechnet man dies in Trockenmasse um so ergibt sich eine Trockenmasse von: **10,9 t/(ha\*a)**

Die maximal mögliche Biomasseproduktion kann über den leistungsstärksten Baum mit einem Frischgewicht von 33,2 kg (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) berechnet werden. Sie läge bei einem jährlichen Trockenmassezuwachs von 29,3 t/ha.

Berechnet man nun basierend auf den oben genannten Biomasseerträgen (10,9t/(ha\*a)) einen jährlichen Hektarwert so erhält man die in Tabelle 54 gezeigten Ergebnisse.



Tabelle 54: Durchschnittliche jährliche Menge an gebundenen Mengenelementen pro Hektar

Klon	N.	S	P	K	Ca	Mg	Na	Cl-
	[kg]							
Hybride 275	41,42	2,18	20,71	23,98	65,40	5,45	1,09	2,18
Kornik	31,61	2,18	16,35	21,80	78,48	4,36	1,09	2,18
Monviso	41,42	3,27	18,53	35,97	77,39	5,45	1,09	3,27
Max 3	39,24	2,18	15,26	25,07	65,40	4,36	1,09	3,27
Mean	38,42	2,45	17,71	26,71	71,67	4,91	1,09	2,73

Ein Vergleich mit den in Tabelle 47 genannten Werten für andere landwirtschaftliche Kulturen zeigt, dass vor allem die intensive Bewirtschaftung mit Mais wesentlich höhere Nährstoffentzüge zur Folge hat. Lediglich Winterweizen ist hinsichtlich des K- und Mg- Entzuges mit den Pappelklonen vergleichbar. Auffällig ist, dass die Klone einen stark erhöhten Ca- Wert aufweisen, der im Vergleich zum Körnermais sogar fünf mal so hoch ausfällt.

#### 6.4.5.2 Fazit

Die Anlage von Kurumtriebsplantagen bietet hinsichtlich des Nährstoffentzuges eine extensivere Alternative zu den herkömmlichen landwirtschaftlichen Kulturen. Die hier festgestellten erhöhten Ca-Entzüge müssten gegebenenfalls durch Düngung ausgeglichen werden.

### 6.4.6 Wirkung von Wertholzträgern und Kurzumtrieb auf die Nährstoffverfügbarkeit landwirtschaftlicher Flächen

*Frieder Seidl*

#### 6.4.6.1 Einleitung

Neben der Konkurrenz um Licht und Wasser haben Bäume auch Einfluss auf die Nährstoffversorgung der landwirtschaftlichen Kulturen. In diesem Arbeitspaket wurde daher der aktuelle Stand in der wissenschaftlichen Literatur zu dieser Thematik aufgearbeitet werden. Da insbesondere zu silvoarablen Agroforstsystemen in Mitteleuropa kaum Daten vorliegen, wurden anhand von Agroforst-Pilotflächen hierzu erstmalig in Deutschland Bodenproben in modernen silvoarablen Agroforstsystemen entnommen. Diese wurden auf die genannten Parameter untersucht, um Vergleichswerte für nachfolgende Untersuchungen zu erhalten.



### 6.4.6.2 Stand des Wissens

Im Folgenden wird ein Überblick über vorhandene Versuchsergebnisse aus der gemäßigten Klimazone gegeben. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, wurde das Land der Versuchsanstellung bei den Zitaten ergänzt.

Neben einer Konkurrenz um Nährstoffe (z.B. NAIR 1993), können Bäume auch zur Anreicherung derselben beitragen. Bäume können durch Laubfall und die regelmäßige Erneuerung ihrer Feinwurzeln Nährstoffe an den Boden zurückgeben (z.B. JOSE ET AL. 2000, USA). Mehrjährige Gehölze können aufgrund ihres tiefen Wurzelsystems Nährstoffe in unteren Bodenschichten erschließen. Diese werden über den Laubfall und Wurzelumsatz an den Oberboden abgegeben und stehen nach dem Abbau den landwirtschaftlichen Kulturen zur Verfügung. Bäume in AFS fungieren daher auch als eine Art Nährstoffpumpe (MORENO & OBRADOR 2007, Spanien, PALMA 2006, Spanien/Frankreich/Niederlande). 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 (N, P, K, Ca, Mg) an den Boden zurückgibt (LARCHER 2001). Auch können Auswaschungsverluste der Nährstoffe Nitrat und Phosphor durch die Aufnahme der Baumwurzeln in tieferen Bodenschichten reduziert werden (RIGUERIO-RODRIGUEZ ET AL. 2009). Innerhalb von Baumstreifen wurde beispielsweise auch ein höherer Gesamtstickstoffgehalt als in den Feldstreifen gemessen (UDAWATTA ET AL. 2008, USA). Sowohl der Effekt der "Nährstoffpumpe" als auch die Nährstoffkonkurrenz nehmen allerdings mit zunehmendem Abstand von der Baumreihe ab. Untersuchungen in spanischen Dehesas (beweidete Eichenhaine) ergaben beispielsweise eine signifikante Steigerung der Bodenfruchtbarkeit durch die Anwesenheit von Bäumen nur in deren unmittelbarer Umgebung (OBRADOR & MORENO 2004, Spanien). Neuere Untersuchungen in Agroforstsystemen mit Steineichen und Hafer zeigten, dass die Kaliumgehalte im Abstand von 2,5 m von den Stämmen deutlich über den Werten in 10 und 15 m Entfernung lagen. Aber auch im Abstand von fünf Metern waren noch leicht erhöhte Werte zu finden (MORENO & OBRADOR 2007, Spanien).

### 6.4.6.3 Untersuchungen zu Nährstoffgehalten

#### 6.4.6.3.1 *Material und Methoden*

Untersuchungsflächen und Probennahme:

Für die Untersuchung der Wirkung von Baumstreifen auf die Nährstoffverfügbarkeit landwirtschaftlicher Flächen wurden die für die Untersuchung des Einflusses von AFS auf die Bodeneigenschaften entnommenen Bodenproben zusätzlich auf die Nährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium untersucht. Eine Beschreibung der Untersuchungsflächen sowie der Probennahme findet sich im Kapitel Einfluss von AFS auf die Bodeneigenschaften.



#### 6.4.6.3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Bodenanalysen der Agroforstsysteme in Blaufelden (1), Karlsruhe-Stupferich (2a und 2b) und Groß Zecher (3) sind in Tabelle 55 dargestellt.

Die gemessenen Nährstoffgehalte der Fläche 1 liegen in der Krume in fast allen Fällen in der anzustrebenden Gehaltsklasse C (LTZ 2009). Im Bereich zwischen 31 und 90 cm liegen der Kalium- und der Phosphorgehalt in Gehaltsklasse B, also etwas niedriger. Lediglich der Magnesiumgehalt bewegt sich hier in Gehaltsklasse C. Da auf der Fläche in Blaufelden bereits vor der Anlage des Agroforstsystems ackerbaulich genutzt wurde, sind die Nährstoffgehalte entsprechend eingestellt. Ein Unterschied zwischen den Nährstoffgehalten in den Baumreihen und in den verschiedenen Abständen konnte hier nicht gezeigt werden. Lediglich der Phosphorgehalt verringert sich in der Krume von einem Abstand von 5 m bis zur Mitte zwischen zwei Baumstreifen von 21 mg/100 g (D) auf 8 mg/100 g (B). Da auf der Fläche auch innerhalb eines Feldstreifens verschiedene Kulturen angebaut werden, könnte dies auf die unterschiedlichen Entzüge zurückzuführen sein.

Wie oben bereits erwähnt wurde das AFS in Karlsruhe-Stupferich (Fläche 2) erst vor kurzer Zeit angelegt. Daher wird durch die Messung der Nährstoffgehalte lediglich der Ist-Zustand aufgezeigt. Eine Auswirkung des AFS auf die Nährstoffgehalte ist noch nicht gegeben. Auf beiden Flächen (2a und 2b) lagen die Gehalte von Phosphor und Kalium zu Beginn des Jahres fast ausschließlich in den Gehaltsklassen A und B. Dies lässt sich durch den Umstand erklären, dass die Fläche vor Anlage des AFS kaum genutzt bzw. nur notdürftig gepflegt wurde, und davon auszugehen ist, dass auch keine Düngung stattgefunden hat und daher die Phosphor- und Kaliumgehalte entsprechend gering sind. Damit sind die Böden für eine ackerbauliche Nutzung eher unterversorgt. Im Gegensatz dazu lagen die Magnesiumgehalte durchweg in Gehaltsklasse E. Die hohen Magnesiumwerte lassen sich möglicherweise durch die hohen pH-Werte und den entsprechend höheren Calciumgehalt im Boden erklären. Die Mg-Aufnahme der Pflanzen sinkt, wenn verhältnismäßig viel Ca in der Bodenlösung vorliegt, und reichert sich damit auf Dauer an (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

In Groß Zecher (Fläche 3) liegen die Werte für den Phosphorgehalt in der Krume bis zu einem Abstand von 5 m von den Baumstreifen in der Gehaltsklasse C. Lediglich in der Mitte zwischen den Baumstreifen sinkt der Gehalt in der Krume in Klasse B ab. Bis auf diesen Abfall ist ein stetiger Anstieg des P-Gehaltes mit zunehmender Entfernung zum Baumstreifen zu beobachten (siehe Abbildung 82). Diese Tendenz ist auch in einer Tiefe von 31 - 90cm zu sehen, jedoch bewegen sich die Werte hier in den Gehaltsklassen A und B. Der Kaliumgehalt liegt am Baumstreifen, wie auch bis zu einem Abstand von 1 m in allen drei Beprobungsschichten im Bereich von Gehaltsklasse A und ist damit sehr gering. In einem Abstand von 5 m steigt der Gehalt sprunghaft an. Hier liegt er in Klasse D in der Krume und in Klasse C in den beiden unteren Schichten (siehe Abbildung 83). Eine ähnliche Kurve ergibt sich auch für den Magnesiumgehalt (siehe Abbildung 84).

Die niedrigeren Nährstoffwerte auf den Baumstreifen und in unmittelbarer Nähe von diesen sind vermutlich auf die unterlassene Düngung der Baumstreifen zurückzuführen. Ein Einfluss der Wertholzträger auf die Nährstoffgehalte kann noch nicht beurteilt werden.

Eine weitergehende Beurteilung der Nährstoffwerte, lässt sich erst nach wiederholten Messungen auf den untersuchten Flächen vornehmen.

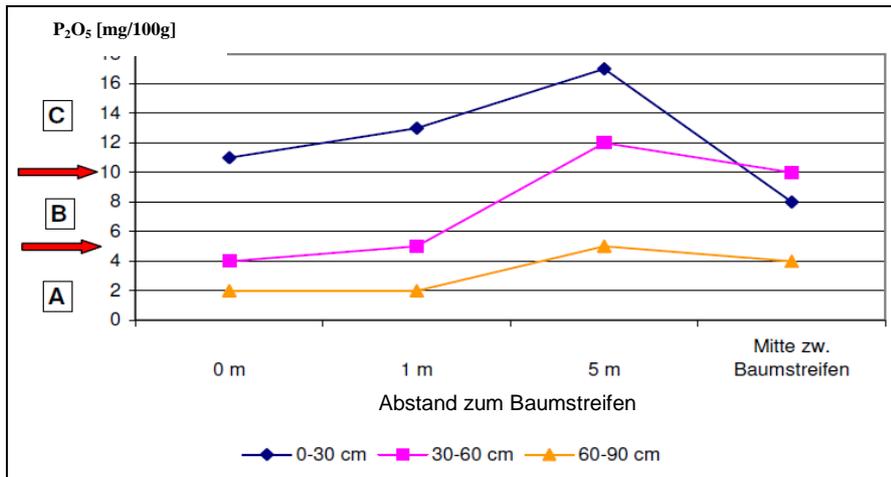


Abbildung 82: Phosphorgehalte ( $P_2O_5$ ) auf Fläche 3 in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen (rote Pfeile markieren die Grenzen zwischen den Gehaltsklassen)

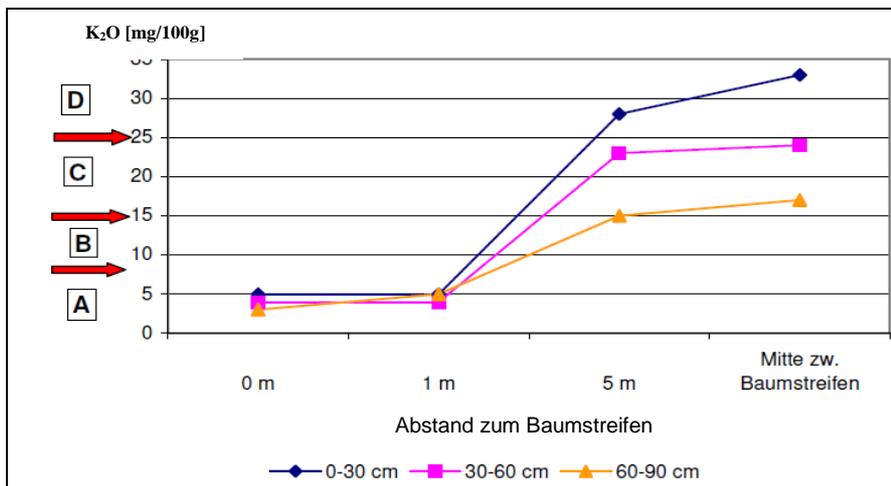


Abbildung 83: Kaliumgehalte ( $K_2O$ ) auf Fläche 3 in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen (rote Pfeile markieren die Grenzen zwischen den Gehaltsklassen)

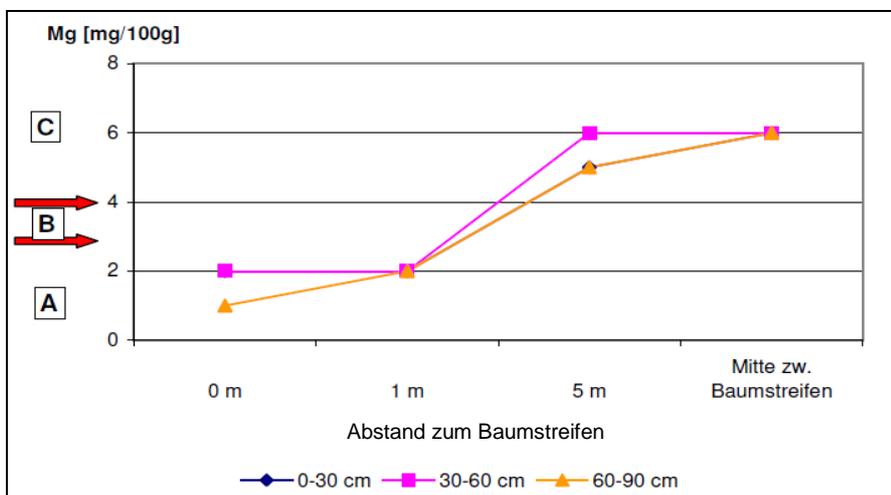


Abbildung 84: Magnesiumgehalte (Mg) auf Fläche 3 in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen (rote Pfeile markieren die Grenzen zwischen den Gehaltsklassen)



Tabelle 55: Ergebnisse der Bodenanalysen (Phosphor-, Kalium- und Magnesiumgehalt in Abhängigkeit des Abstands zu den Baumstreifen)

Datum der Proben- nahme	Fläche	Bodenart	Bodentiefe [cm]	Abstand 0 m			Abstand 1 m			Abstand 5 m			Mitte zw. zwei Baumstreifen		
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [mg/100g]	K <sub>2</sub> O [mg/100g]	Mg [mg/100g]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [mg/100g]	K <sub>2</sub> O [mg/100g]	Mg [mg/100g]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [mg/100g]	K <sub>2</sub> O [mg/100g]	Mg [mg/100g]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [mg/100g]	K <sub>2</sub> O [mg/100g]	Mg [mg/100g]
18.11.2009	1	uL	0-30	16	24	10	17	18	10	21	21	10	8	25	9
	1	uL	31-60	11	15	10	10	13	10	8	12	8	5	16	9
	1	uL	61-90	7	10	10	6	11	10	10	15	7	5	9	9
17.11.2009	2a	tL	0-30	2	15	50	2	21	50	1	20	54	10*	20*	48*
	2a	tL	31-60	1	8	46	1	10	46	1	9	42	6*	9*	49*
	2a	tL	61-90	1	5	34	1	6	36	1	5	32	3*	8*	33*
17.11.2009	2b	tL	0-30	1	18	44	1	11	36	1	20	32	1	10	45
	2b	tL	31-60	1	10	50	1	9	43	1	13	41	1	8	48
	2b	tL	61-90	2	5	37	1	5	39	1	5	43	1	6	37
16.04.2010	3	l'S	0-30	11	5	2	13	5	2	17	28	5	8	33	6
	3	l'S	31-60	4	4	2	5	4	2	12	23	6	10	24	6
	3	l'S	61-90	2	3	1	2	5	2	5	15	5	4	17	6

\*Proben wurden nicht in die Auswertung einbezogen, da die Probennahme aufgrund des Verlusts der Originalprobe nachträglich (nach der Düngung) stattgefunden hat.



## 7 Ergebnisse und Diskussion

Die in diesem Projekt gewonnenen Daten und Ergebnisse sind als überaus positiv einzustufen. Wie geplant konnten viele noch offene Fragen zu der Thematik AFS geklärt werden, positive Auswirkungen von AFS aus Sicht des Umweltschutzes (Natur-, Arten-, Wasser- und Bodenschutz) quantifiziert werden, Naturschutzleistungen und zusätzliche Ertragsmöglichkeiten, zum Beispiel durch die Möglichkeit der Wertholzproduktion optimiert werden.

Vor dem Hintergrund der kurzen Projektlaufzeit wurde ein außergewöhnlich breites Spektrum an Themen bearbeitet. Unterschiedlichste wissenschaftliche Methoden kamen zum Einsatz um die verschiedenen Teilbereiche innerhalb des Projekts zu bearbeiten:

- Analyse von Holzproben
- Analyse von Nährstoffproben
- Analyse von Bodenproben
- Erosionsmessungen
- Beschattungsversuche
- Zeitstudien
- Waldwachstumskundliche Messungen (unter Anwendung innovativer Methoden: Laserscanning, Dendrometer)
- Befragungen, Interviews

Die Vielfalt der Forschungsmethoden und Ergebnisse spiegelt die Komplexität von AFS wider. Nur durch eine solch umfassende Betrachtungs- und Herangehensweise ist es möglich die Interaktionen der Bestandteile eines AFS zu erfassen und zu bewerten. Die oben aufgeführten Ergebnisse zeigen, dass dies innerhalb des Projekts gelungen ist. Da die Daten jedoch nur eine Vegetationsperiode lang erfasst wurden müssen die Ergebnisse durch längerfristige Beobachtungen bestätigt werden.

### Schwächen:

- Als im Rückblick nicht optimal wird die kurze Laufzeit des Projektes eingestuft. Für eine kontinuierliche Bearbeitung des Themas wäre eine längere Dauer zuträglicher gewesen. Mehrjährige Untersuchungen sind unbedingt erforderlich, um die langlebigen Komponenten (z. B. Bäume), sowie die langfristigen Auswirkungen von AFS auf die Umwelt (z.B. Boden, Nährstoffhaushalt, Flora und Fauna, Kleinklima) erforschen zu können.

### Stärken:

- Sehr gute Zusammenarbeit zwischen den Partnern  
Durch die seit Jahren bestehende gemeinsame Arbeit im Gebiet der AFS konnten sich die Partner in ihrer Arbeit optimal ergänzen. Dadurch konnten unnötige Zeitverluste durch Abstimmungs- und Kommunikationsprobleme gänzlich vermieden werden.



- 
- Erfolge bei der Umsetzung von AFS in die Praxis  
Agroforstflächen sind mittlerweile nicht mehr nur als Versuchs- oder Demonstrationsobjekte vorzufinden. Immer mehr private und öffentliche Landbewirtschafter interessieren sich für AFS als moderne Landnutzungsform. Durch die kontinuierliche Arbeit der Projektpartner zum Thema AFS kommunaler Ebene werden AFS als interessante Option der Landbewirtschaftung wahrgenommen, wie das Beispiel Donzdorf (Beitrag vom Umweltbeauftragten der Stadt Donzdorf Herr Krause bei der Tagung in Freiburg) zeigt.
  - Erfolge bei der Anerkennung als Ausgleichsmaßnahme  
In Baden-Württemberg sollen AFS als eigene Landnutzungsform und Kompensationsmaßnahme in Form von *silvopastoralen* AFS als „Wertholzweiden“ anerkannt werden.



## 8 Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wurde versucht über verschiedenste Medien die Zielgruppen zu erreichen. Als sehr erfreulich ist der Beitrag des SWR zu bewerten. Ein Redakteur und ein Kamerateam des SWR nutzte den Exkursionsteil der Tagung am 06.10.2010 die Thematik Agroforstsysteme aufzugreifen. Da der Beitrag in der Sendung SWR- Baden-Württemberg Aktuell gebracht wurde konnten viele Leute angesprochen und für das Interesse an der Thematik geweckt werden.

### 1. Tagung:

Im Rahmen des Projektes Multifunktionale Bewertung von Agroforstsystemen fand am 06.10.2010 unter dem Titel „Agroforstsysteme – Eine Chance für Bewirtschafter, Natur und Landschaft“ eine abschließende Tagung in Freiburg i. Br. statt. Zielgruppe waren Landwirte, Kommunen, Ministerien, Landschaftsplaner, Naturschutz, Flurbereinigungsbehörden, Holzverarbeiter, u.a. . Erfreulich war die große Teilnehmerzahl, die das rege Interesse an der Thematik zeigte. Auf einen Vortragsblock am Vormittag folgte am Nachmittag ein Exkursionsteil auf eine vom Institut für Waldwachstum betreute Demonstrationsfläche bei Breisach. Dort wurde an Hand verschiedener Beispiel die Umsetzung in die Praxis gezeigt.

### 2. Publikationen:

Um das Ziel des Wissenstransfers zu erreichen, wurden bereits einige Publikationen in Fachzeitschriften eingereicht. Hierbei sollen sowohl die Praktiker erreicht werden (Artikel für die Badische Bauernzeitung (BBZ) und die Allgemeine Forstzeitschrift (AFZ)) wie gewonnene wissenschaftlich relevante Ergebnisse dem Fachpublikum zugänglich gemacht werden (Forest Ecology and Management). Weitere Artikel sind bereits eingereicht, oder befinden sich noch in der Vorbereitung.

Bereits erschienene/ akzeptierte Artikel:

- Springmann, S., Morhart, C., Spiecker, H., Oelke, M., Konold, W., Seidl, F. & Mastel, K. 2010: *Agroforstsysteme – Eine Chance für Bewirtschafter, Natur und Landschaft*; AFZ- Der Wald 22; S. 24-25
- Morhart, C., Springmann, S., Spiecker, H. 2010: *Ein modernes Agroforstsystem – Aufwertung von Kurzumtriebsplantagen mit Wertholzbäumen*; AFZ- Der Wald 22; S. 26-28
- Kaiser, C. 2010: *Wertholzbäume im Weizenfeld- Zukunftsmusik oder schon praxisreif?*; BBZ 41, S.20-21
- Springmann, S., Rogers, R. & Spiecker, H. 2010: *Impact of artificial pruning on growth and secondary shoot development of wild cherry (Prunus avium L.)*. Forest Ecology and Management: accepted for publication.



### 3. Fernsehbeitrag:

Waetzel, A. 2010: Agroforstsysteme; In: SWR- Baden-Württemberg Aktuell am 06.10.2010

### 4. Website:

Um sich einer breiten Öffentlichkeit zu präsentieren wurde eine projekteigene Website erstellt, auf der sich Interessierte über das Projekte und AFS allgemein informieren können. Die Website wird auch über das Ende des Projektes hinaus gepflegt werden.

Link: <http://www.agroforst.multifunktion.uni-freiburg.de>

## 9 Fazit

Die in diesem Bericht vorgestellten Ergebnisse tragen weiter dazu bei die komplexen Wechselwirkungen, aber auch die Vor- und Nachteile von AFS zu verstehen. Mit dem stetig wachsenden Wissen können die immer noch vorhandenen Vorbehalte der Landnutzer an einer praktischen Umsetzung weiter abgebaut werden und weitere wichtige Schritte auf dem Weg zur flächendeckenden Umsetzung gemacht werden. Die gezielte Öffentlichkeitsarbeit und die Klärung der rechtlichen Fragen sind ein wichtiger Grundstein für die weitere Verbreitung von AFS.



## 10 Literaturverzeichnis

- Achtziger, R., Richert, E. (1997): Aufbau reichgegliederter Waldränder – Überlegungen zu Schutz und Entwicklung. – In: Naturschutzforschung in Franken II. Materialien der ökologischen Bildungsstätte Oberfranken (Hrsg.). – Naturschutzzentrum Wasserschloß Mitwitz. Materialien 1/97: 47-50.
- AEF (Administration des Eaux et Forêts; Hrsg.; 2008): Seltene einheimische Baumarten in Luxemburg. Luxemburg: AEF. 59 S.
- Aha , Ad-hoc-AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Aufl. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- Alcorn, P.J., Bauhus, J., Thomas, D.S., James, R.N., Smith, R.G., Nicotra, A.B., 2008. Photosynthetic response to green crown pruning in young plantation-grown *Eucalyptus pilularis* and *E. cloeziana*. *Forest Ecology and Management* 255, 3827-3838.
- Amt für Waldwirtschaft, Landratsamt Ortenaukreis 2010: Waldwirtschaft 2011- Privatwaldinfo für den Ortenaukreis. 44 S.
- Anderson, S.H., Udawatta, R.P., Seobi, T., Garrett, H.E. (2009): Soil water content and infiltration in agroforestry buffer strips. *Agroforestry systems* (75): 5-16.
- Anonymus (2010) Der ganzheitliche natürliche Landbau als ökologische Alternative für die Landwirtschaft und den Obst- und Gemüsebau. Internet-Link: <http://www.lebensgut-cobstaedt.de/oeko.html> [09.06.2010]
- Atteslander, P. (2006): Methoden der empirischen Sozialforschung. 11. Auflage. – Berlin: Erich Schmidt Verlag, 357 S.
- Ausgleichsagentur (2010): <http://www.ausgleichsagentur.de> [26.01.2010]
- Balandier, P., 1997. A method to evaluate the needs and efficiency of formative pruning of fast growing broad-leaved trees and results of an annual pruning. *Canadian Journal of Forest Research* 27, 809-816.
- Bauer, S. & Keil, C. (2005): Kompensation mit der Landwirtschaft im Rahmen der Eingriffsregelung. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 37 (4): 122-125.
- BauGB, Baugesetzbuch (2010): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) geändert worden ist. Abrufbar unter: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbaug/gesamt.pdf> [25.03.2010]
- Baumer, M. (1998): Getreidebau. Gerste. In: Die Landwirtschaft: Lehrbuch für Landwirtschaftsschulen. Bd.1. Pflanzliche Erzeugung: 286-308.
- BayNatSchG Bayerisches Naturschutzgesetz (2010): abrufbar unter: [http://www.verwaltung.bayern.de/Volltextsuche.117.htm?purl=http://by.juris.de/by/NatSchG\\_BY\\_2005\\_rahmen.htm](http://www.verwaltung.bayern.de/Volltextsuche.117.htm?purl=http://by.juris.de/by/NatSchG_BY_2005_rahmen.htm) [27.02.2010]



- Behlert, R. (1995): Pflege- und Unterhaltungsmaßnahmen an Hecken in der freien Landschaft. – In: LÖBF (Landesanst. f. Ökologie, Bodenordnung u. Forsten; Hrsg.; 1995): Hecken: Ökologische Funktion, Anpflanzung, Pflege und Erhaltung. LÖBF-Mitteilungen 3/1995: 27–31.
- BELF (Bayer. Staatsministerium f. Ernährung, Landwirtschaft und Forsten; Hrsg.; 1995): Naturnahe Hecken durch Verwendung autochthoner Gehölze. Ländliche Entwicklung in Bayern, Materialien 33/1995. München: Bayerische Verwaltung für Ländliche Entwicklung. 59 S.
- Bemmann, A., Feger, K., Gerold, D., Große, W., Hartmann, K., Petzold, R., Röhle, H., Schweinle, J. und Steinke, C. 2007: Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen in der Region Großenhain im Freistaat Sachsen; Forstarchiv 78, 95–101
- Bender, B., Chalmin, A., Reeg, T., Konold, W., Mastel, K., Spiecker, H. (2009): Moderne Agroforstsysteme mit Werthölzern. Leitfaden für die Praxis. 51 S.
- Berger, H.-J. (1995): Die Anlage einer modifizierten Benjes-Hecke. – In: LÖBF (Landesanst. f. Ökologie, Bodenordnung u. Forsten; Hrsg.; 1995): Hecken: Ökologische Funktion, Anpflanzung, Pflege und Erhaltung. LÖBF-Mitteilungen 3/1995: 18–22.
- Blanco H. & Lal R. (2008): Principles of Soil Conservation and Management. – New York: Springer: 617 S.
- BLU Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (2003): Bauen im Einklang mit Natur und Landschaft. - Ein Leitfaden. Abrufbar unter: [http://www.stmug.bayern.de/umwelt/naturschutz/doc/leitf\\_oe.pdf](http://www.stmug.bayern.de/umwelt/naturschutz/doc/leitf_oe.pdf) [24.02.2010]
- BLU Bayerisches Landesamt für Umwelt (2010): schriftliche Mitteilung
- BNatSchG, Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege Bundesnaturschutzgesetz (2010): Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542). [http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bnatschg\\_2009/gesamt.pdf](http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bnatschg_2009/gesamt.pdf) [25.03.2010]
- Boelcke, B. 2006: Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen – Leitfaden zur Erzeugung von Energieholz Hrsg. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg- Vorpommern; Schwerin, 35. S.
- Bomme, U. (2004): Möglichkeiten und Grenzen der Feldproduktion von Heil und Gewürzpflanzen. Vortrag auf dem Oberfränkischen Gemüsebautag am 07. Dezember 2004 in Bamberg.
- Bortz, J.; Döring, N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation, 4. Auflage. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 897 S.
- Bosshard, H.H. (1984): Holzkunde. Bd. 2. Aufl., Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Stuttgart, 301 S.
- Braunsdorf, U. (2005): Vermehrung einheimischer Trachtpflanzen. - Landesanstalt für Landwirtschaft Hessen. Bieneninstitut Kirchhain. Arbeitsblatt 200: 2 S.
- Bregman L. (1993): Comparison of the erosion control potential of Agroforestry Systems in the Himalayan Region. – Agroforestry Systems 21: 101–116.
- Britz, Gabriele (1999): „Ökokonto“ im Naturschutzrecht. Ein Instrument im Dienste der Belange von Naturschutz und Investition?. - Umwelt und Planungsrecht 1996/6: 205-209
- Brix M. (2007): Produktionsaspekte in Agroforstsystemen. – Unveröff. Tagungsband der 2. Fachtagung: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen II: 33–39.



- Brix, M., Bender, B., Spiecker, H. (2009): Wertholzproduktion in Agroforstsystemen. In: Reeg, T., Bemann, A., Konold, W., Murach, D. & Spiecker, H. (Hrsg.): Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Wiley-VCH, Weinheim: 251–261.
- Brunotte, J., Lorenz, M., Sommer, C., Harrach, T., Schäfer, W. (2008): Verbreitung von Bodenschadverdichtungen in Südniedersachsen. Berichte über Landwirtschaft 86/2, 262-284/DIN 4220 (2008): Bodenkundliche Standortbeurteilung - Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten (normative und nominale Skalierungen). Beuth Verlag, Berlin.
- Bruns E., Herberg A. & Köppel, J. (2001): Typisierung und kritische Würdigung von Flächenpools und Ökokonten, in: UVP-Report, 15. Jg., (2001), Heft 1, S. 9-14
- Brütsch U. & Rotach P. (1993): Der Speierling (*Sorbus domestica* L.) in der Schweiz: Verbreitung, Ökologie, Standortansprüche, Konkurrenzkraft und waldbauliche Eignung. – Schweiz. Z. Forstwes. 144, 12: 967–991.
- Bulfin, M., Radford, T., 1998. Effect of early formative shaping on newly planted broadleaves - Part 2: Height and diameter growth. Irish Forestry 55, 52-61.
- BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland) (2007): Energetische Nutzung von Biomasse. – BUNDpositionen 34.
- BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland) (2010): Süße Früchte von stacheligen Wildsträuchern. ([http://www.bund-kreisneuss.de/ortsgruppen/juechenkorschenbroich/geliebte\\_wildnis/tipps\\_zur\\_geliebten\\_wildnis/9\\_br\\_ombeeren/](http://www.bund-kreisneuss.de/ortsgruppen/juechenkorschenbroich/geliebte_wildnis/tipps_zur_geliebten_wildnis/9_br_ombeeren/)). [14. Juli 2010]
- Burger Forstbaumschulen: Preisliste Herbst 2010/Frühjahr 2011
- Burger, F. 2004: Technologie und Ökonomie des Anbaus und der Ernte von Feldholz. In: Bornimer Agrartechnische Berichte Heft 35; Hrsg. Institut für Agrartechnik Bornim e.V.; Potsdam; S. 61-73.
- Burger, F.; Sommer, W. 2005: Erntetechnik für Energiewälder - Ein Überblick über motormanuelle und mechanisierte Verfahren, über ihre Leistungswerte und Kosten; Forst & Technik 4; S.6-8
- Busch G. (2010): Naturschutz und Nachhaltigkeit bei KUP. – Präsentation beim Workshop für Fachjournalisten: EU Sustainable Energy Week 2010.
- Busse, Jürgen (2001): Die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung in der Bauleitplanung: mit Erläuterungen zum Ökokonto ; München ; Berlin : Rehm, 2001. - XXIX, 208 S. deren Handelbarkeit und die Festsetzung von Ausgleichsabgaben
- Caraglio, Y., Becquey, J., Gallois, F., Vidal, Ch., 2000. Reaction de jeunes mersisiers a la taille en boisement de terre agricole. Foret-Entreprise 13, 25-29.
- CARMEN, Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk 2010 (a): <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/images/hackschnitzel/image010.png> [27.05.2010]
- CARMEN, Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk 2010 (b): <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/images/hackschnitzel/image013.png> [27.05.2010]
- Chalmin A. (2009): Produktionsaspekte in Agroforstsystemen mit Werthölzern – landwirtschaftliche Produktion. – In: Reeg T., Bemann A., Konold W., Murach D., Spiecker H.: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: 275–287.



- Christian D.P., Collins P.T., Hanowski J.M., Niemi G.J. (1997): Bird and small mammal use of short-rotation hybrid poplar plantations. – *Journal of Wildlife Management* 61 (1): 171–182.
- Cunningham M.D., Bishop J.D., McKay H.V., Sage R.B. (2004): ARBRE monitoring – ecology of short rotation coppice. – Department of Trade and Industry. URN Nr. 04/961: 157.
- Dachler, M. & Pelzmann, H. (1999): Arznei- und Gewürzpflanzen - Anbau, Ernte, Aufbereitung. - Österreichischer Agrarverlag, Klosterneuburg: 353 S.
- Daniels R.B & Gilliam J. W. (1996): Sediment and Chemical load reduction by grass and riparian filters. – *Soil Science Society of America, Journal* 60: 246–251.
- Darnstädter Forstbaumschulen: Forstpflanzen/Wildgehölze Herbst 2010/Frühjahr 2011
- Degenbeck, M. (2006): Artenreiche Ansaaten in der freien Landschaft – Spagat zwischen Naturschutzanforderungen, Saatgutrecht und Landschaftsbaupraxis. *Rasen – Turf – Gazon* (4), 164-168.
- Degenbeck, M. (2010): Zertifizierung von Wildpflanzensaatgut – Chance für mehr Naturschutz im Landschaftsbau. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42 (3): 90–91.
- Deutsche Saatveredelung 2010: <http://www.dsv-saaten.de/mais/anbau/duengung.html> [06.12.2010]
- Deutsche Wildtierstiftung (2010): Nisthilfen – Schmetterlingshotel. Internetseite: [www.deutschewildtierstiftung.de/fileadmin/templates/dewist/images/03\\_Mitmachen\\_Erleben/07\\_Nisthilfen/pdfs/info\\_schmetterlingshotel.pdf](http://www.deutschewildtierstiftung.de/fileadmin/templates/dewist/images/03_Mitmachen_Erleben/07_Nisthilfen/pdfs/info_schmetterlingshotel.pdf). Abgerufen am 19. Juli 2010.
- Devkota, N.R., Kemp, P.D., Hodgson, J., Valentine, I., Komang, I. & Jaya, D. (2008): Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. *Agroforestry Systems* (76/2): 363-374.
- DIN ISO 11508 (2002): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der Kornrohdichte. Beuth Verlag, Berlin
- DLG, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (1997): DLG-Futterwerttabellen: Wiederkäuer. Universität Hohenheim (Hrsg.). DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt: 212 S.
- Dougherty, M.C., Thevathasan, N.V., Gordon, A.M., Lee, H., Kort, J. (2009): Nitrate and Escherichia coli NAR analysis in tile drain effluent from a mixed tree intercrop and monocrop system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. (131): 77-84.
- Duchemin, M. & Hogue, R. (2009): Reduction in agricultural non-point source pollution in the first year following establishment of an integrated grass/tree filter strip system in southern Quebec (Canada). *Agriculture, Ecosystems and Environment*. (131): 85-97.
- Dujesiefken, D., Stobbe, H., Eckstein, D. 1998: Lanzeitwirkungen von Astungen im Holz von Linde und Roßkastanie . *Forstwiss. Centralbl.* 117. 305-315.
- Eder, J. (1998): Getreidebau. Mais. In: *Die Landwirtschaft: Lehrbuch für Landwirtschaftsschulen*. Bd.1. Pflanzliche Erzeugung: 286-308.
- Eichler H. (2003): Kraichgauer Löss. Bodenerosion als Ressourcenproblem einer alten Kulturlandschaft. – Sonderveröffentlichung 30, Sinsheim: Heimatverein Kraichgau: 156 S.
- ESG Kräuter GmbH (2007): Jahresversammlung 2007 der Erzeugergemeinschaft Donautalkräuter. Abrufbar unter: [http://www.esg-kuechenkraeuter.de/pages/de/nachrichten/2007/mitgliederversammlung-2007.php?searchresult=1&sstring=deckungsbeitrag#wb\\_43](http://www.esg-kuechenkraeuter.de/pages/de/nachrichten/2007/mitgliederversammlung-2007.php?searchresult=1&sstring=deckungsbeitrag#wb_43) [21.07.2010]



- EUA (Europäische Umweltagentur; 2002): Auf dem Boden der Tatsachen: Bodendegradation und nachhaltige Entwicklung in Europa. – Umweltthemen-Serie 16. Kopenhagen: EUA: 32 S.
- Fangdong, L., Ping, M., Dali, F., Baoping, W. (2008): Light distribution, photosynthetic rate and yield in a Paulownia-wheat intercropping system in China. *Agroforestry Systems* (74): 163-172.
- Fernandez-Nunez, E. (2007): Sistemas silvopastorales establecidos von *Pinus radiata* D. Don y *Betula alba* L. en Galicia: productividad, biodiversidad y sumideros de carbono. Ph.D. University of Santiago de Compostela, Lugo, Spain
- Fischer, H. (2007): Der Speierling (*Sorbus domestica* L.). – In: Gesellschaft Deutsches Arboretum e. V. (2007): Beiträge zur Gehölzkunde 2007. Hansmann Verlag: 117–120
- Forst-HKS- Gesetzliche Handelsklassensortierung für Rohholz (mit Ergänzungsbestimmungen für Baden-Württemberg) 1983. [http://www.forstbw.de/fileadmin/forstbw\\_pdf/gesetze\\_verordnungen/hks.pdf](http://www.forstbw.de/fileadmin/forstbw_pdf/gesetze_verordnungen/hks.pdf) [15.12.2010]
- Forstwirtschaftliche Vereinigung Mittlerer Schwarzwald 2010: Vermarktungskonzeption/ Preisinformation Industrieholz 2010. Abrufbar unter: <http://www.diefms.de/?location=downloads> [02.12.2010]
- FPV, Flächenpoolverordnung (2010): Verordnung zur Durchführung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in Maßnahmen- und Flächenpools in Brandenburg. Abrufbar unter: [http://www.bravors.brandenburg.de/sixcms/detail.php?gsid=land\\_bb\\_bravors\\_01.c.48572.de](http://www.bravors.brandenburg.de/sixcms/detail.php?gsid=land_bb_bravors_01.c.48572.de) [20.01.2010]
- Frielinghaus, M.; Deumlich, D; Funk, R; Helming, K.; Thiere, J.; Völker, L.; Winnige, B. (2002): Bodenerosion. Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.): 82 S.
- Gottfriedsen, R. (2009): Planungsbüro für Landschafts- und Tierökologie, Umweltberatung. - schriftliche Mitteilung
- Grassl H. (1997): Brisante Mischung – Böden und globaler Wandel. – In: Kümmerer K., Schneider M., Held M. (Hrsg.): Bodenlos – Zum nachhaltigen Umgang mit Böden. – Politische Ökologie 15, Sonderheft 10. München: 12–16.
- Grote, R., Schuck, J., Block, J., Pretzsch, H. 2003: Oberirdische holzige Biomasse in Kiefern-/Buchen- und Eichen-/Buchen-Mischbeständen. *Forstw. Cbl.* 122, 287-301.
- Grünwald H., Wöllecke J., Schneider U. & Hüttl R.F. (2005): Alley-Cropping als alternative Folgenutzung von Kippenstandorten. – *Natur und Landschaft* 80 (9/10): 440–443.
- Grünwald H. & Reeg T. (2009): Überblick über den Stand der Forschung zu Agroforstsystemen in Deutschland. – In: Reeg T., Bemann A., Konold W., Murach D., Spiecker H.: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: 233–238.
- Gruß H. & Schulz U. (2008): Entwicklung der Brutvogelfauna auf einer Energieholzfläche über den Zeitraum von 13 Jahren. – *Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol.* 42 (2).
- Hagen-Thorn, A., Armolaitis, K., Callesen, I., Stjernquist, I 2004: Macronutrients in tree stems and foliage: a comparative study of six temperate forest species planted at the same sites. *Annals of Forest Science* 61, 489-498.



- Hakkila, P. 1972: Utilisation of residual forest biomass. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 568 S.
- Härtel, C. 2007: Agroforstsysteme. Fast nebenbei: Wertholz vom Acker. Schweizer Holzbörse 32: 36-38.
- Hartmann, H. 2002. Grundlagen der Kostenanalyse. In: Hartmann, H., Kaltschmitt, M. (Hrsg.) Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Schriftenr. „Nachwachsende Rohstoffe“ 3, S. 486-527
- Heilmann B., Makeschin F., Rehfuss K.H. (1995): Vegetationskundliche Untersuchungen auf einer Schnellwuchsplantage mit Pappeln und Weiden nach Ackernutzung. – Forstw. Cbl. 114: 19–29.
- Hein, S.; Spiecker, H. 2007: Comparative analysis of occluded branch characteristics for *Fraxinus excelsior* and *Acer pseudoplatanus* with natural and artificial pruning. *Can.J.For.Res.* 37, 1414-1426.
- Hein, S., Spiecker, H. 2009: Controlling Diameter Growth of Common Ash, Sycamore and Wild Cherry In: Spiecker, H., Hein, S.; Makkonen-Spiecker, K., Thies, M. (Hrsg.): Valuable Broadleaved Forests in Europe. Brill, Leiden. S. 123-148.
- Heindorf, C. 2007: Problemorientiertes Design silvoarabler Agroforstsysteme in der Agrarlandschaft Kraichgau. Unveröff. Diplomarbeit am Institut für Landespflege der Universität Freiburg: Freiburg: 151 S.
- Heiß, M. 2005: Auf Kurzumtriebsflächen erzielbare Deckungsbeiträge in Österreich; Tagungsband Kosten der Energieholzbereitstellung- Kurzumtrieb und Durchforstung; Wieselburg; S. 21-23
- Hermann, B.; Neisius, C.; Stauffer, S.; Thommes, S.; Weyland, A.; Zorn, J.; Michler, H.P. (2007): Rechtliche Stellungnahme zu den Möglichkeiten der Etablierung extensiver Landnutzungsstrategien als Eingriffskompensation. Erstattet im Auftrag des Instituts für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) der FH Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld: 191 S.
- Hilf H.H. 1959: Wirksamer Windschutz – ein Merkblatt über Aufgabe, Anlage, Pflege und Nutzen von Windschutzanlagen. – *Die Holzzucht* 5/6: 33–43.
- Hiller D. 2007: Bodenerosion durch Wasser. Ursachen, Bedeutung und Umgang in der landwirtschaftlichen Praxis von NRW. – Münster: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen:37 S.
- HMULV, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2005a): Verordnung über die Durchführung von Kompensationsmaßnahmen, Ökokonten, deren Handelbarkeit und die Festsetzung von Ausgleichsabgaben (Kompensationsverordnung - KV) nichtamtliche Fassung vom 1. September 2005. [http://www.hessen.de/irj/HMULV\\_Internet?cid=19e623f0bbec27d9d18a26d4fb84d845](http://www.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=19e623f0bbec27d9d18a26d4fb84d845) [28.01.2010]
- HMULV, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2005b): Arbeitshilfe zur Verordnung über die Durchführung von Kompensationsmaßnahmen, Ökokonten deren Handelbarkeit und die Festsetzung von Ausgleichsabgaben. Abrufbar unter: [http://www.hessen.de/irj/HMULV\\_Internet?cid=19e623f0bbec27d9d18a26d4fb84d845](http://www.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=19e623f0bbec27d9d18a26d4fb84d845) [28.01.2010]
- HMULV, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2007): Planen und Bauen im Einklang mit der Natur, und was leistet die Hessische Ökoagentur?



- HMULV, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2010): Neue Kompensationsverordnung stärkt den Naturschutz in Hessen und beschleunigt die Verfahren. - [http://www.hessen.de/irj/HMULV\\_Internet?cid=19e623f0bbec27d9d18a26d4fb84d845](http://www.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=19e623f0bbec27d9d18a26d4fb84d845) [17.02.2010]
- Hofmann, M. 1998. Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb. Merkblatt 11; Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden
- Hofmann, M. 2002: Anbau von Pappeln auf landwirtschaftlichen Stilllegungsflächen zur Erzeugung von Holzstoff für die Papierherstellung; Merkblatt 12; Hrsg. Institut für schnellwachsende Baumarten; Hannover Münden; 24 S.
- Hofmann, M. 2007: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. (Hrsg.) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 42 S.
- Hofmann, M. (2009): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. - Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): 42 S.
- Hofmann, M. 2009: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. 3. überarb. Auflage (Hrsg.) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 42 S.
- Hofmann, M., Amthauer Gallardo, D., & Siebert, C. 2010: Erfassung und Modellierung von Klon/Standort Wechselwirkungen bei Pappel und Weide auf landwirtschaftlichen Standorten in kurzen Umtriebszeiten Verbundvorhaben „ProLoc“. Agrarholz 2010, 18./19.05.2010, Berlin.
- Hülsbergen, K.-J. (2010): Humusbilanzierung als Bewertungsbasis für die Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und der aktuellen Gefahr von Stickstoffverlusten. Vortrag im Rahmen des Boden- und Düngungstag am 25. Februar 2010 in Güstrow. Abrufbar unter: <http://lfamv.de/> [14.07.2010]
- IBS, Ingenieurbüro für Haustechnik Schreiner 2010: [http://energieberatung.ibs-hlk.de/planholz\\_dat.htm](http://energieberatung.ibs-hlk.de/planholz_dat.htm) [14.12.2010]
- IHB-Internationale Holzbörse 2010 : [http://www.ihb.de/fordaq/news/Wertholzsubmission\\_Holzpreise\\_Th%C3%BCringen\\_Arnstadt\\_21861.html](http://www.ihb.de/fordaq/news/Wertholzsubmission_Holzpreise_Th%C3%BCringen_Arnstadt_21861.html) [20.05.2010]
- IIRR, International Institute of rural reconstruction (1993): The Bio-intensive Approach to Small-scale Household Food Production: 180 S.
- Jakubzik A. (1993): Viel umschwärmt - Brombeerhecken und Zaunpfähle am Wegesrand. (<http://www.jahrbuch-vulkaneifel.de/VT/hjb1993/hjb1993.91.htm>). Abgerufen am 15. Juli 2010.
- Jedicke E. (1995): Naturschutzfachliche Bewertung von Holzfeldern – Schnellwachsende Weichlaubhölzer im Kurzumtrieb untersucht am Beispiel der Avifauna. – In: Mitteilungen aus der NNA (Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz) 6 (1): 109–119.
- Jose, S.; Gillespie, A.R.; Seifert, J.R. and Biehle, D.J. (2000): Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA. 2. Competition for water. Agroforestry Systems Nr. 48: 41-59.
- Kang B.T., Caveness F.E., Tiang G. et al. (1999): Longterm alley cropping with four hedgerow species on an Alfisol in southwestern Nigeria – effect on crop performance, soil chemical properties and nematode population. – Nutrient Cycling in Agroecosystems 54: 145–155.
- Kausch-Blecken von Schmeling W. (2000): Der Speierling. – Bovenden: Verlag Kausch: 184 S.



- Kauter, D., Lewandowski I., & Claupein, W. (2001). Pappeln in Kurzumtriebswirtschaft: Eigenschaften und Qualitätsmanagement bei der Festbrennstoffbereitstellung – Ein Überblick. *Pflanzenbauwissenschaften*, 2(5), 64–74.
- Kayser, B., Mayus, M. & Eysel-Zahl, G. (2005): Agroforstwirtschaft in Mitteleuropa. - *Lebendige Erde* 3/2005: 40-43.
- Kayser, B., Cypzirsch, K. & Möndel, A. (2010): Die Mischung macht's - Agroforstwirtschaft. - *dlz-Agrarmagazin* 2/2010: 137-140.
- Knigge, W.; Schulz, H. (1966): *Grundriss der Forstbenutzung*. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin, 584 S.
- Köckritz, L.v., Ammer, C. 2009: Zur Eignung von Wuchshüllen bei der Wiederaufforstung; *AFZ- Der Wald* 10; S. 524-525
- Kollmann, F. (1982): *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*. Bd. 1, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1050 S.
- König D. (1992): The Potential of Agroforestry Methods for Erosion Control in Rwanda. – *Soil Technology* 5: 167–176.
- Konold W. (2006): Inwieweit trägt eine angepasste Landnutzung zum Hochwasserschutz bei ?.- *LWF Wissen*, (55): 17-23
- Kraft W. (2008): Kurzumtriebsplantagen – Eignung als Kompensationsmaßnahme?. *Energieholz auf dem Acker – zwischen Eingriff und Ausgleich. – Fachveranstaltung des BfN, Internationale Naturschutzakademie Insel Vilm, 01.09. – 04.09.2008.*
- Kreuter, M.-L. (1996): *Der Bio-Garten – der praktische Ratgeber für den naturgemäßen Anbau von Gemüse, Obst und Blumen*. - München: BLV Verl.-Ges., 331 S.
- Kroiher, F., Baum, S., Bolte, A. (2010): Pflanzenvielfalt. – In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU (Hrsg.; 2010): *Kurzumtriebsplantagen – Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft*. Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS. Osnabrück: DBU, 26–31.
- Kumar, S., Anderson, S.h., Bricknell, L.G., Udawatta, R.P. & Gantzer C.J.(2008): Soil hydraulic properties influencend by agroforestry and grass buffers for grazed pasture systems. *Journal Of Soil And Water Quality*, Nr. 63(4): S. 24-31.
- Küntsle, E. 1995: Beginn, Verlauf und Ende des Dickenwachstums von Solitär-Fichten auf dem Schauinsland bei Freiburg in den Jahren 1989 bis 1993. *Forstliche Forschungsberichte München* 153, 24-39.
- Kupka, I., 2004. Height and diameter increment of pruned wild cherry (*Prunus avium* L.). *Zpravy Lesnickeho Vyzkumu* 49, 7-10.
- Kupka, I., 2007. Growth reaction of young wild cherry (*Prunus avium* L.) trees to pruning. *Journal of Forest Science* 53, 555-560.
- Kurz, P., Machatschek, M. (2008): *Alleebäume – Wenn Bäume ins Holz, ins Laub und in die Frucht wachsen sollen*. Wien, Köln, Weimar: Böhlau Verlag, 320 S.
- Lamersdorf, N., Schulte-Bisping, H. (2010): *Bodenökologie*. – In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU (Hrsg.; 2010): *Kurzumtriebsplantagen – Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen*



- Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft. Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS. Osnabrück: DBU, 14–25.
- Landesbetrieb Nordrhein- Westfalen 2010: Holzmarkt aktuell 07/2010: [http://www.wald-und-holz.nrw.de/45Wald\\_und\\_Holz/20\\_Holzmarkt/10\\_Holzpreise/index.php](http://www.wald-und-holz.nrw.de/45Wald_und_Holz/20_Holzmarkt/10_Holzpreise/index.php) [28.09.2010]
- Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg 2008: Berechnung der Düngeempfehlung (Grundnährstoffe im Boden): [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1173994\\_11/lufa\\_Berechnung%20der%20D%C3%BCngeempfehlung%20\(Grundn%C3%A4hrstoffe\).pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1173994_11/lufa_Berechnung%20der%20D%C3%BCngeempfehlung%20(Grundn%C3%A4hrstoffe).pdf) [06.12.2010]
- LAP, Landesanstalt für Pflanzenbau Baden-Württemberg (2005a): Humusbilanzierung. - Merkblätter für die Umweltgerechte Landbewirtschaftung. Nr. 26: 4 S.
- LAP, Landesanstalt für Pflanzenbau Baden-Württemberg (Hrsg.) (2005b): Der heimliche Verlust der Bodenfruchtbarkeit durch Wassererosion. - Arbeitshilfen für die Umweltgerechte Landbewirtschaftung. Nr.1. Landesanstalt für Pflanzenbau Baden-Württemberg: 29 S.
- Larcher, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen. - Ulmer, Stuttgart: 408 S.
- Launhardt, T.; Hartmann, H.; Link, H.; Schmid, V. 2000: Verbrennungsversuche mit naturbelassenen biogenen Festbrennstoffen in einer Kleinfeuerungsanlage - Emissionen und Aschequalität; (Hrsg.) Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU); München; 132 S.
- LEL, Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (2010): Deckungsbeiträge der wichtigsten landwirtschaftlichen Betriebszweige. Stand: 27.04.2010.
- LEL, Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (2010): Kalkulationsdaten Marktfrüchte. Ernte 2010: Stand 03.03.2010
- LfL (Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft; Hrsg.; 2004): Autochthone Gehölze – Pflanzen regionaler Herkunft.  
([http://www.lfl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/09326/linkurl\\_0\\_5\\_0\\_0.pdf](http://www.lfl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/09326/linkurl_0_5_0_0.pdf)).  
Abgerufen am 21. Juni 2010.
- LfL, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2010): Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Abrufbar unter:  
<http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249/index.php?context=/lfl/ilb/pflanze/> [20.07.2010]
- LFUNRW, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2008): Numerische Bewertung von Biotoptypen für die Eingriffsregelung in NRW.
- Li, M., Uehre, P., Matschke, J., 2001. Dickenzuwachs und Stammform von jungen Bäumen in Abhängigkeit von Entastungsintensitäten. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 152, 389-393.
- Liesebach M., Mulsow H., Rose E., Mecke R. (1999): Ökologische Aspekte der Kurzumtriebswirtschaft. – In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“. Landwirtschaftsverlag, Münster: 455–476.
- Lin, C.H., McGraw, R.L., George, M.F., Garrett, H.E. (1999): Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. Agroforestry Systems (44): 109-119.
- Londo M., Dekker J., Terkeurs W. (2005): Willow short-rotation coppice for energy and breeding birds: an exploration of potentials in relation to management. – Biomass and Bioenergy 28: 281–293.



- LTZ, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg und Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie Hohenheim (2009): Tabellen und Vorgaben für die Einstufung der Grundnährstoffgehalte von Böden. Stand: November 2009.
- LUBW, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2005): Empfehlungen für die Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft in der Bauleitplanung, Ermittlung von Art und Umfang von Kompensationsmaßnahmen sowie deren Umsetzung (Teil B: Beispiele). Abrufbar unter: [http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/95971/allgemeine\\_bewertungsempfehlungen\\_teil\\_b.pdf?command=downloadContent&filename=allgemeine\\_bewertungsempfehlungen\\_teil\\_b.pdf](http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/95971/allgemeine_bewertungsempfehlungen_teil_b.pdf?command=downloadContent&filename=allgemeine_bewertungsempfehlungen_teil_b.pdf) [18.02.2010]
- LUBW, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2009): mündliche Mitteilung am 30.09.2009.
- LUGRP Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (1998) Hinweise zum Vollzug der Eingriffsregelung (HVE): abrufbar unter: <http://www.mufv.rlp.de/natur/naturschutz/eingriffsregelung.html> [28.01.2010]
- Luick, R., Vonhoff, W. 2010: Wertholzplantagen- Agroforstsysteme neu interpretiert, Allgemeine Forst Zeitschrift 65 (2), 28–31
- LUMV, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (1999): Hinweise zur Eingriffsregelung. - Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg - Vorpommern Heft 3/1999
- LWG, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2008): Kräuter zum Frischverzehr aus dem eigenen Garten. Bayerische Gartenakademie. Merkblatt 2166: 2 S.
- LWG, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2008): Rhabarber. Bayerische Gartenakademie. Merkblatt 2176: 2 S.
- Machatschek, M. (2002): Laubgeschichten. Gebrauchswissen einer alten Baumwirtschaft, Speise- und Futterlaubkultur. - Böhlau Verlag. Wien: 544 S.
- Maschinenring Breisgau GmbH 2009: Maschinen, Arbeitskräfte und Dienstleistungen für Kommunen. Verrechnungssätze gültig ab 01. Januar 2010.
- May H. (2007): Bunte Stinker auf dem Vormarsch. Die vielfältige Welt der heimischen Wanzen. (<http://www.nabu.de/tiereundpflanzen/insektenundspinnen/wanzen/>). Abgerufen am 14. Juli 2010.
- Mayring, P. (2007): Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken. 9. Auflage. – Weinheim, Basel: Beltz Verlag, 135 S.
- MfUS, Ministerium für Umwelt Saarland (2001): Methode zur Bewertung des Eingriffes, der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung sowie der Maßnahmen des Ökokontos - Leitfaden Eingriffsbewertung -. Saarbrücken: 18 S. abrufbar unter: <http://www.saarland.de/11536.htm> [11.03.2010]
- Miller, U. (2009): Streuobstwiesen und Biogas (k)ein Widerspruch ? - Vortrag beim Streuobsttag der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen.
- MLR (Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden Württemberg; 2009): MEKA III – Ein Agrarumweltprogramm mit sichtbaren Erfolgen: 15 S.



- MLUSA, Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt (2004): Richtlinie zur Bewertung und Bilanzierung von Eingriffen im Land Sachsen-Anhalt (Bewertungsmodell Sachsen-Anhalt) abrufbar unter: <http://www.mu.sachsen-anhalt.de/presse/PDF/Oekokonto/Bewertungsmodellneu.pdf> [25.02.2010]
- MLUSA, Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt (2010) abrufbar unter: <http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=2404> [27.01.2010]
- Möndel, A., Reeg, T. & Brix, M. (2007): Sind Streuobstwiesen als Ausgleichsmaßnahmen noch zeitgemäß? Agroforstsysteme als Bindeglied zwischen Tradition und Moderne. Die Gemeinde (Organ des Gemeindetags Baden-Württemberg) 10/2007
- Möndel A. (2009): Ertragsmessungen in Winterroggen – der Ertragseinfluss einer Windschutzanlage in der oberrheinischen Tiefebene. – Verbundprojekt: Agroforst – Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung. ([http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/ertrag\\_winterroggen.pdf](http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/ertrag_winterroggen.pdf)). Abgerufen am 18. November 2010.
- Moreno, G. & Obrador, J.J. (2007): Effects of trees and understorey management on soil fertility and nutritional status of holm oaks in Spanish dehesas. Nutrient Cycling in Agroecosystems. Nr. 78 (3): S. 253-264.
- Morgan R.P.C. (1999): Bodenerosion und Bodenerhaltung. – Stuttgart: Enke im Georg Thieme Verlag: 236 S.
- Müller J. (1990): Funktionen von Hecken und deren Flächenbedarf vor dem Hintergrund der landschaftsökologischen und ästhetischen Defizite auf den Mainfränkischen Gäuplatten. – In: Böhn D., Hagedorn H., Jäger H., Wagner H.G. (Hrsg.): Würzburger geographische Arbeiten (77). Würzburg: 320 S.
- Müller, L. (2009): Naturschutzrechtliche Ökokontoregelung für Baden-Württemberg. Wesentliche Inhalte des Entwurfs der Ökokontoverordnung. Vortrag: Seminar der Akademie für Natur- und Umweltschutz, der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz und des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum am 18. Februar 2009 in Offenburg.
- MUNV (Minist. f. Umwelt. NatSch u. Verkehr BW; 2010a): Anlage 1 OEKVO Massnahmen. ([http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/75547/Anlage\\_1\\_OEKVO\\_Massnahmen.pdf?command=downloadContent&filename=Anlage\\_1\\_OEKVO\\_Massnahmen.pdf](http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/75547/Anlage_1_OEKVO_Massnahmen.pdf?command=downloadContent&filename=Anlage_1_OEKVO_Massnahmen.pdf)) [24. Nov 2010]
- MUNV (Minist. f. Umwelt. NatSch u. Verkehr BW; 2010b): Anlage 2 OEKVO Bewertung. ([http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/75547/Anlage\\_2\\_OEKVO\\_Bewertung.pdf?command=downloadContent&filename=Anlage\\_2\\_OEKVO\\_Bewertung.pdf](http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/75547/Anlage_2_OEKVO_Bewertung.pdf?command=downloadContent&filename=Anlage_2_OEKVO_Bewertung.pdf)) [24. Nov 2010]
- MURP, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (2002): Einführungserlass „Ökokonten im Vollzug der Eingriffsregelung nach §§ 4 bis 6 Landespflegegesetz
- MV, Mecklenburg-Vorpommern - Das Landesportal (2010): Landtag erlaubt „Ökokontierung“. Pressemitteilung. Abrufbar unter [http://www.mecklenburg-vorpommern.eu/cms2/Landesportal\\_prod/Landesportal/content/de/Unser\\_Land\\_fuer/index.jsp?showid=236599&type=News](http://www.mecklenburg-vorpommern.eu/cms2/Landesportal_prod/Landesportal/content/de/Unser_Land_fuer/index.jsp?showid=236599&type=News) [24.02.2010]



- NABU (Naturschutzbund Deutschland) e.V. (2005): Nachwachsende Rohstoffe und Naturschutz: Anforderungen des NABU an einen naturverträglichen Anbau. – NABU Position: 4.
- NABU (Naturschutzbund Deutschland) e.V. (2008): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. – Chancen und Risiken aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes.
- NABU (Naturschutzbund Deutschland e. V.; 2010): Ein Garten für Schmetterlinge. Internetseite: <http://www.nabu.de/nabu/nh/jahrgang2003/heft4/01446.html>. Abgerufen am 19. Juli 2010.
- Nair P.K.R. (1993): An Introduction to Agroforestry. – Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers: 520 S.
- Nair, V.D. & Graetz, D.A.(2004): Agroforestry as an approach to minimizing nutrient loss from heavily fertilized soils: The Florida experience. *Agroforestry Systems*. (61-62) : 269-279.
- NatSchG (2010): Gesetz zum Schutz der Natur, zur Pflege der Landschaft und über die Erholungsvorsorge in der freien Landschaft (Naturschutzgesetz - NatSchG). Gültig ab 10.01.2006 <http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&query=NatSchG+BW&psml=bsbawueprod.psml&max=true&aiz=true>
- Natt, C. & Höfner, W. (1986): Einfluß exogen veränderter „source-sink“-Beziehungen auf die Anzahl der Endospermzellen und die Kornentwicklung bei Sommerweizen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 150: 81-85.
- Neiss, Thomas (2008): Eingriffsregelung Ökokonto Bewertungsverfahren Planungsanforderungen des Artenschutzes: Neuregelungen in NRW
- Nicolescu, V. N.; Kruch, J., 2009 : Research on the effects of various silvicultural interventions on young wild cherry (*Prunus avium* L.) trees. *Revista Padurilor* 124 (3): 8-16.
- Obrador, J.J. & Moreno, G. (2004): Soil nutrient status and forage yield at varying distances from trees in four dehesas in Extremadura, Spain. In: Mosquera-Losada, M.R., McAdam, J. & Rigueiro-Rodriguez, A. (Hrsg) (2004): *Silvopastoralism and Sustainable land management*. CABI Publishing: 278-280.
- Offermann D., Dornbach A. & Schulemann-Maier G. (2010): Hecken, Sträucher und Gebüsche. (<http://www.wildvogelhilfe.org/garten/hecken.html>). Abgerufen am 14. Juli 2010.
- Ohrner, G. 2005. Bewirtschaftung, Holzernte und Logistik in Kurzumtriebsplantagen. In: Vorlesung an der TU Dresden, Fachrichtung Forstwissenschaften Tharandt. 01.06.2005 (unveröffentl.)
- Osterburg, B., Plankl, R. (2002): Agrarumweltprogramme im Rahmen der EU-Agrarpolitik und ihre Umsetzung in Deutschland. – In: Konold, W., Böcker, R., Hampicke, U. (Hrsg.; 2002): *Handb. Natursch. u. Landschaftspf.* 8. ErgLfg. – Landsberg: Ecomed-Verlag, 92 S.
- ÖVSH (2008): Landesverordnung über das Ökokonto, die Einrichtung des Ausgleichflächenkatasters und über Standards für Ersatzmaßnahmen (Ökokonto- und Ausgleichflächenkatasterverordnung - ÖkokontoVO). Fassung vom 23. Mai 2008
- Palma, J., Graves, A., Bregt, A., Bunce, R., Burgess, P., Garcia, M., Herzog, F., Mohren, G., Moreno, G., Reisner, Y. (2004): Integrating Soil Erosion and Profitability in the Assessment of Silvoarable Agroforestry at the Landscape Scale. - Sixth of the International Farming Systems Association (IFSA) European Symposium on Farming and Rural Systems: 817-827.
- Palma, J. (2006), Integrated assessment of silvoarable agroforestry at landscape scale. 2006, Wageningen University: Wageningen: 134 S.



- Palma, J., Grves, A., Bunce, R., Burgess, P., de Filippi, R., Keesman, K., van Keulen, H., Liagre, F., Mayus, M., Moreno, G., Reisner, Y., Herzof, F. (2007): Modelling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119 (2007): 320-334.
- Pannell, D.J., 1999: Social and economic challenges in the development of complex farming systems. *Agroforestry Systems* 45 (1-3), 393–409.
- Pein&Pein Baumschulen: Bäume, Holz, Energie in Feld und Wald- Preisliste 2010/2011
- Pelzmann, H. (2004): Gemüsebau Praxis - Im Freiland und unter Folien. AvBuch: 194 S.
- Peri, P.L., Lucas, R.J. & Moot, D.J. (2007): Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. *Agroforestry Systems*. (70/1): 63-79.
- PH Karlsruhe (2010): Leben in der Beerenhecke. (<http://www.natwiss.ph-karlsruhe.de/GARTEN/pdf/Beereninfo.pdf>). Abgerufen am 15. Juli 2010.
- Pretzschel, M., Bohme, G., Krause, H. (1991) Effects of shelterbelts on crop yield. *Feldwirtschaft* 32(5): 229–231
- Rahmann, G. (2004): Gehölzfutter - eine neue Quelle für die ökologische Tierernährung. - *Landbauforschung Völkenrode SH 272*: 29-42
- Reddersen J. (2001): SRC-willow (*Salix viminalis*) as a resource for flower-visiting insects. – *Biomass and Bioenergy* 20: 171–179.
- Reeg T., Möndel, A., Brix M. Konold, W. (2008): Naturschutz in der Agrarlandschaft - neue Möglichkeiten mit modernen Agroforstsystemen? - *Natur und Landschaft* 83/6:261-266.
- Reeg, T. (2008): Agroforstsysteme als interessante Landnutzungsalternative? Entscheidungsfaktoren für Landnutzer. – *Cottbusser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung* 6: 53–68
- Reeg, T., Möndel, A., Brix, M. & Konold, W. (2008): Naturschutz in der Agrarlandschaft – neue Möglichkeiten mit modernen Agroforstsystemen. *Natur und Landschaft* 83 (6): 261-266.
- Reeg, T., Hampel, J., Hohlfeld, F., Mathiak, G., Rusdea, E. (2009): Agroforstsysteme aus Sicht des Naturschutzes. In: Reeg, T., Bemann, A., Konold, W., Murach, D. & Spiecker, H. (Hrsg.): *Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen*. Wiley-VCH, Weinheim: 301–311.
- Reif, A. & Achtziger, R. (2000): Strauchformationen. – In: Konold, W., Böcker, R. & Hampicke, U. (Hrsg.) (2000): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. 3. Ergänzungslieferung. – Ecomed-Verlag, Landsberg.
- Reif, A. & Achtziger, R. (2001): Gebüsche, Hecken, Waldmäntel, Feldgehölze. – In: Konold, W., Böcker, R. & Hampicke, U. (Hrsg.) (2001): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. 6. Ergänzungslieferung. – Ecomed-Verlag, Landsberg.
- Riedel, B., Pirkl, A., Theurer, R. (1994): *Planung von lokalen Biotopverbundsystemen*. Band 1: Grundlagen u. Methoden. Bay. Staatsministerium f. Ernährung, Landwirtsch. U. Forsten: 214 S.
- Rieger, E. (2010): mündliche Mitteilung
- Riguerio-Rodriguez, A., Fernandez-Nunez, E., Gonzales-Hernandez, P., McAdam, J.H., & Mosquera-Losada, M.R. (2009) *Agroforestry in Europe: Productive, Ecological and Social Perspectives*. In:



- Rigueiro-Rodríguez, A., Mc Adam, J. Mosquera-Losada, M.R.(Hrsg.) (2009): Agroforestry in Europe. Current status and future prospect. *Advances in Agroforestry*.- Springer: 52-65.
- Rogasik, J., Schroetter, S., Schnug, E., Kundler, P. (2001): Langzeiteffekte ackerbaulicher Maßnahmen auf die Bodenfruchtbarkeit. In: *Archiv für Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde*, Vol. 47: 3-17.
- Röhricht, C., Ruscher, K. 2004: Einsatz nachwachsender Rohstoffpflanzen als landschaftsgestaltendes Element - Feldstreifenanbau auf großen Ackerschlägen; In: *Bornimer Agrartechnische Berichte Heft 35*; Hrsg. Institut für Agrartechnik Bornim e.V.; Potsdam; S. 113-127.
- Röhricht, C. 2008: Anbauergebnisse mit schnellwachsenden Baumarten; Tagung der Arbeitsgemeinschaft Nachwachsende Rohstoffe vom 23. - 24.06.2008; Leipzig
- Röhricht, C. 2009: Anbauempfehlungen – Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb; Hrsg. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Dresden; 58 S.
- Rolfh D. (2007): Agroforstsysteme und Kurzumtriebswälder – Chancen und Gefahren aus Sicht des Naturschutzes. – Fachtagung an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. 02.07.2007. Staatliche Naturschutzverwaltung Baden-Württemberg.
- Roloff, A. (1998): Der Baum des Jahres 1998: Die Wildbirne. – IN: *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt: Die Wildbirne, *Pyrus pyraster* (L.) BURGSD*. Tagung zum Baum des Jahres am 17. und 18.3.1998 in Göttingen, 125: 9–17.
- Rossberg, P. (1995): Untersuchungen zur Nutzung von Benjes-Hecken durch die Avifauna. – In: *LÖBF (Landesanst. f. Ökologie, Bodenordnung u. Forsten; Hrsg.; 1995): Hecken: Ökologische Funktion, Anpflanzung, Pflege und Erhaltung. LÖBF-Mitteilungen 3/1995: 22–25.*
- Rüttimann, Markus (2001): Boden-, Herbizid- und Nährstoffverluste durch Abschwemmung bei konservierender Bodenbearbeitung und Mulchsaat von Silomais. Vier bodenschonende Anbauverfahren im Vergleich. - *Basler Beiträge zur Physiogeographie*. Band 30: 241 S.
- Sage R.B. (1998): Short rotation coppice for energy: towards ecological guidelines. – *Biomass and Bioenergy* 15 (1): 39–47.
- Sage R.B., Cunningham M., Boatman N. (2006): Birds in willow short-rotation coppice compared to other arable crops in central England and a review of bird census data from energy crops in the UK. – *Ibis* (148): 184–197.
- Sambeek, J., van, Garrett, G., McGraw, B., Navarrete-Tindall, N. (2004) Shade tolerance of forage crops research. In: *University of Missouri Center for Agroforestry. 2004 Research Highlights: S. 16.*
- Sauer, T.J., Cambardella, C.A., Brandle, J.R. (2007): Soil carbon and tree litter dynamics in a red cedar–scotch pine shelterbelt. *Agroforestry Systems* (71): 164-174
- Schattauer A. & Weiland P. (2006): Beschreibung ausgewählter Substrate. In: *Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.) (2006): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. 232 S.*
- Scheffer, F & Schachtschabel, P. (2002): *Lehrbuch der Bodenkunde*, 15. Aufl., Spektrum akademischer Verlag: 593 S.



- Schlecker E. (2004): Aufbau eines Landschafts-Informationssystems und landwirtschaftliche Gewässerschutzberatung im Einzugsgebiet der Seefelder Aach. – Freiburg: Culterra 37.
- Schmidt P.A. & Glaser T. (2009): Kurzumtriebsplantagen aus der Sicht des Naturschutzes. – In: Reeg T., Bemann A., Konold W., Murach D., Spiecker H.: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: 161–169.
- Schmidt T. (2010): Ein Garten für Schmetterlinge. – (<http://www.nabu.de/nabu/nh/jahrgang2003/heft4/01446.html>.) Abgerufen am 19. Juli 2010.
- Schneider, S., Kaltschmitt, M. 2002. Ökonomische Analyse Kurzumtriebsplantagenholz (Pappeln). In: Hartmann, H., Kaltschmitt, M. (Hrsg.) Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Schriftenr. „Nachwachsende Rohstoffe“ 3
- Schnell, R.; Hill, P. B.; Esser, E. (2005): Methoden der empirischen Sozialforschung. 7. Auflage. – München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 589 S.
- 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: 169–180.
- Schopfer, P. & Brennicke, A. (2005): Physiologie der Pflanzen. Spektrum-Akademischer Verlag: 702 S.
- Schulz U., Brauner O., Groß H., Neuenfeldt N. (2008a): Vorläufige Aussagen zu Energieholzflächen aus tierökologischer Sicht. – *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie*, Heft 42/2: 83–87.
- Schulz U., Brauner O., Groß H., Neuenfeldt N. (2008b): Vorläufige Aussagen zu Energieholzflächen aus tierökologischer Sicht. – *Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol.* 42: 2.
- Schulz U., Groß H., Hofmann V. (2008c): Wirbeltiere auf Agrarholzflächen (Säugetiere und Brutvögel) – erste Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS. In: Dendrom (Hrsg.): *Holzerzeugung in der Landwirtschaft. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese u. Landschaftsentwicklung. Band 6:* 167–169.
- Schulz, U., Brauner, O., Groß, H., Mannherz, C. (2010): Zoodiversität – Förderung der Tierwelt auf Kurzumtriebsplantagen. – In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU (Hrsg.; 2010): *Kurzumtriebsplantagen – Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft. Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS.* Osnabrück: DBU, 32–43.
- Schumann, F. (2006): *Agroforstwirtschaft auf dem Berliner Barnim - Untersuchung, Planungs- und Gestaltungsvorschläge:* 144 S.
- Schwab P. (2001): *Elsbeere – Sorbus torminalis (L.) Crantz. – Projekt Förderung seltener Baumarten.* Professur Waldbau ETHZ, Eig. Forstdirektion BUWAL. ([http://www.wm.ethz.ch/seba/seba\\_1/SEBA1\\_AS\\_ebe\\_2000.pdf](http://www.wm.ethz.ch/seba/seba_1/SEBA1_AS_ebe_2000.pdf)) Abgerufen am 25. November 2010.
- Schwertmann U., Vogli W. und Kainz M. (1987): *Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen.* – Stuttgart: Ulmer: 62 S.
- Seifert, T.; Nickel, M.; Pretzsch, H. 2010: Analysing the long-term effects of artificial pruning of wild cherry by computer tomography. *Trees-Structure and Function* 24 (5): 797-808.



- SMUL, Sächsisches Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft (2003): Handlungsempfehlung zur Bewertung und Bilanzierung von Eingriffen im Freistaat Sachsen. Abrufbar unter: [http://www.smul.sachsen.de/sbs/download/handlgsempfehlg\\_oekopunkte.pdf](http://www.smul.sachsen.de/sbs/download/handlgsempfehlg_oekopunkte.pdf) [18.12.2009]
- SMUL (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft) (2010): Wassererosion. (<http://www.smul.sachsen.de/umwelt/boden/12341.htm>) [ 28. Juni 2010]
- SNSH, Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein (2009): Produktionsintegrierte Kompensation in der Landwirtschaft - PIK. - Ein Pilotprojekt der Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein. Abrufbar unter: <http://www.ausgleichsagentur.de/index.php?id=636> [26.01.2010]
- SÖA, Sächsische Ökoflächenagentur (2010): abrufbar unter: <http://www.sls-net.de/slsmeissen0.html> [17.02.2010]
- Spahl H. (1990): Die Funktionen von Hecken und Feldgehölzen. – Mitteilungen der forstl. Versuchsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg im Breisgau, (144): 1–13.
- Spiecker H., Brix M. & Bender B. et al. (2009): Agroforst – Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung. – Schlussbericht des Projektes agroforst: Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung. ([http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/BMBF0330621\\_24-11-09.pdf](http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/BMBF0330621_24-11-09.pdf)). [28. Juni 2010]
- Spiecker, H., 2009. Future Strategies for Growing Valuable Broadleaved Trees in Europe, in: Spiecker, H., Hein, S., Makkonen-Spiecker, K., Thies, M. (Eds.), Valuable Broadleaved Forests in Europe. Brill, Leiden. European Forest Institute Research Report Nr. 22, pp. 241-243.
- Spiecker, H., Brix, M., Bender, B., Chalmin, A., Möndel, A. Mastel, K. Vetter, R. Unseld, R. Kretschmer, U., Reeg, T. Oelke, M. Konold, W. (2009): Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung. Schlussbericht des Projektes agroforst. - Bundesministerium für Bildung und Forschung: 319 S.
- Spiecker, M.; Spiecker H. 1988: Erziehung von Kirschenwertholz. AFZ- Der Wald 20. S. 562-565.
- Spiecker, M. 1994: Wachstum und Erziehung wertvoller Waldkirschen. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. 92 S.
- St. LB B-W (Stiftung Landesbank Baden-Württemberg; Hrsg.; 2006): Die Elsbeere. Stuttgart, 28 S.
- Staebler, G.R., 1964. Height and diameter growth for four years following pruning of Douglas-fir. Journal of Forest Science 62, 406-408.
- Stoll, B.& Dohrenbusch, A. (2010): Waldbau. – In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU (Hrsg.; 2010): Kurzumtriebsplantagen – Handlungsempfehlungen zur naturverträglichen Produktion von Energieholz in der Landwirtschaft. Ergebnisse aus dem Projekt NOVALIS. Osnabrück: DBU, 6–13.
- Tenbergen, B. & Starkmann, T. (1995): Heckenneupflanzungen in Westfalen-Lippe und ihre zeitliche Entwicklung. – In: LÖBF (Landesanst. f. Ökologie, Bodenordnung u. Forsten; Hrsg.; 1995): Hecken: Ökologische Funktion, Anpflanzung, Pflege und Erhaltung. LÖBF-Mitteilungen 3/1995: 12–18.
- TMLNU Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2001): Das bauleitplanerische „Ökokonto“. -Hinweise zur Bevorratung von Ausgleichsmaßnahmen für Eingriffe in Natur und Landschaft, Erfurt: 12 S.



- UBA (Umweltbundesamt; 2006): Potenzielle Erosionsgefährdung – Ackerflächen ohne Berücksichtigung der Fruchtfolge. ([http://www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/boden/bilder/410gefahr\\_erosion\\_potentiell.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/boden/bilder/410gefahr_erosion_potentiell.pdf)). [29.06.2010]
- Udawatta, R.P., Kremer, R., Adamson, B.W., Anderson, S.H. (2008): Variations in soil aggregate stability and enzyme activities in a temperate agroforestry practice. *Applied Soil Ecology*, Nr. 39: S. 153-160.
- UMBW, Umweltministerium Baden-Württemberg (2006): Das Schutzgut Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung. Arbeitshilfe. - abrufbar unter: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/12719/> [12.12.2009]
- UMNS, Niedersächsisches Umweltministerium (2002): Arbeitshilfe zur Anwendung der Eingriffsregelung bei Bodenabbauvorhaben auf der Grundlage des „Leitfadens zur Zulassung des Abbaus von Bodenschätzen nach dem NNatG und dem NWG“. Abrufbar unter: [http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C1544972\\_L20.pdf](http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C1544972_L20.pdf) [25.02.2010]
- UMNS, Niedersächsisches Umweltministerium (2007): Hinweise zur Flächen- und Maßnahmenbevorratung bei der Eingriffskompensation. Ökokontomodell für Niedersachsen. Entwurf Juli 2007. abrufbar unter: [http://www.umwelt.niedersachsen.de/live/live.php?navigation\\_id=2261&article\\_id=8917&\\_psmand=10](http://www.umwelt.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=2261&article_id=8917&_psmand=10) [04.08.2010]
- Unsel, R. (2008): Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg. Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg (Hrsg.): 49 S.
- Unsel, R., Möndel, A.; Textor, B., Seidl, F., Steinfatt, K., Karopka, M., Nahm, M. (2010): Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg Stuttgart; (Hrsg.) Ministerium für ländlichen Raum, Ernährung und Verbraucherschutz Baden- Württemberg, 2008. 56 S.
- Unterseher, E. (2010): Blümmischungen in Agrarlandschaften. Versuchswesen, Politikberatung, Öffentlichkeitsarbeit. *Landinfo* 3/2010: 18-22
- Unterseher, E. (2010): Blümmischungen in Agrarlandschaften. Versuchswesen, Politikberatung, Öffentlichkeitsarbeit. *Landinfo* 3/2010: 18–22.
- Van Elsen, T. & Immel, K. (2001): Nutzung und Gestaltung von Hecken und Wildfruchtgehölzen im Ökologischen Landbau. - Beitr. 6. Wiss.-Tagung zum Ökol. Landbau Freising (2001): 353-356
- Varella, A.C., Moot, D.J. , Pollock, K.M. Peri, P. L. Lucas, R.J. (2010): Do light and alfalfa responses to cloth and slatted shade represent those measured under an agroforestry system? *Agroforestry systems*. Published Online June 2010: 17 S. abrufbar unter: <http://www.springerlink.com/content/c44u50038tk2k536/> [27.09.2010].
- VDLUFA, Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (1991): Methodenbuch Band1: Die Untersuchung von Böden
- VDLUFA Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (2009): Bestimmung des Porenanteils von Substraten und Komposten durch Flüssigkeitspyknometrie
- Veith, E. (2006): Poolanbieter im freien Wettbewerb - Konkurrenz und Vergabe. -abrufbar unter: [http://www.flaechenagentur.de/Downloads/Tagung\\_2006/E\\_Veith\\_OEFM\\_Leipzig080906.pdf](http://www.flaechenagentur.de/Downloads/Tagung_2006/E_Veith_OEFM_Leipzig080906.pdf) [17.02.2010]



- Vetter, A. 2005. Richtwerte, Leistungen und Kosten der Energieholzproduktion. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena
- Vetter, A.; Werner, A.; Reinhold, G. 2002: Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Energieholz; Hrsg. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft; Jena; 14 S.
- Wagner, Simon (2007): Ökokonten und Flächenpools: die rechtlichen Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen der Flächen- und Maßnahmenbevorratung als Ausgleichsmethoden im Rahmen der Eingriffsregelung im Städtebaurecht.- Schriften zum Umweltrecht ; 153. Berlin.
- Waldwissen.net 2010:  
[http://www.waldwissen.net/themen/waldbau/bestandspflege/fva\\_wertaestung\\_DE](http://www.waldwissen.net/themen/waldbau/bestandspflege/fva_wertaestung_DE) [03.11.2010]
- Weber H.E. (2003): Gebüsch, Hecken, Krautsäume. - Stuttgart: Ulmer; 229 S.
- Weih M., Karacic A., Munkert H., Verwijst T. & Diekmann M. (2003): Influence of young poplar stands on floristic diversity in agricultural landscapes (Sweden). – Basic and Applied Ecology (4): 149–156.
- Weller, F. (2006): Streuobstwiesen. In: Konold, W., Böcker, R., Hampicke, U. (Hrsg.) (2006): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege - 18. Ergänzungslieferung 2/06. Ecomed. Landsberg:XI-2.11.
- Whitefield, P. (1999): Das grosse Handbuch Waldgarten. - OLV Organischer Landbau Verlag Xanten.
- Wignall, T.A., Browning, G., Mackenzie, K.A.D., 1987. The physiology of epicormic bud emergence in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) responses to partial notch girdling in thinned and unthinned Stands. Forestry 60, 45-56.
- Wischmeier W.H. & Smith D.D. (1978): Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning. USDA, Agar Handbook No. 537: 47 S.
- Würfel, T. & Unterseher, E. (2002) Verringerung von Oberflächenabfluss und Bodenerosion. Landesanstalt für Pflanzenbau, Rheinstetten (Hrsg.): 8 S.
- Yokoi, S., Yamaguchi, K., 1996. Origin of epicormic branches and effect of thinning on their development in *Quercus mongolica* var. *Grosseserrata*. Journal of the Japanese Forestry Society 78, 169-174.
- Young, A. (1989): Agroforestry for Soil Conservation. - CAB International, Wallingford (UK): 276 S.
- Young, A. (1997): Agroforestry for Soil Management. CAB International, New York, New York and ICRAF, Nairobi, Kenya: 320 S.
- Zaag, D.E., van der, Doornbos, J.H. (1987): An attempt to express differences in the yielding ability of potato cultivars based on differences in cumulative light interception, utilization efficiency of foliage and harvest index. Potato research 30: 551-568.
- Zehlius-Eckert, W., Reppin, N., Thömmes, A., Hoffmann, Eckstein, K., Unseld, R., Huber, T. (2010): F + E Vorhaben Agroforstwirtschaft - 3. Sachstandsbericht (Entwurfassung): 72 S.



## 11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über das Projekt und die darin enthaltenen Teilarbeiten .....	2
Abbildung 2: Agroforstfläche Blaufelden (Bild: M.OELKE 2010) rechts Luftbild und Skizze der Anlage. Der rote Pfeil markiert den Ort der Probennahme. ....	5
Abbildung 3: Agroforstfläche KA-Stupferich (links Wertholzstreifen, rechts Kurzumtriebsstreifen) (Bilder: A.CHALMIN).....	6
Abbildung 4: Skizze der beiden Teilflächen 2a (rechts) und 2b (links). Die Bodenprobennahme erfolgte hier im 30 m breiten Mittelstreifen (rote Pfeile). Das graue Kästchen stellt die Position des Bodenprofils für die Bestimmung der Porenverteilung anhand eines Bodenprofils dar. ....	6
Abbildung 5: Agroforstfläche Groß Zecher (3) (Bilder: M.OELKE, GOOGLE EARTH). Der rote Pfeil markiert den Ort der Probennahme.....	7
Abbildung 6: Humusgehalte auf Fläche 1 (Blaufelden) in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen.....	11
Abbildung 7: Humusgehalte auf Fläche 3 (Groß Zecher) in verschiedenen Bodentiefen und in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen.....	11
Abbildung 8: pH-Werte der Flächen 1 und 3 (Blaufelden, Groß Zecher) in der oberen Bodenschicht in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen.....	12
Abbildung 9: Porengrößenverteilung Profil 1 nach herkömmlicher Klassifikation.....	13
Abbildung 10: Nutzbare Feldkapazität nach herkömmlicher Bestimmung (nFK 1).....	14
Abbildung 11: Luftkapazität nach herkömmlicher Berechnung .....	15
Abbildung 12: Potentielle Erosionsgefährdung in Deutschland (aus UBA 2006).....	17
Abbildung 13: Schematische Darstellung der langfristigen Terrassenbildung durch Erosion und Sedimentablagerung an Gehölz- bzw. Baumstreifen (nach BLANCO & LAL 2008).....	20
Abbildung 14: Skizze Versuchsaufbau Erosionsmessanlage am Standort KA-Stupferich .....	28
Abbildung 15: Bilder 1 bis 4: Einbau der Feldkästen mit Überlaufräubern (oben: Agroforstfläche, unten Nachbarfläche mit seitlicher Begrenzung) Bilder: F. SEIDL .....	29
Abbildung 16: Bilder 5 und 6: umgebaute Erosionsmessanlagen (links Agroforstfläche, rechts Vergleichsfläche) Bilder: F. SEIDL.....	31
Abbildung 17: Niederschlagsdaten (Tageswerte) vom 29.10.2009 bis 12.12.2009 (Wetterstation KA-Rüppurr) (rote Pfeile markieren die Tage der Messungen) .....	32
Abbildung 18: Niederschlagsdaten (Tageswerte) vom 13.12. 2009 bis 12.04.2010 (Wetterstation KA-Stupferich). (rote Pfeile markieren die Tage der Messungen) .....	32
Abbildung 19: Ergebnisse der Messungen des Oberflächenabflusses (Agroforstfläche AF1/AF2, Vergleichsfläche NF1/NF2) .....	33
Abbildung 20: Entwicklung des Nitratstickstoffgehaltes und der Simulationsergebnisse auf der Agroforstfläche (mit Baumreihen) KA-Stupferich im Zeitraum November 2009 bis April 2010 (Berechnungen: TZW 2010) .....	37
Abbildung 21: Entwicklung des Nitratstickstoffgehaltes und der Simulationsergebnisse auf der Nachbarfläche (ohne Baumreihen) im Zeitraum November 2009 bis April 2010 (Berechnungen: TZW 2010) .....	37
Abbildung 22: Gespeicherte Kohlenstoffmenge in verschiedenen Bestandteilen eines Wertholzträgers am Ende der Produktionszeit nach 60 Jahren (Dimension: Höhe=30 m, BHD= 60 cm) (DH= Derbholz; Afs= astfreier Stammabschnitt).....	39
Abbildung 23: Bilder 1 u. 2: Anbau von Beerensträuchern auf Grünland zur Schnapsherstellung (Mispel, Schlehe u.a.) in Blaufelden, Baden-Württemberg (links, Foto F.Seidl). Pflanzung von Beerensträuchern auf einem neu angelegten Streifen mit Obstbäumen in Möhlin, Schweiz (rechts, Foto M.Oelke). ....	65
Abbildung 24: Bild 3: Gemüsebeet auf einem Streifen mit Obstbäumen in Möhlin, Schweiz (Foto: M.Oelke) .....	66
Abbildung 25: Holzprobe zur retrospektiven Analyse von Überwallungszonen.....	78
Abbildung 26: Histogramme verschiedener vermessener Astparameter des Probenmaterials .....	79
Abbildung 27: Astfreies Holzvolumen in Abhängigkeit vom Durchmesser des asthaltigen Kerns (bei astfreier Stammlänge: 8 m, BHD: 60 cm, Abholzigkeit: 1 cm).....	80
Abbildung 28 : Zusammenhang von Aststummellänge und Dicke der Überwallungszone.....	81
Abbildung 29: Zusammenhang von Aststummellänge und Überwallungsdauer.....	82



Abbildung 30: Zusammenhang von Astdurchmesser und Überwallungsdauer .....	83
Abbildung 31: Zusammenhang von Astdurchmesser und Dicke der Überwallungszone .....	83
Abbildung 32: Punktdendrometer.....	86
Abbildung 33: Radialzuwachs in verschiedenen Schafthöhen .....	87
Abbildung 34: Zuwachsbeginn der Untersuchungsbäume im Jahr 2010. Zuordnungscode: z.B. Ah1 (1,3m) A. Ah1= Baumart und Baum-Nr.; (1,3m)= Höhe des Dendrometers; A= Kürzel Astungsvariante .....	88
Abbildung 35: Abweichung des Radialzuwachses in 4,5 m Höhe von dem in 1,3 m Höhe (im Zeitraum von Wachstumsbeginn 2010 bis einschließlich September 2010). Zuordnungscode: z.B. Ah1 A. Ah1= Baumart und Baum-Nr.; A= Kürzel Astungsvariante .....	89
Abbildung 36: Relative Abweichung des relativen Brusthöhendurchmessers (BHD) der Astungsvarianten vom relativen Durchmesser der Kontrollgruppe (A). Für jedes Kollektiv wurde der BHD des Jahres 2005 als 100 % gesetzt. ....	93
Abbildung 37: Ausschnitt eines TLS- Bildes im 3D- Raum.....	96
Abbildung 38: Übersicht der Scanaufnahmen im Feld .....	96
Abbildung 39: Pappelklon Max 3 mit Tapes zum leichten wieder finden der Durchmesserbereiche .. .....	97
Abbildung 40: Scanbild einer Max3- Pappelplantage (Softwareprogramm Z+F LaserControl) .....	98
Abbildung 41: Darstellung der systematischen Unterschätzung von Baumdurchmessern bedingt durch die einseitige Visur des TLS im Singel- Scan- Modus .....	98
Abbildung 42: Abweichung aller gemessenen TLS- Werte von den Hand gemessenen Werten; rot: Ausgleichsgerade/ grün: Abstand der Pixel von einander mit zunehmender Entfernung ...	99
Abbildung 43: Informationsverlust mit zunehmender Entfernung: Darstellung zwei gleich großer Baumscheiben in unterschiedlichen Entfernungen .....	100
Abbildung 44: Darstellung der „Mixed Pixels“ genannten Fehler .....	101
Abbildung 45: Abweichungen des TLS von den gekluppten Werten unter Berücksichtigung der Stammform .....	101
Abbildung 46: Biomassefunktion des Klones Max1 (Hofmann et al. 2010) .....	102
Abbildung 47: Im Schutz einer Rose erwachsene Esche im Hegau (Aufnahme: Reeg) .....	120
Abbildung 48: AFS in Pommritz (Sachsen) mit vorgelagerter Hecke (links). Aufnahme: Krieger.....	121
Abbildung 49: Hecke an einem neu angelegten AF-Streifen in Möhlin, Schweiz. Aufnahme: Oelke .....	121
Abbildung 50: Mit <i>Phacelia</i> (einjährig) versehener Wertholzstreifen einer AFS-Pilotanlage der Uni Freiburg bei Breisach. Aufnahme: Möndel.....	125
Abbildung 51: Blühsaatenmischung mit Sonnenblumen auf einem neu begründeten Wertholzstreifen in eine AF-Versuchsanlage des LTZ bei Karlsruhe. Aufnahme: Chalmin .....	126
Abbildung 52: Malve mit Hummelbesuch. Mehrjähriger Blühstreifen in einer AFS-Pilotanlage bei Breisach. Aufnahme: Möndel.....	126
Abbildung 53: Asthaufen auf einem Baumstreifen in Möhlin, Schweiz. Aufnahme: Oelke .....	129
Abbildung 54: Vergleich der „reinen“ Ästungszeit bezogen auf die Anzahl entfernter Äste bei vorgreifender und quirlweiser Ästung .....	147
Abbildung 55: Orientierungspreise ausgewählter Baumarten in Baden-Württemberg (Landesforstverwaltung Baden-Württemberg) .....	150
Abbildung 56: Maximale und Mittlere Submissionserlöse ausgewählter Baumarten der Wertholzsubmission Thüringen (IHB 2010) .....	150
Abbildung 57: Maximale und Mittlere Submissionserlöse für Obsthölzer, gemittelt für den Zeitraum von 1998 bis 2008 (LUICK und VONHOFF 2010) .....	151
Abbildung 58: Zunahme der Pflanzgutkosten mit zunehmender Pflanzenzahl.....	158
Abbildung 59: Entwicklung der Zäunungskosten (für eine Fläche von 1 ha) bei zunehmender Länge einer Seite .....	160
Abbildung 60: Preisentwicklung bei Holzhackschnitzeln, Holzpellets, Heizöl und Erdgas in den Jahren 2003-2010 (CARMEN 2010) .....	163
Abbildung 61: Waldhackschnitzelpreise in den Jahren 2007-2010 (WG35; Lieferung von 80 Srm im Umkreis von 20km; alles inklusive) (CARMEN 2010) .....	164
Abbildung 62: Systematische Darstellung zum Einfluss der Wertholzbäume auf die landwirtschaftliche Produktion. (Grafik: M. Brix 2006 Quelle: Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. 2009. Wiley-VCH Verlag).....	171



Abbildung 63: den Berechnungen zu Grunde gelegter Ertragsverlauf der landwirtschaftlichen Komponente in einem Agroforstsystem .....	173
Abbildung 64: Vergleich der Deckungsbeiträge eines Standardagroforstsystem mit reinem Ackerbau bei unterschiedlichen Preisen für Wertholz und landwirtschaftliche Produkte (mittleres Ertragsniveau, Zinssatz 3%).....	175
Abbildung 65: Vergleich der Deckungsbeiträge eines Standardagroforstsystems mit reinem Ackerbau bei unterschiedlichen Preisen für Wertholz und landwirtschaftliche Produkte (hohes Ertragsniveau, Zinssatz 3%).....	175
Abbildung 66: Vergleich der Deckungsbeiträge bei verschiedenen Zinssätzen (mittleres Ertragsniveau, steigende Preise für landwirtschaftliche Produkte, mittlerer Wertholzpreis).....	176
Abbildung 67: jährlicher Vergleichsdeckungsbeitrag (Annuität, Zinssatz 3%) im AFS Groß Zecher mit unterschiedlicher Anzahl gepflanzter Wertholzbäume sowie mit verkürzter Umtriebszeit im Vergleich mit reinem Ackerbau (Preisniveau 125%, Baumart: Bergahorn).....	177
Abbildung 68: jährlicher Vergleichsdeckungsbeitrag (Annuität, Zinssatz 3%) im AFS KA-Stupferich mit unterschiedlichen Baumarten und Baumschutzvarianten im Vergleich mit reinem Ackerbau (Preisniveau 125%; Abkürzungen: Kirsche (Ki), Bergahorn (BAh)).....	178
Abbildung 69: Bilder 1 bis 4.: Aufbau der Beschattung: Winter-Gerste (links oben), Grünland (rechts oben), Kartoffeln (links unten) und Mais (rechts unten) .....	185
Abbildung 70: Skizze Versuchsaufbau (Schattierwerte in Klammern angegeben).....	185
Abbildung 71: Bilder 5 - 6: Ernte der Grünland- und Wintergersteparzellen mit Grünfuttermähdrescher (links) und Parzellenmähdrescher (rechts) .....	186
Abbildung 72: Trockenmasseertrag (dt TM/ha) und TS-Gehalte (%) von Mais unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade .....	187
Abbildung 73: Trockenmasseertrag (dt/ha) von Wintergerste unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade.....	189
Abbildung 74: Trockenmasseertrag (dt TM/ha) und TS-Gehalte (%) von Grünland unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade .....	191
Abbildung 75: Erträge (FM) Kartoffeln bei verschiedenen Beschattungswerten im Vergleich zur unbeschatteten Kontrolle.....	193
Abbildung 76: Klimadiagramm von Vogtsburg am Kaiserstuhl. Die mittlere Jahreslufttemperatur liegt bei 9,9°C, der Jahresniederschlag bei 811 mm (Grafik: M. Brix, 2007) .....	196
Abbildung 77: Nährstoffkonzentrationen in verschiedenen Baumkompartimenten von Kirsche, Esche und Ahorn im Vergleich zur Konzentration im Stammholz (=100 %). Im Kompartiment „Reisig“ ist Grob- und Feinreisig zusammengefasst. ....	199
Abbildung 78: Nährstoffvorräte verschiedener Bestandteile eines Wertholzträgers am Ende der Produktionszeit nach 60 Jahren (Dimension: Höhe=30 m, BHD= 60 cm) (DH= Derbholz; Afs= astfreier Stammabschnitt). ....	202
Abbildung 79: Mengenelemente der vier verschiedenen Pappelklone .....	204
Abbildung 80: Verhältnis von BHD zur Frischmasse .....	207
Abbildung 81: Verhältnis RCD zur Frischmasse.....	208
Abbildung 82: Phosphorgehalte (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) auf Fläche 3 in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen (rote Pfeile markieren die Grenzen zwischen den Gehaltsklassen).....	212
Abbildung 83: Kaliumgehalte (K <sub>2</sub> O) auf Fläche 3 in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen (rote Pfeile markieren die Grenzen zwischen den Gehaltsklassen) .....	212
Abbildung 84: Magnesiumgehalte (Mg) auf Fläche 3 in Abhängigkeit des Abstandes von einem Baumstreifen (rote Pfeile markieren die Grenzen zwischen den Gehaltsklassen).....	212



## 12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der beprobten Praxisflächen.....	4
Tabelle 2: Kulturarten und Düngemengen auf der Agroforstfläche KA-Stupferich (2009-2010) .....	6
Tabelle 3: Ergebnisse der Bodenanalysen (Humusgehalt und pH-Wert in Abhängigkeit vom Abstand zu den Baumstreifen).....	10
Tabelle 4: Mittlere Nährstoffgehalte (N/P) der analysierten Wasserproben und die Gesamtmengen an ausgetragenen N und P .....	35
Tabelle 5: C- Gehalte vier verschiedener Pappelklone.....	40
Tabelle 6: Übersicht über mögliche Ansatzpunkte für Agroforstsysteme im Hinblick auf die Anerkennung als Kompensationsmaßnahme im Rahmen der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung in den einzelnen (Flächen-) Bundesländern .....	57
Tabelle 7: Ökonomische Kenndaten (Deckungsbeiträge) einiger ausgewählter Kulturen, die zum Anbau auf Baumstreifen geeignet sein könnten.....	68
Tabelle 8: Im Astungsversuch angewandte Astungsvarianten .....	85
Tabelle 9: Baumhöhen und Höhenzuwachs der Kirschbäume des Astungsversuchs (Ästung erfolgte im Juli 2007). Es bestehen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Astungsvarianten.....	92
Tabelle 10: Mittlerer Brusthöhendurchmesser der Jahre 2005, 2007 und 2009 und mittlerer Durchmesserzuwachs (Vegetationsperioden 2008 und 2009) der Astungsvarianten. ....	92
Tabelle 11: Wasserreisercharakteristika der Astungsvarianten .....	94
Tabelle 12: Auszug erhobener Zeit- und Bezugswerte.....	147
Tabelle 13: Zeitbedarfswerte bei unterschiedlichen Ästungshöhen und -verfahren .....	149
Tabelle 14: Bewertung von Angebot, Problemen und Nachfrage für Obsthölzer bester Qualität (nach langjährigen Erfahrungen von Submissionen im Ostalbkreis, Baden-Württemberg) (LUICK und VONHOFF 2010).....	152
Tabelle 15: Kostenrechnung für die Wertholzproduktion (Angabe von Kosten je Baum) .....	154
Tabelle 16: Beispielrechnung für Wertholzproduktion in einem Agroforstsystem (Angaben je ha)....	156
Tabelle 17: Verschiedene Pflanzverbände und ihre Pflanzgutkosten .....	158
Tabelle 18: Pflanzverbände und ihre Pflanzkosten (HOFMANN 1998) .....	159
Tabelle 19: Entwicklung der Zäunungskosten für zwei unterschiedliche Szenarien.....	160
Tabelle 20: Kosten und Leistung verschiedener Ernteverfahren bei 5 Jahre alten Beständen (BURGER 2005) .....	161
Tabelle 21: Zielprodukte und Verwendung von Pappelholz aus Kurzumtriebsplantagen.....	163
Tabelle 22: Die aktuellen Industrieholzpreise für Pappel und Weide betragen laut Landesbetrieb NRW (2010): .....	164
Tabelle 23: Wichtige Einflussgrößen für die monetäre Bewertung von Kurzumtriebsflächen.....	165
Tabelle 24: Szenario 1: „Minimal“ .....	166
Tabelle 25: Szenario 2: „Maximal“ .....	167
Tabelle 26: Szenario 3: „Mittelwert“ .....	168
Tabelle 27: Kosten- und Erlösstruktur für Szenario 3 „Mittelwert“ .....	169
Tabelle 28: Der Berechnung zu Grunde gelegte Faktoren und Werte des Agroforstsystems .....	172
Tabelle 29: Durchschnittliche Erzeugerpreise Baden-Württemberg (2002-2009) für landwirtschaftliche Produkte und Wertholzpreise (Berechnungsgrundlage).....	173
Tabelle 30: Kalkulatorische prämienfreie Deckungsbeiträge je Hektar und Jahr (inkl. 125 €/ha Lohnansatz, Annuitätenmethode, Zinssatz 3 %) .....	174
Tabelle 31: Kalkulatorische prämienfreie Deckungsbeiträge je Hektar und Jahr (inkl. 125 €/ha Lohnansatz, Annuitätenmethode, Zinssatz 4 %) .....	176
Tabelle 32: Gemessene Lichtmengen unter geasteten Bäumen, entsprechende Schattierwerte im Versuch und eingesetzte Schattiersysteme (Messungen M.Oelke).....	183



Tabelle 33: Ergebnisse der Weender Analyse bei Mais unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade.....	188
Tabelle 34: FM-Erträge (dt TM/ha), TM-Erträge (dt/ha), TS-Gehalte (%), Netto-Energie-Laktation (MJ/kg), Biogasausbeute (l/kg oTS) und -ertrag (m <sup>3</sup> /ha) von Mais unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade.....	188
Tabelle 35: Ergebnisse der Weender Analyse bei Wintergerste unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade.....	189
Tabelle 36: FM-Erträge (dt TM/ha), TM-Erträge (dt/ha), Tausendkornmasse (g), Netto-Energie-Laktation (MJ/kg) von Wintergerste unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade .....	190
Tabelle 37: Ergebnisse der Weender Analyse bei Grünland (erster Schnitt) unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade.....	191
Tabelle 38: FM-Erträge (dt TM/ha), TM-Erträge (dt/ha), TS-Gehalte (%), Netto-Energie-Laktation (MJ/kg), Biogasausbeute (l/kg oTS) und -ertrag (m <sup>3</sup> /ha) von Grünland (erster Aufwuchs) unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade.....	192
Tabelle 39: Ergebnisse der Weender Analyse bei Grünland (zweiter Schnitt) unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade.....	192
Tabelle 40: FM-Erträge (dt TM/ha), TM-Erträge (dt/ha), TS-Gehalte (%), Netto-Energie-Laktation (MJ/kg), Biogasausbeute (l/kg oTS) und -ertrag (m <sup>3</sup> /ha) von Grünland (zweiter Aufwuchs) unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade.....	192
Tabelle 41: FM-Erträge und Stärkegehalt bei Kartoffeln unter dem Einfluss verschiedener Beschattungsgrade.....	193
Tabelle 42: Beprobte Baumkompartimente .....	197
Tabelle 43: Laborergebnisse der Nährstoffuntersuchungen bei Ahornen, Eschen und Kirschen.....	198
Tabelle 44: Verwendete Raumdichten (nach KOLLMANN 1982) .....	201
Tabelle 45: Mittelwerte von Stamm- und Astdichten und deren Verhältnis (nach HAKKILA 1972).....	201
Tabelle 46: Nährstoffentzug durch Wertholzproduktion bei Vollbaumernte in einem Agroforstsystem je Baum (Dimension: Höhe=30 m, BHD= 60 cm), je ha und Jahr (35 Wertholzträger je ha, Produktionszeit= 60 Jahre). .....	203
Tabelle 47: Nährstoffentzug durch landwirtschaftliche Produktion mit verschiedenen Fruchtarten in einem Agroforstsystem mit 85 % landwirtschaftlicher Nutzung je Hektar und Jahr (med=mittlere Ertragserwartung). Angegebene Werte gelten für Gehalte des reinen Ernteguts, das heißt Erntereste der Hauptfrucht werden wieder in den Boden eingearbeitet. (zur Wertermittlung verwendete Quellen: LTZ 2008, Deutsche Saatveredelung 2010).....	203
Tabelle 48: Laborergebnisse der Nährstoffuntersuchung bei Pappelklonen .....	204
Tabelle 49: Literaturwerte zum Gehalt von Mengenelementen in Pappeln .....	205
Tabelle 50: Chemisch- stoffliche Qualitätsmerkmale biogener Brennstoffe und ihre wichtigsten Auswirkungen (IBS 2010) .....	206
Tabelle 51: Aschegehalte der vier verschiedenen Pappelklone und der Wertholzträger .....	206
Tabelle 52: Verbrennungstechnische Kennwerte von Pappel - Alle Angaben bezogen auf die Trockenmasse (TM) (Launhardt 2000).....	207
Tabelle 53: Ergebnisse der Pappelbeerntung .....	208
Tabelle 54: Durchschnittliche jährliche Menge an gebundenen Mengenelementen pro Hektar .....	209
Tabelle 55: Ergebnisse der Bodenanalysen (Phosphor-, Kalium- und Magnesiumgehalt in Abhängigkeit des Abstands zu den Baumstreifen) .....	213



## 13 Anhang

## 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](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  $0^\circ$  bis  $90^\circ$ . 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  $4 \times 6$  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:

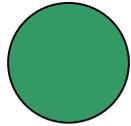
	0,5	1,5	2,5	4,5	7,5	11	20	Abstand zum Stamm in m
	29	33	39	57	72	86	95	Gesamt-Lichtmenge i.V. zum freien Feld in %

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:

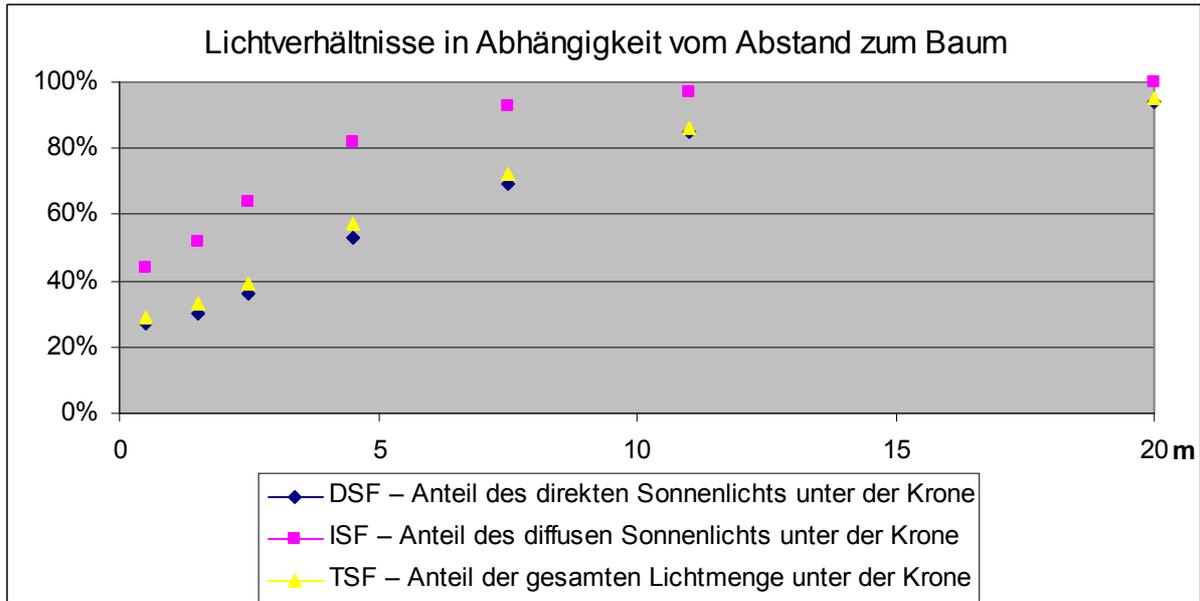


Abb. A 2.27: Lichtverhältnisse in Abhängigkeit vom Baumabstand in Bopfingen (M. Oelke, A. Chalmin)

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

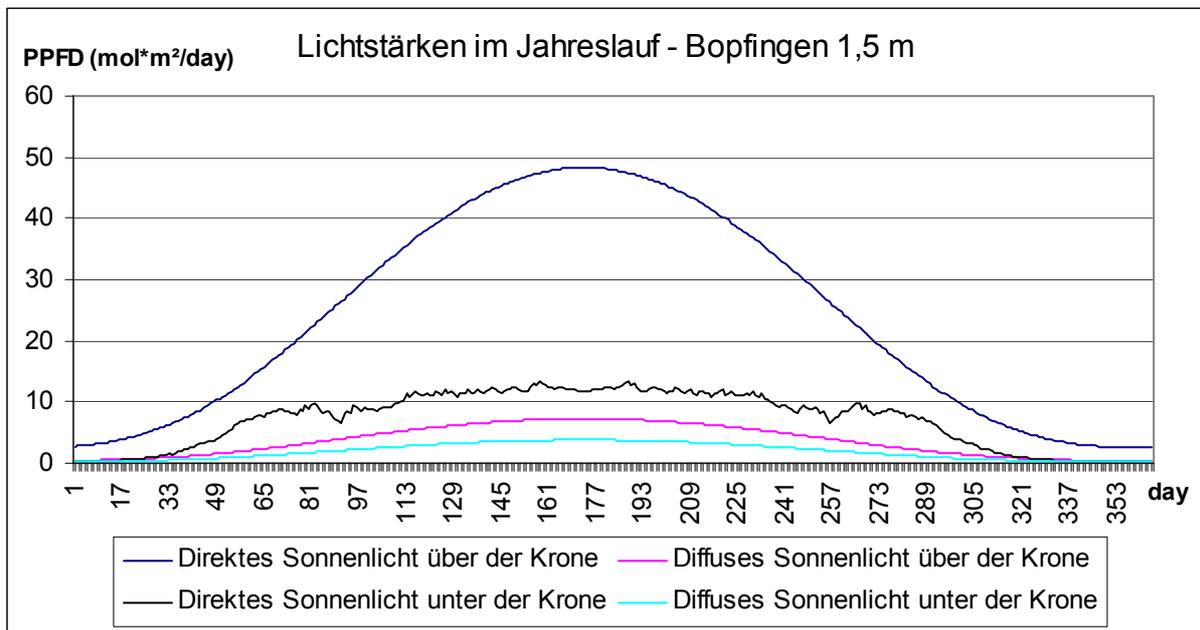


Abb. A 2.27a: Lichtstärken im Jahresverlauf im Abstand von 1,5 m. PPFD=Photosynthetically Active Photon Flux Density (M. Oelke, A. Chalmin)

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.

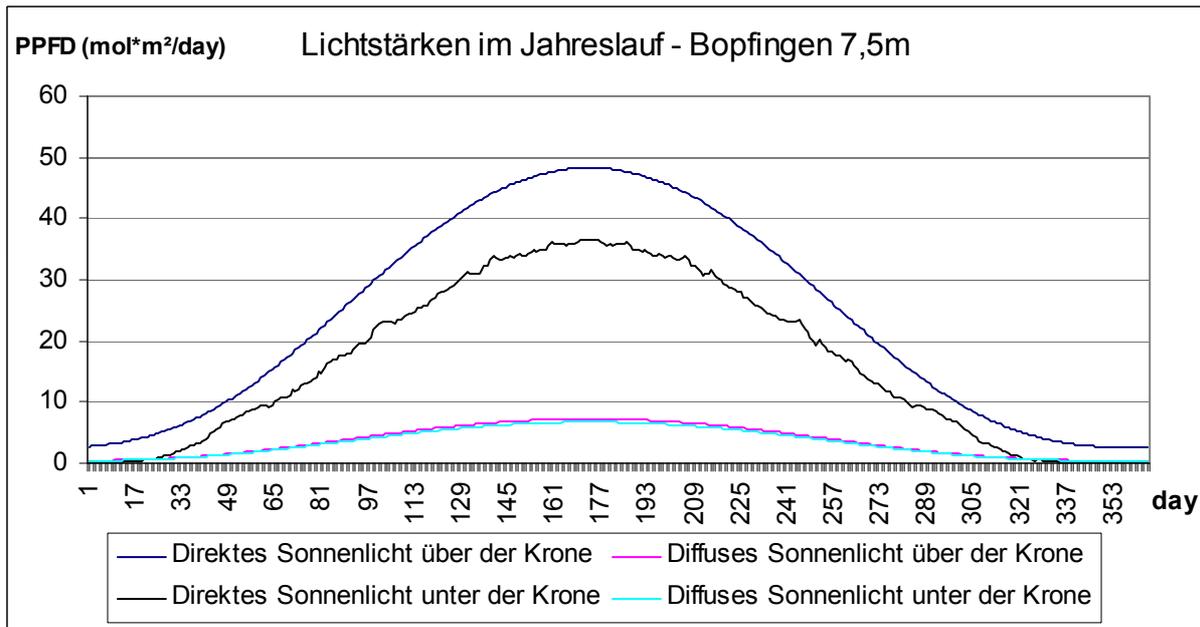


Abb. A 2.27b: Lichtstärken im Jahresverlauf im Abstand von 7,5 m. PPFD=Photosynthetically Active Photon Flux Density (M. Oelke, A. Chalmin)

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.

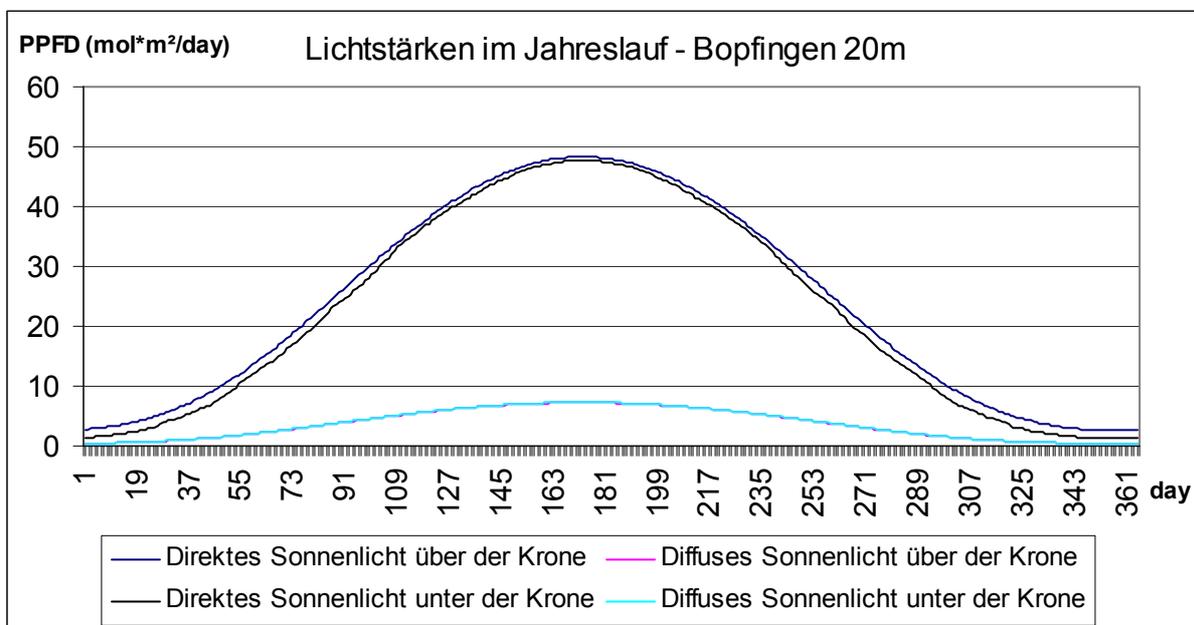


Abb. A 2.27c: Lichtstärken im Jahresverlauf im Abstand von 20 m. PPFD=Photosynthetically Active Photon Flux Density (M. Oelke, A. Chalmin)

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 BHD<sup>1</sup> 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,

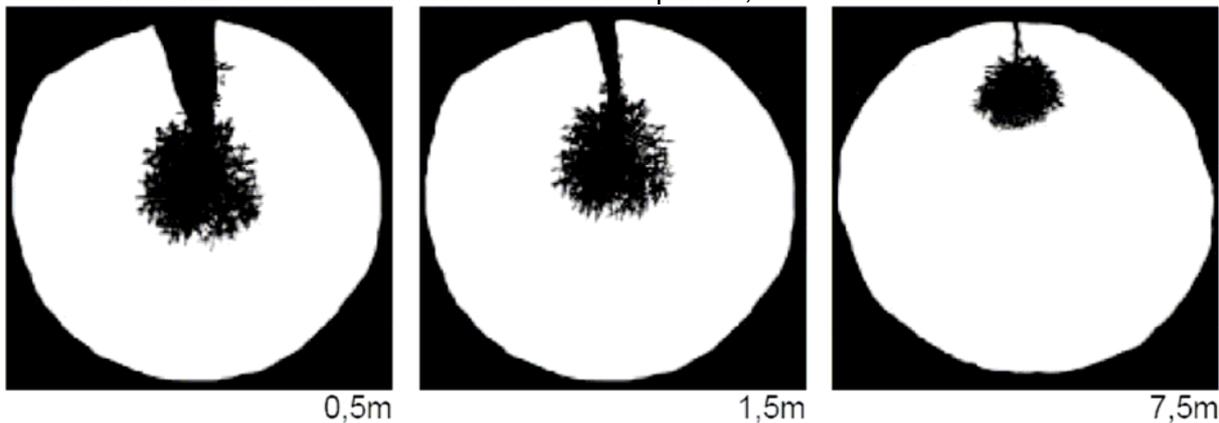


Abb. A 2.29: Ausgewertete Bilder für das Szenario Nummer 1 (M. Oelke)

<sup>1</sup> BHD = Brusthöhendurchmesser = Stammdurchmesser eines Baumes in 1,3 m Höhe.

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

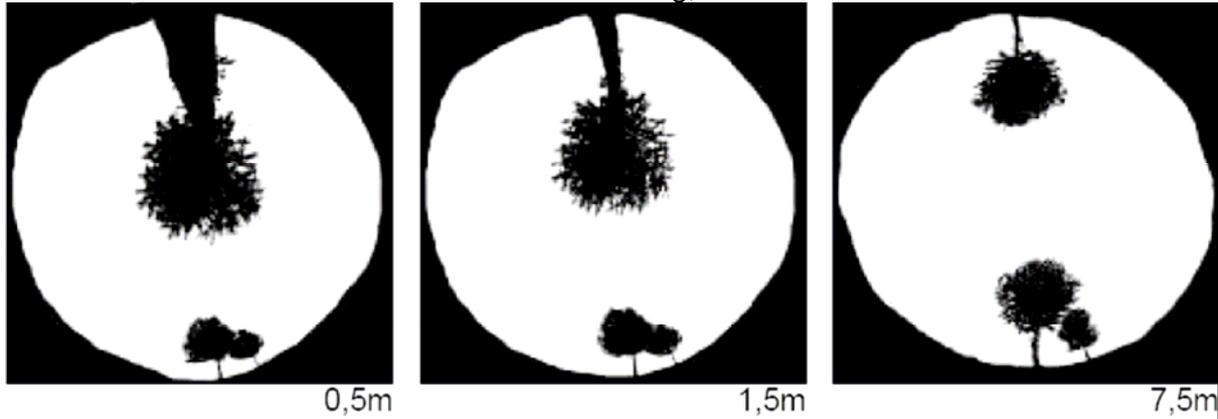


Abb. A 2.30: Ausgewertete Bilder für das Szenario 2 (M. Oelke)

Für das erste Szenario ergaben sich die folgenden Messwerte:

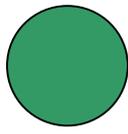
	0,5	1,5	7,5	Abstand zum Stamm in m
	98	98	100	Gesamt-Lichtmenge i.V. zum freien Feld in %

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:

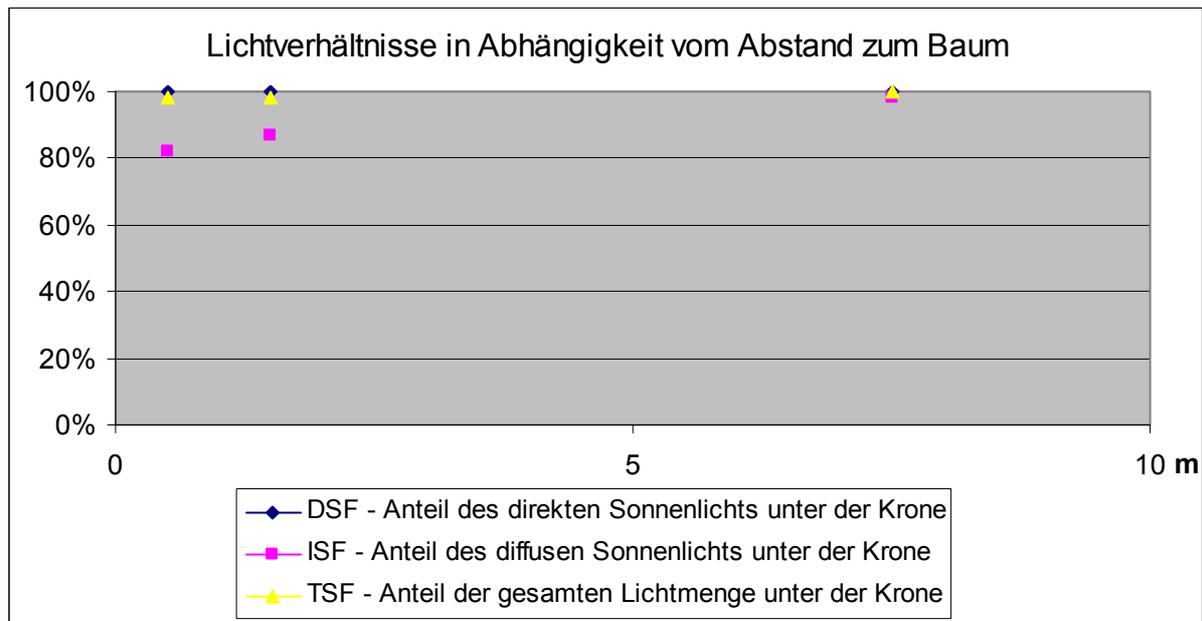


Abb. A 2.31: Lichtverhältnisse in Abhängigkeit vom Baumabstand unter einer 12-15-jährigen Kirsche (M. Oelke, A. Chalmin)

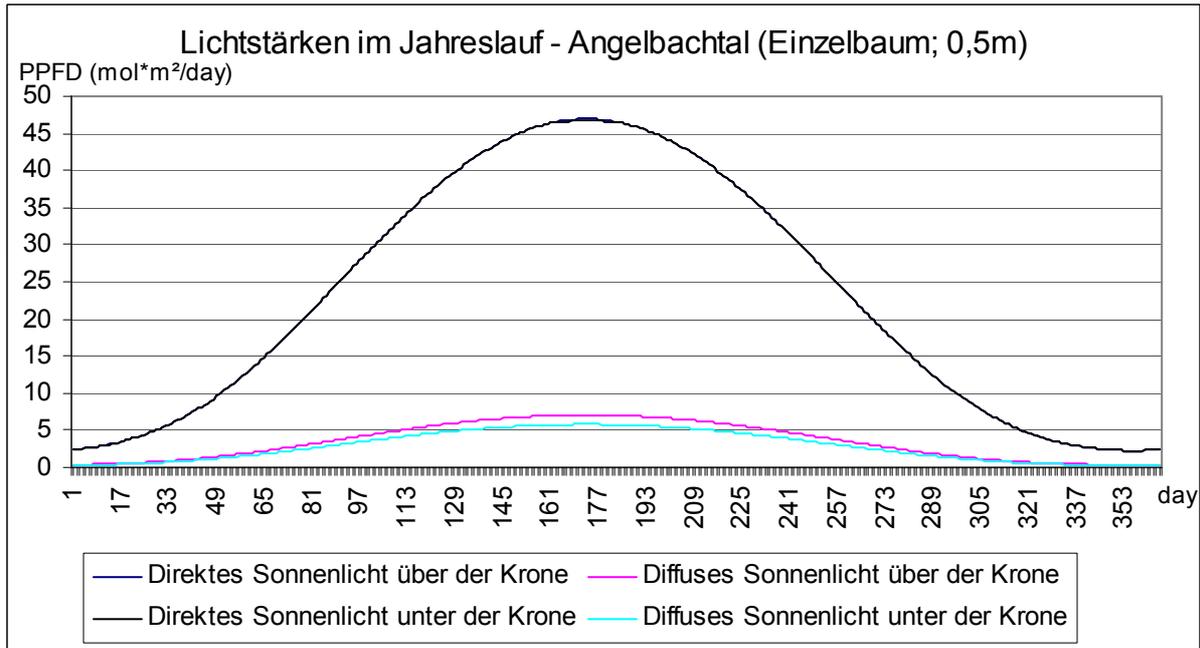


Abb. A 2.32: Lichtstärken im Jahresverlauf unter einer 12-15 jährigen Kirsche. PPFD=Photosynthetically Active Photon Flux Density (M. Oelke, A. Chalmin)

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)

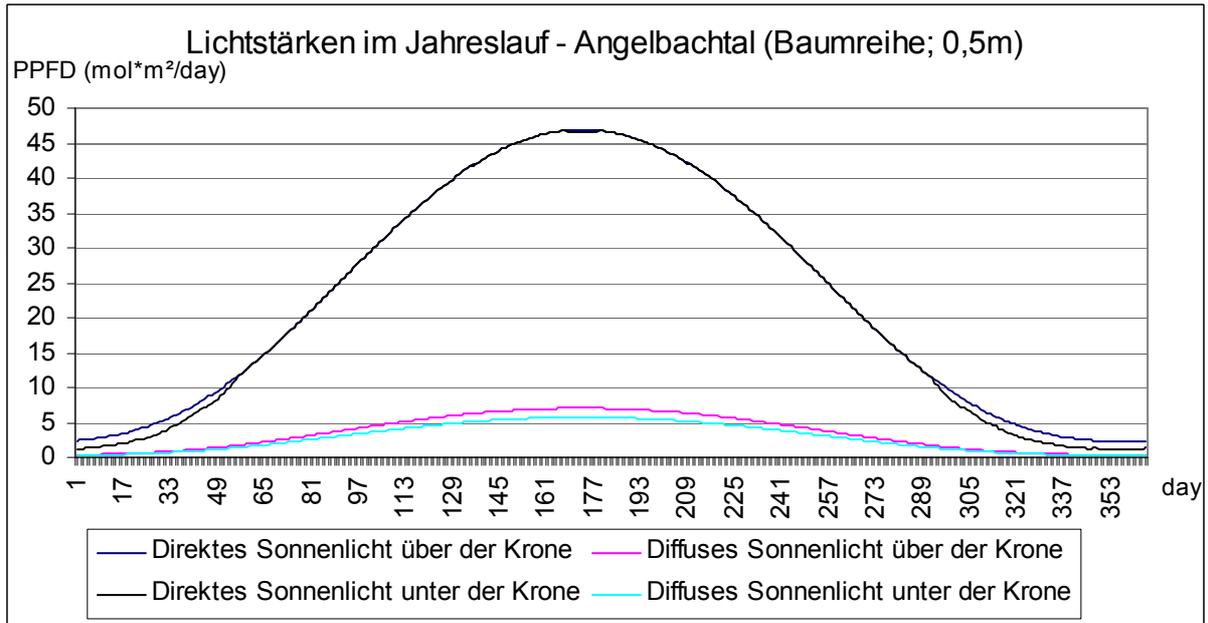
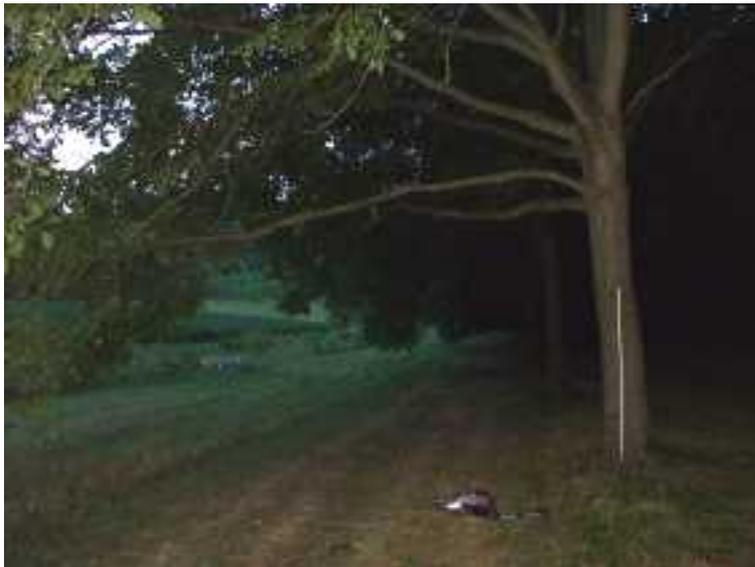


Abb. A 2.33: Lichtstärken im Jahresverlauf unter einer Baumreihe mit 12-15 jährigen Kirschen (M. Oelke, A. Chalmin)

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.

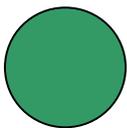
Aufgrund der Retuschen geben die Aufnahmen eine künstliche Situation wieder, die nicht der Wirklichkeit entsprechen muss. Die Ergebnisse können jedoch als ungefähre Anhaltswerte für Agroforstsysteme in ähnlichen Stadien und mit vergleichbarer Anordnung gesehen werden.

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:

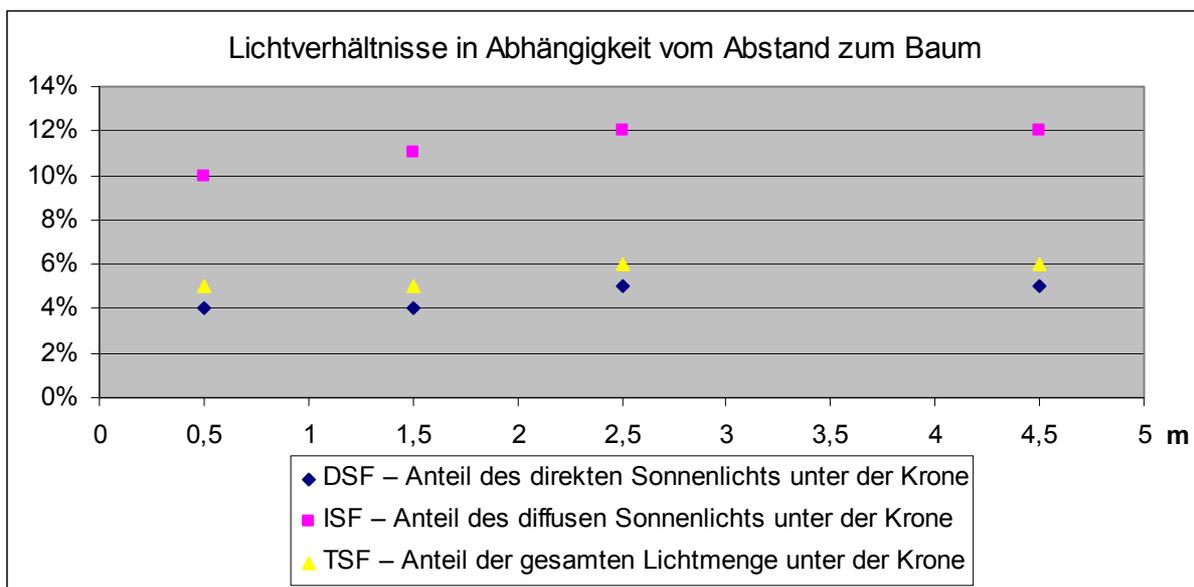


Abb. A 2.35: Lichtverhältnisse in Abhängigkeit vom Baumabstand (M. Oelke, A. Chalmin)

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

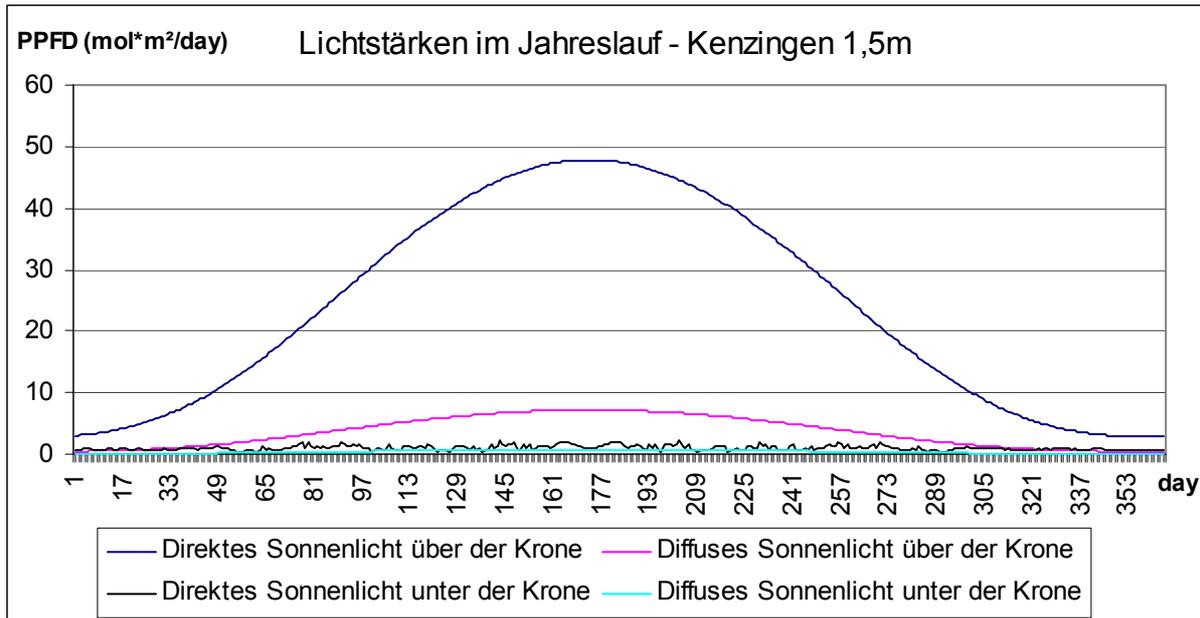


Abb. A 2.36a: Lichtstärken im Jahresverlauf im Abstand von 1,5 m (M. Oelke, A. Chalmin)

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.

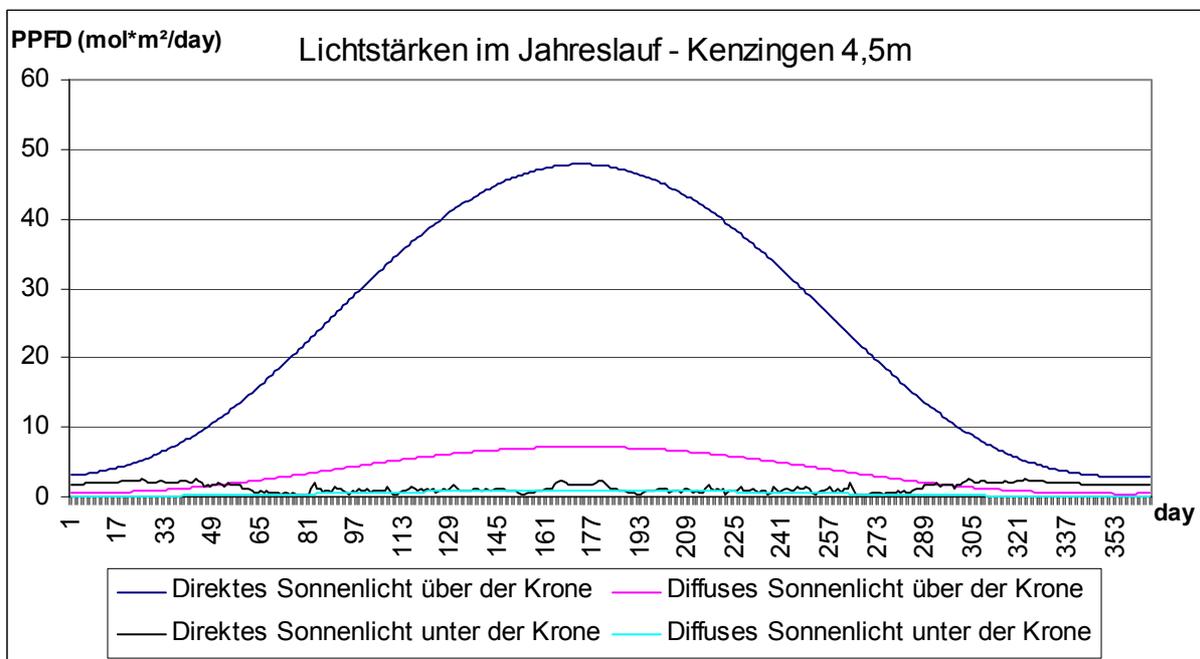
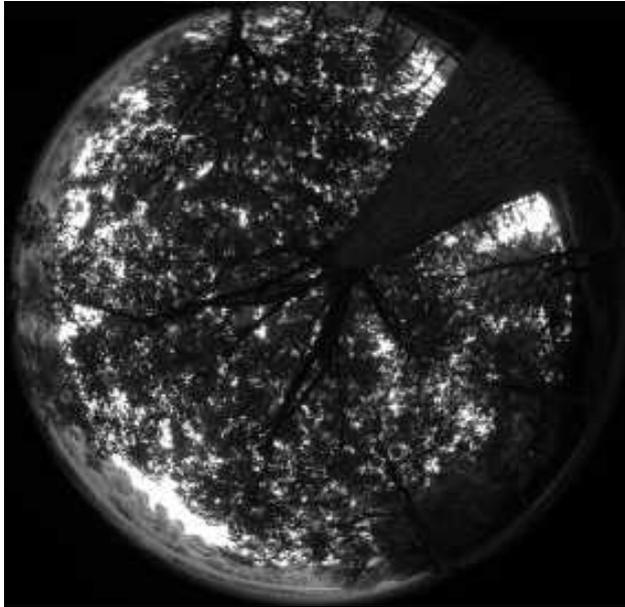


Abb. A 2.36b: Lichtstärken im Jahresverlauf im Abstand von 4,5 m (M. Oelke, A. Chalmin)

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 Agrorforstsystem 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 Agrorforstsystem 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.*

Projektes, die sich auf die Umsetzung der erarbeiteten Forschungsergebnisse konzentriert, beispielsweise für die Dauer eines Jahres.

### 8. Aufbau und Funktion des Excel-basierten Modelles AGFO<sub>calc</sub> zur ökonomischen Analyse und Bewertung von Agroforstsystemen (Stand 21.03.2007, Version: AGFO<sub>calc</sub> 5.0)

Bearbeiter: W. Schmid LEL Schw. Gmünd Abt. 2, M. Brix Institut für Waldwachstum Freiburg, Alexander Mündel LTZ Augustenberg

#### 8.1. Eingabefelder Landwirtschaft

Die Modellstruktur orientiert sich an den Kalkulationsdaten Marktfrüchten der LEL Schwäbisch Gmünd. Die Umtriebszeit eines Agroforstsystems zur Wertholzproduktion beträgt bis zu 60 Jahre. Für diesen Zeitraum wird eine standorttypische Durchschnittsfruchtfolge festgelegt. In Abhängigkeit des gewählten Standortes (optimal, mittel, suboptimal) wird automatisch das Leistungsniveau hoch, mittel und niedrig zugrundegelegt. Zur Festlegung der Durchschnittsfruchtfolge werden die Flächenanteile der einzelnen Kulturen in das Eingabeblatt "Grundeingabe LaWi" eingegeben.

Grundeingabe Landwirtschaft									
Fruchtfolge	Ackerbau-Leistungsniveau:								hoch
Eingabefelder	Fruchtfolgeglied								
Fruchtfolgeglied	1	2	3	4	5	6	7	8	
Kultur	WW-Brot	WG	W-Raps	Braugerste	Z-Rüben	Kö.Mais	Biogasmals	Stillelegung	Summe
Flächenanteil in %	50	25	25	0	0	0	0	0	100
Preis incl. MwSt.									
Hauptprodukt (€/dt)	13	12	24	14	3,7	11,45	7,5		

Abbildung 36: Grundeingabe Landwirtschaft (Flächenanteil der Fruchtfolgeglieder und Preise Hauptprodukt)

Die Preise für das Hauptprodukt sind den Kalkulationsdaten Marktfrüchten 2005 entnommen, können aber auch manuell an das langjährige Mittel, oder betriebsspezifisch angepasst werden. Dies gilt auch für die Erträge und die variablen, bzw. festen Kosten.

#### 8.1.1. Preissteigerungsindex und Diskontierung:

Da ein sehr langer Produktionszeitraum betrachtet werden soll und die Wertholzerlöse erst in 50-60 Jahren anfallen, besteht die Möglichkeit jeweils einen jährlichen Preissteigerungsindex für die landwirtschaftlichen Erlöse, den Wertholzpreis und die variablen Kosten vorzugeben und somit

unterschiedliche Preisszenarien zu kalkulieren. Zusätzlich kann ein Abzinsungsfaktor bzw. eine Diskontierungsrate vorgegeben werden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Rahmendaten			
	LaWi-Erlöse	Holzpr.	var. Kosten
Preissteigerungsindex	0,0%	0,0%	0,0%
Diskontierungsrate	3,0%		

Abbildung 37: Rahmendaten, Preissteigerungsindexe, Diskontierungsrate

Der diskontierte Wert entspricht dem Barwert der Investition, bei einer angenommen Verzinsung von x-% zum heutigem Zeitpunkt. Wenn der Barwert größer ist, als die Investition, hat sich die Investition gelohnt.

Der Diskontierungsfaktor und der Preissteigerungsindex heben sich gegenseitig auf, wenn überall der selbe Prozentsatz eingegeben wird. Dennoch ist diese Analysemöglichkeit interessant, wenn unterschiedliche Preisentwicklungen für Wertholz und LaWi-Erlöse betrachtet werden sollen, z.B. Wertholzpreis steigt und die LaWi-Erlöse sinken oder umgekehrt.

### 8.1.2. Lohnansatz und MwSt

Der Lohnansatz wird hier zentral eingeben. Als Vorgabe werden 12 €/Akh angesetzt (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Es besteht die Möglichkeit mit und ohne MwSt. zu rechnen. Die Eingabe der Daten erfolgt immer incl. MwSt. Da sich die MwSt. über die lange Produktionszeit ändern kann (2007 geschehen), wird ohne MwSt. gerechnet. Die Umrechnung erfolgt automatisch, wenn „ohne MwSt.“ ausgewählt wird.

Lohnansatz	12,00 €/AKh	ohne MwSt.	▼
------------	-------------	------------	---

Abbildung 38: Eingabe Lohnansatz, MwSt.

Aufgrund des technischen Fortschrittes (Züchtung, Pflanzenschutz, Produktionsverfahren) steigen die landwirtschaftlichen Erträge jedes Jahr. Dies kann/sollte bei einer langfristigen Betrachtung eines Produktionsverfahrens mit berücksichtigt werden. Hierfür wurde das Eingabefeld „jährliche Ertragssteigerung“ eingebaut. Es kann mit und ohne Ertragsteigerung gerechnet werden. Der Faktor kann frei gewählt werden. Seit 1955 sind die landwirtschaftlichen Erträge um 1-1,5% pro Jahr gestiegen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

jährliche Ertragssteigerung (techn. Fortschritt)		0,0%
Agroforst Zu-/Abschläge	Agroforst-Faktor	Kopplung der VK an
Saatgut (ggf. mit Begrünung)	100%	0
Düngung	100%	1
Pflanzenschutz	100%	0
Trocknung / Konservierung	110%	1
Hagelversicherung	100%	1
Sonstige variable Kosten	100%	0
Variable Maschinenkosten (eigene Maschinen)	110%	0
Lohnmaschinen	110%	0
Variable Lohnkosten (nichtständige AK)	100%	0
Arbeitszeitbedarf (ständige AK)	110%	

Abbildung 39: Eingabe Ertragsteigerung und Agroforst Zu- bzw. Abschläge

Für jeden variablen Kostenblock können Zu- oder Abschläge eingegeben werden. Bei den Maschinenkosten wurde z.B. 110% angenommen, da die Flächenleistung pro Maschinenarbeitsstunde in einem Agroforstsystem sicher geringer ist, als beim Referenzanbausystem ohne Bäume. Eine weitere Besonderheit ist, dass die variablen Kostenblöcke an das aktuelle Ertragsniveau angepasst werden können. Geht z.B. der Kornertrag im Laufe der Jahre aufgrund des Schattenwurfes zurück, sind die Nährstoffentzüge der landwirtschaftlichen Kulturen ebenfalls geringer. Damit kann Dünger (Düngung auf Entzug) eingespart werden und es muss auch weniger Erntegut getrocknet werden.

### 8.2. Eingabefelder Forstwirtschaft

Für das Produktionsverfahren „Forstwirtschaft“ sind folgende Eingabefelder vorgesehen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Forstwirtschaft	
Baumart	Kirsche
Erstbestockung ⇒ Vielfaches der Ziel-WHT	1
Zielvorgabe	konstanter Zieldurchmesser
Zieldurchmesser [cm]	55
Rahmenbedingungen	optimale Rahmenbedingungen
jährliche Holzpreissteigerung [%]	0
Standort	optimaler Standort
Pflanzverfahren	Handpflanzung (Spaten)
astfreier Schaft [in m]	6,00
Nachbesserung im Jahr	3
Durchforstung im Jahr	8
Holzpreiserwartung	durchschnittlich
Baumschutz	Großweidetiere
Pflanzensortiment	120 bis 150 cm

Abbildung 40: *Eingabefelder Forstwirtschaft*

**Baumart:** Hier kann die Baumartenauswahl aus bis zu 10 Baumarten getroffen werden, z.B. Kirsche, Bergahorn, Esche, Walnuss... Den einzelnen Baumarten sind spezifische Wachstumskurven, Kronendurchmesser und Wertholzpreise hinterlegt.

**Zielvorgabe:** Auswahl zwischen konstanter Produktionszeit oder konstantem Zieldurchmesser.

**Vorgabe des Zieldurchmessers** in cm oder der Produktionszeit in Jahren.

**Rahmenbedingungen:** Hier werden die Pflanzkosten, die Pflegekosten, das Ausfallrisiko, die Wertholzqualität und damit die Wertholzerlöse entsprechend der Auswahl optimal, mittel und suboptimal variiert.

**Standort:** Die Standortwahl hat Einfluss auf das Leistungsniveau im Wertholzzuwachs und der landwirtschaftlichen Produktion.

**Pflanzverfahren:**

Handpflanzung mit Spaten

Erdlochbohrer

Pflanzmaschine

**astfreier Schaft:** Hier wird die gewünschte Astungshöhe in Metern eingegeben (4,5, 6 m und 7,5 m).

**Nachbesserung im Jahr:** Für den Fall, dass nach x-Jahren eine Nachpflanzung von ausgefallenen Bäumen erfolgen soll, kann hier das Jahr der Nachpflanzung eingegeben werden (z.B. das 3. Jahr)

**Durchforstung im Jahr:** Für den Fall, dass ein Mehrfaches der Endbaumzahl gepflanzt wurde, muss irgendwann eine Zielbaumauswahl getroffen werden und der Bestand durchforstet werden (z.B. im 8. Jahr).

**Holzpreiserwartung:**

durchschnitt = Wertholzpreis der letzten Jahre für Furnierqualität

optimistisch = + 50 % Zuschlag (für außerordentliche Qualität)

pessimistisch - 50 % Abschlag (Schnittholzpreis, oder schlechte Marktlage)

**Baumschutz:** Hier wird die Art des Baumschutzes eingegeben:

ohne Baumschutz

Wildtiere ->Einfacher Verbisschutz (Tubex)

Großweidetiere -> Massiver Holzschutz, 20 € Material und 30 min Arbeitszeit.

**Pflanzsortiment:**

120 - 150 cm

150 - 200 cm

Heister > 200 cm

8.2.1. Eingabefeld Erstbestockung

<b>Erstbestockung -&gt; Vielfaches der Ziel-WHT</b>	<b>1 -fache WHT-Anzahl</b>
---	----------------------------

Hier kann zum Pflanzzeitpunkt die 1-fache bis x-fache Anzahl der Zielwertholzträger vorgewählt werden.

### 8.3. Was wird miteinander verglichen?

Das Modell ist so angelegt, dass für jedes einzelne Nutzungsjahr (0-61 Jahre), die Alternative Agroforst der Referenz (100% landwirtschaftliche Nutzung) gegenübergestellt wird und verglichen werden kann. Die Agroforstfläche ist in folgende Bereiche unterteilt (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).



Abbildung 41: Ertragszonen in einem Agroforstsystem

Baumstreifen Wertholz (Zone Forstwirtschaft)

Landwirtschaftliche Fläche (Zone Landwirtschaft)

Zone 1: Kronenschirm- und Baumwurzelbereich

Zone 2: Schattenbereich der Bäume

Zone 3: keine negative Beeinflussung durch die Bäume, bzw. Ertragsteigerung aufgrund Windschutzwirkung

Die Breite der einzelnen Streifen und der Beginn des zu erwartenden Ertragseinflusses kann in Abhängigkeit des Pflanzdesigns individuell gewählt werden. In der Grundeinstellung sind die Zonen 1 und 2 jeweils 6 m breit (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Zonen 1 und 2 gibt es zweimal pro Fahrspuraster, jeweils angrenzend an die Baumreihen. Dies entspricht dann einer Fahrgassenbreite von 24 m + 2 m Baumstreifen. Zone 3 wird erst ab einem Baumreihenabstand >26 m berücksichtigt.

Agroforst-Design Standart AFS	Baumstreifen Wertholz	Ackerfläche		
		Zone 1	Zone 2	Zone 3
einfache Streifenbreite	2,0 m	6,0 m	6,0 m	24,0 m
Anzahl Streifen/Raster	1	2	2	0
Beginn der Ertragsbeeinflussung im Jahr		5. J.	15. J.	

Abbildung 42: Eingabefelder Baumstreifenbreite und lawi. Ertragszone

Die Erträge in den einzelnen Zonen entwickeln sich aufgrund der unterschiedlichen Baum-/Nutzpflanzeninteraktionen nicht einheitlich, weshalb für die Zonen 1-3 je eine Ertragskurve hinterlegt ist (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.).

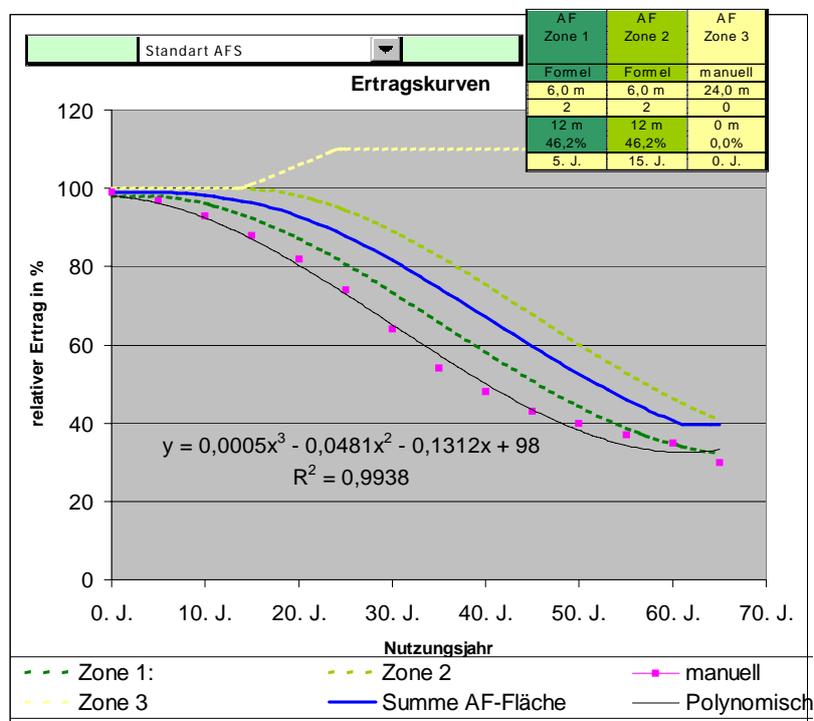


Abbildung 43: Ertragkurven der einzelnen Ertragszonen

Die blaue Linie ist der Mittelwert der drei Ertragskurven und zeigt den Verlauf des kalkulierten Gesamtertrages der Landwirtschaftlichen Fläche. Die manuellen Ertragsvorgaben (violette Punkte) beruhen auf Literaturstudien und eigenen Messungen.

### 8.3.1. Agroforstdesign

Es kann aus drei Agroforst-Designvarianten ausgewählt werden:

#### Standard AFS:

Wertholzbäume ohne Unterbau. Ertragssteigerung in Zone 3 bis zu 5 %

#### Windschutz alle 100 m:

Wertholzreihe mit Energieholzunterbau. Ertragssteigerung in Zone 3 bis zu 15 %

#### Windschutz alle 300 m:

Wie Variante 2 alle 300 m und dazwischen Variante 1. Ertragsteigerung in Zone 3 bis zu 10%

## 8.4. Anwendung des Agroforst-Kalkulationsmodells

### 8.4.1. Kalkulationsgrundlage

Das Modell AGFOcalc kann sowohl mit statistischen Daten aus dem Testbetriebsnetz der Bundesländer als auch mit einzelbetrieblichen Daten „gefüttert“ werden. Zur Demonstration der Funktionsweise wird mit folgenden Annahmen gerechnet (Standardfruchtfolge: 50% Winterweizen, 25% Wintergerste, 25% Winterraps) . Dies sind noch keine Endergebnisse!

Fruchtfolge	Ackerbau-Leistungsniveau:								hoch
<b>Eingabefelder</b>	Fruchtfolgeglied								
Fruchtfolgeglied	1	2	3	4	5	6	7	8	
Kultur	WW-Brot	WG	W-Raps	Braugerste	Z-Rüben	Kö.Mais	Biogas mais	Stilllegung	Summe
Flächenanteil in %	50	25	25	0	0	0	0	0	100
Preis incl. MwSt.									
Hauptprodukt	11,45	9,81	21,8	11,45	3,7	11,45	7,5		

Rahmendaten			
	LaWi-Erlöse	Holzpr.	var. Kosten
Preissteigerungsindex	0,0%	0,0%	0,0%
Diskontierungsrate	3,0%		
Lohnansatz	12,00 €/AKh	ohne MwSt.	
Agroforst-Design	Baumstreifen	Ackerfläche	
Standart AFS	Wertholz	Zone 1	Zone 2
einfache Streifenbreite	2,0 m	6,0 m	6,0 m
Anzahl Streifen/Raster	1	2	2
Beginn der Ertragsbeeinflussung im Jahr		5. J.	15. J.
Baumabstand WHT in der Reihe in m	14,8 m		
Erstbestockung -> Vielfaches der Ziel-WHT	1 -fache WHT-Anzahl		

Forstwirtschaft	Ergebniss	
Baumart Kirsche		<b>Gesamt DB kumuliert und diskontiert</b> Referenz Acker 6.629 Summe Agroforst 7.285 AF Wertholz 4.713 AF Acker 2.572 AF Zone 1 808 AF Zone 2 1.764 AF Zone3 0
Zielvorgabe konstanter Zieldurchmesser		
Zieldurchmesser [cm] 55		
Rahmenbedingungen optimale Rahmenbedingungen		
Standort optimaler Standort		
AFS Höhenabzug [%] 15		
astfreier Schaft [% der Endbaumhöhe] 33		
Nachbesserung im Jahr 1		
Durchforstung im Jahr 8		
Holzpreiserwartung durchschnittlich		
<b>Kontrollangaben:</b>		
Kirsche		
jährliche Holzpreissteigerung [%]	0,0%	
Produktionszeit [a]: 50	kalk. Wertholzpreis	je FM
astfreier Schaft [m]: 7,6	im Pflanzjahr	750 €
marktfähiges Wertholz [m³/Baum]: 1,26	im Erntejahr	750 €
Zieldurchmesser [cm]: 55		
Wertholzträger je ha: 26		
Ästungseingriffe [Anzahl]: 5		

### 8.4.2. Einfluss der Baumzahl bzw. des Baumreihenabstandes

Um den Einfluss der Baumzahl auf die landwirtschaftlichen Erträge und das ökonomische Ergebnis darzustellen wurden die Szenarien 15 m, 26 m, 50 m und 98 m Baumreihen-abstand durchkalkuliert. Bei einem Baumreihenabstand von 15 m stehen 46 Wertholzträger je ha. Die Bäume überschirmen bei 15 m

Baumreihenabstand einen relativ großen Flächenanteil. Der landwirtschaftliche Ertrag geht mit den Jahren dem entsprechend stark zurück (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Mit zunehmenden Baumreihenabstand kommt die Windschutzwirkung zum tragen und die landwirtschaftlichen Erträge bleiben die ersten 30 Jahre auf hohem Niveau bei rund 100%. Zum Ende der Wertholzrotation, nach 50 Jahren, liegen die relativen landwirtschaftlichen Erträge bei 15 m Baumreihenabstand bei 45 % und bei 98 m bei 92 %.

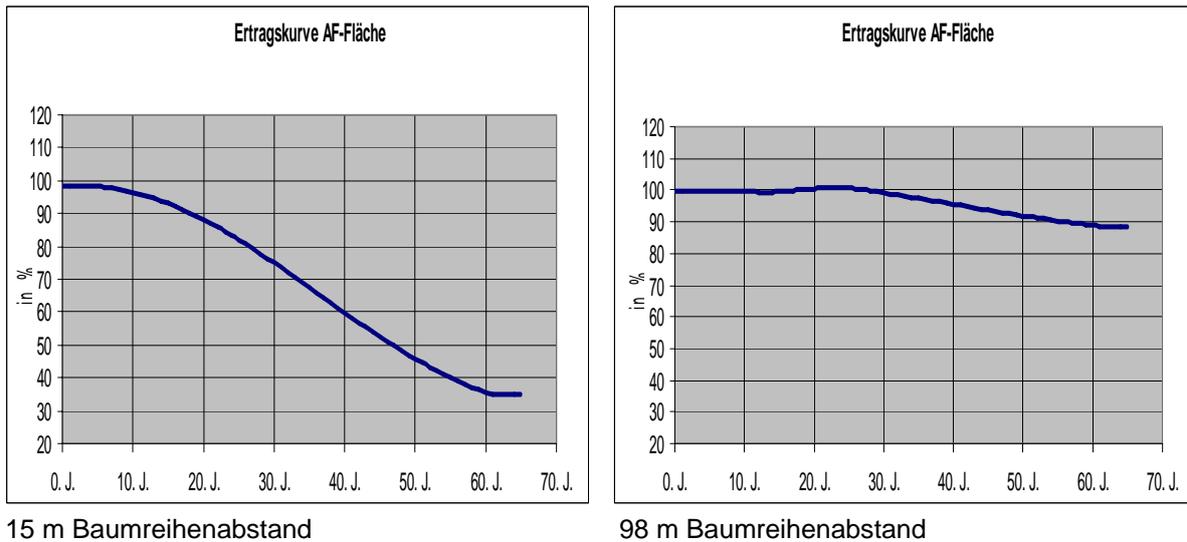


Abbildung 44: Ertragskurve in Abhängigkeit des Baumreihenabstandes

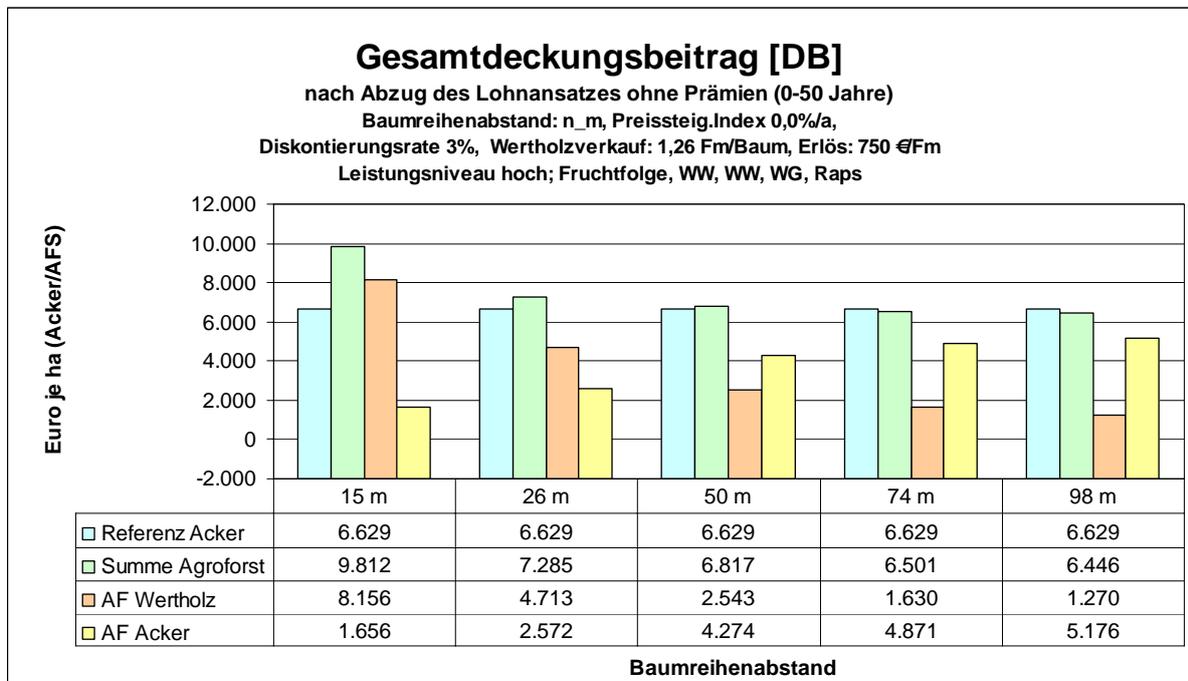


Abbildung 45: Gesamtdeckungsbeitrag in Abhängigkeit der Baumzahl

Der kumulierte und diskontierte Gesamtdeckungsbeitrag ist in diesem Beispiel bei 98 m Baumreihenabstand aufgrund der geringen Baumzahl (7 WHT/ha) mit 6446 €/ha am niedrigsten (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Bei 15 m Baumreihenabstand ist der Gesamt-DB der Agroforstvariante mit 9812 €/ha am höchsten und liegt rund 2200 €/ha (+ 33 %) über dem des Referenz-Ackerbausystems. Der Gesamt-DB Wertholz ist bei 15 m Baumreihenabstand mit 8156 €/ha höher als der Gesamt-DB des Referenz-Ackerbausystems (6629 €/ha). Ab 50 m Baumreihenabstand ist der Unterschied der Gesamtdeckungsbeiträge mit 128 - 188 €/ha (2 - 3 %) über 50 Jahre gering bis unbedeutend.

### 8.4.3. Senitivitätsanalyse

Es stellt sich die Frage wie die Produktionssysteme Referenz-Ackerbau bzw. Agroforst auf unterschiedliche Preistrends reagieren. Folgende Szenarien wurden kalkuliert.

- Szenario 1:** Der kalkulatorische Wertholzpreis liegt um 50 % höher oder niedriger.
- Szenario 2:** Die Lawi-Erlöse und VK bleiben konstant, der Wertholzpreis verändert sich um bis zu +/- 2% pro Jahr.
- Szenario 3:** Der Wertholzpreis und die VK bleiben konstant, die Lawi-Erlöse verändert sich um bis zu +/-2% pro Jahr.
- Szenario 4:** Die Erlöse bleiben konstant, die variablen Kosten verändern sich um +/-2%/Jahr
- Szenario 5:** Einfluss der Diskontierungsrate auf den Gesamtdeckungsbeitrag bei konstantem Preisniveau

Wie hoch der Wertholzpreis in 50 Jahren tatsächlich sein wird kann heute nicht vorhergesagt werden. Der Wertholzpreis in BaWü zeigt jedoch in den letzten 25 Jahren bei Kirsche und Ahorn eine stabilen Aufwärtstrend zwischen 2 und 5 % pro Jahr (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

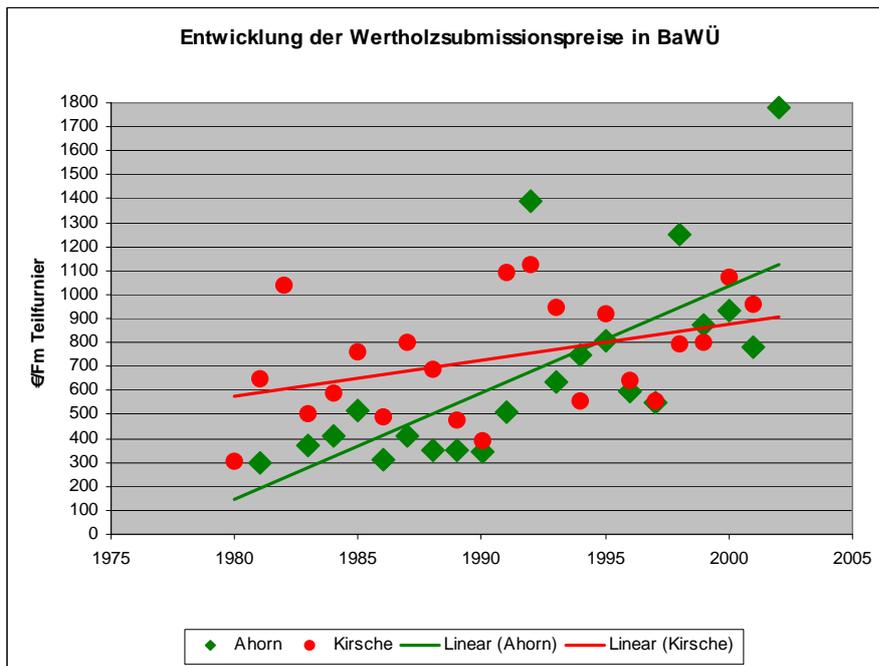
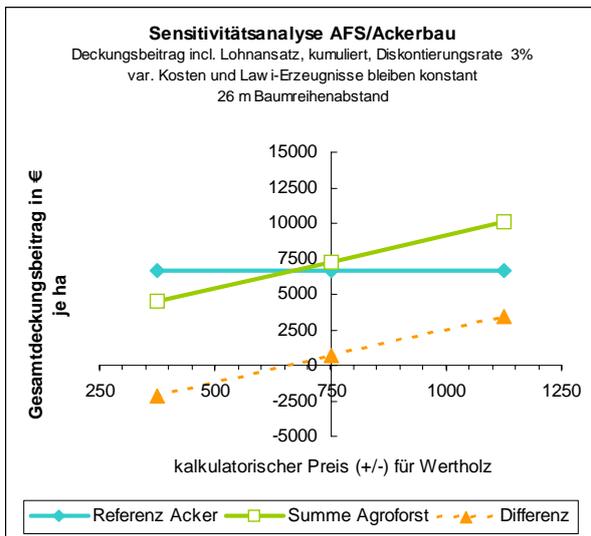


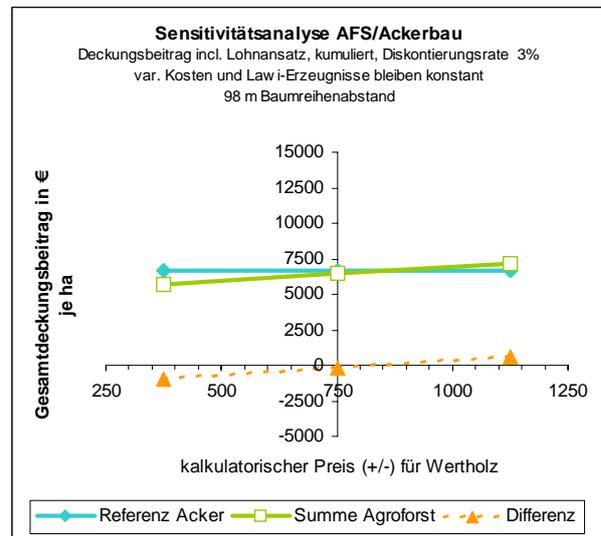
Abbildung 46: Wertholzsubmissionspreise bei Kirsche und Ahorn in BaWü von 1980 bis 2003

Als Referenz für das Jahr 2006 wurde bei Kirsche in Furnierqualität eine Preis von 750 €/Fm angesetzt und davon ausgehend zwei Wertholzpreisszenarien kalkuliert. Für Spitzenqualitäten wurden bei Ahorn und Kirsche z.T. Preise von über 1.000 €/Fm bezahlt.

**Szenario 1: Der Wertholzpreis liegt um 50 % höher oder niedriger**



26 m Baumreihenabstand  
 26 Bäume/ha

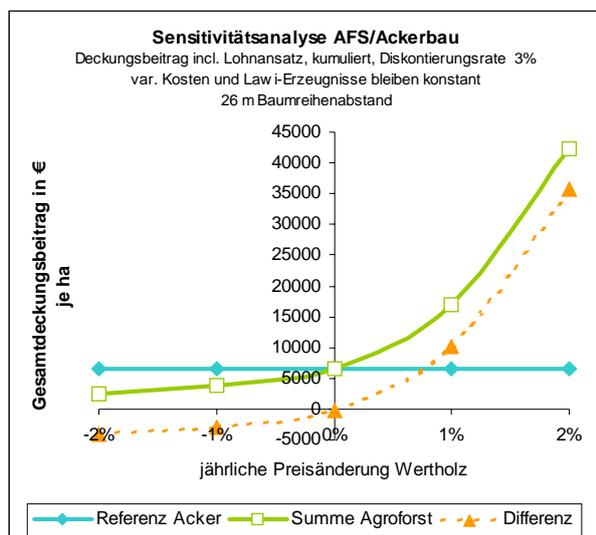


98 m Baumreihenabstand  
 7 Bäume/ha

Die Grafiken zeigen, dass der Wertholzpreis zwischen 650 und 800 €/FM (Schnittpunkt der gelben Differenzlinie mit der x-Achse) liegen muss damit das Verfahren Agroforst den Gesamtdeckungsbeitrag des Referenzackerbausystems übersteigt (incl. einer Diskontierungsrate von 3 %).

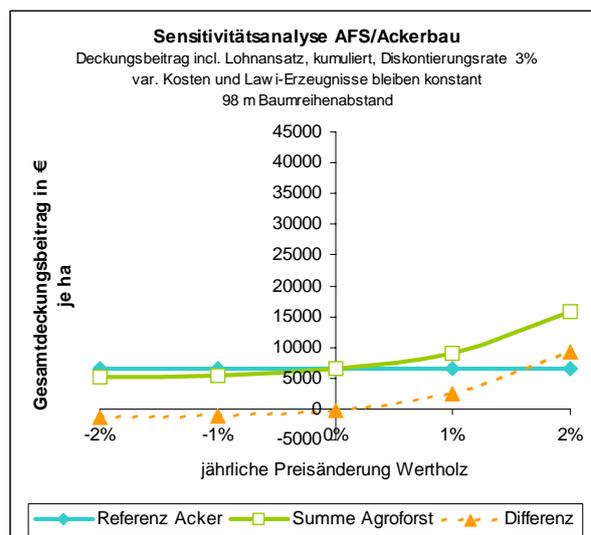
**Szenario 2:** Die Lawi-Erlöse und VK bleiben konstant, der Wertholzpreis verändert sich um bis zu +/-2% pro Jahr.

Preisindex Wertholz	-2%	-1%	0	1%	2%
angn. Wertholzpreis in 50 Jahren in €/FM	273	454	750	1233	2019



26 m Baumreihenabstand

26 Bäume/ha

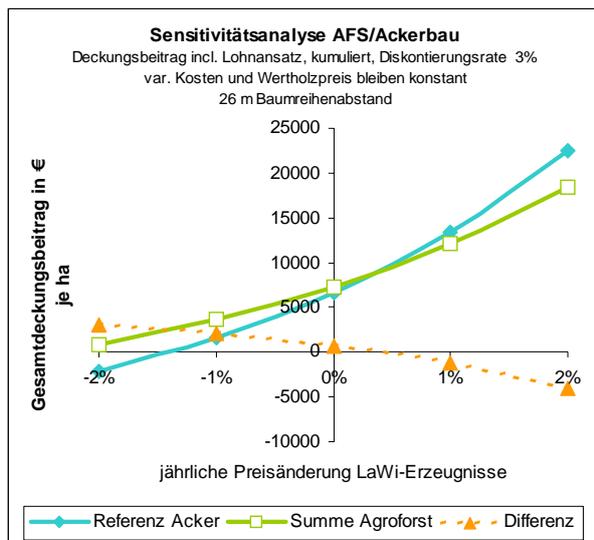


98 m Baumreihenabstand

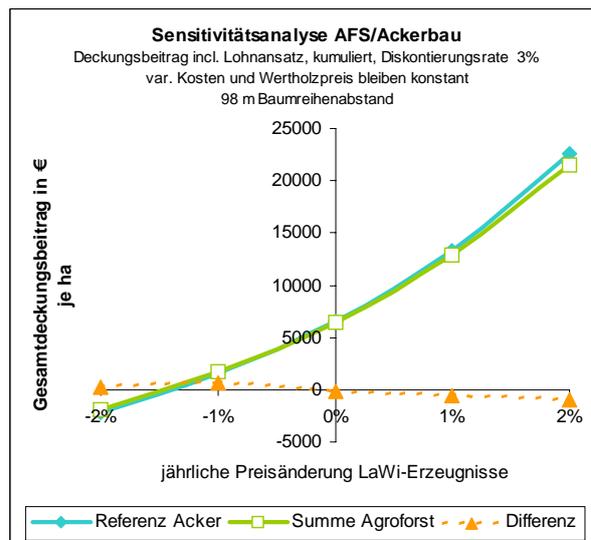
7 Bäume/ha

Bei einem Baumreihenabstand von 26 m und 26 Wertholzträgern mit einem Holzvolumen von 1,26 Fm/Stamm und einem Preissteigerungsindex von 2 % pro Jahr (Wertholzpreis im Jahr 2055 = 2019 €/Fm), würde der mit 3 % diskontierte Gesamtdeckungsbeitrag das Referenzackerbausystem um rund 35.000 €/ha übersteigen. Bei 98 m Baumreihenabstand wären es noch rund 9200 €/ha. Steigt der Wertholzpreis in den nächsten Jahren weiter wie in den letzten 25 Jahren (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), dann kann ein beträchtliches Wertholzkapital entstehen. Setzt sich dieser Aufwärtstrend fort, wäre es bei langfristiger Betrachtung selbst auf guten Ackerbaustandorten lukrativ Wertholz anzubauen. Je mehr desto besser.

**Szenario 3:** Der Wertholzpreis und die variablen Kosten bleiben konstant, die Lawi-Erlöse verändert sich um bis zu +/-2% pro Jahr.



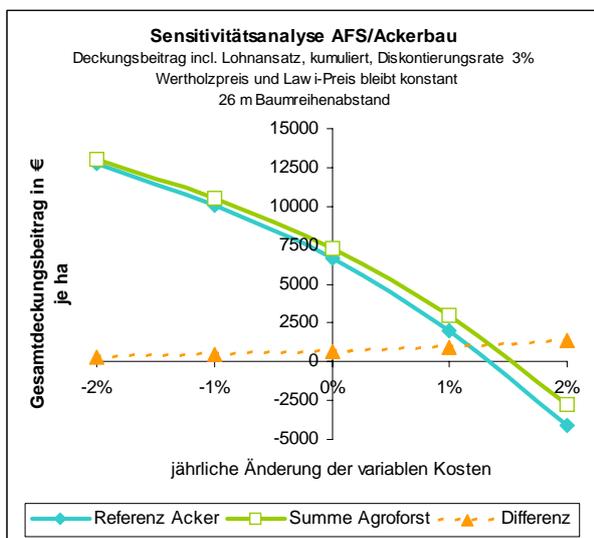
26 m Baumreihenabstand



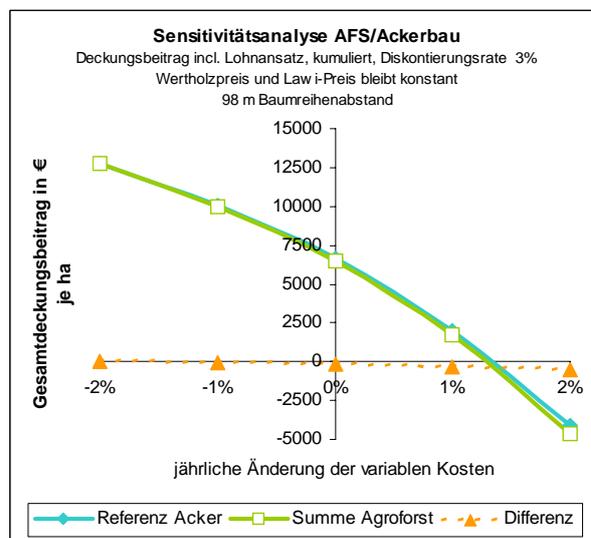
98 m Baumreihenabstand

In Szenario 3 wird deutlich, dass das Anbausystem Agroforst mit zunehmender Baumzahl weniger sensibel auf Preisänderungen der Lawi-Erzeugnisse reagiert.

**Szenario 4:** Die Erlöse bleiben konstant, die variablen Kosten verändern sich um +2% pro Jahr



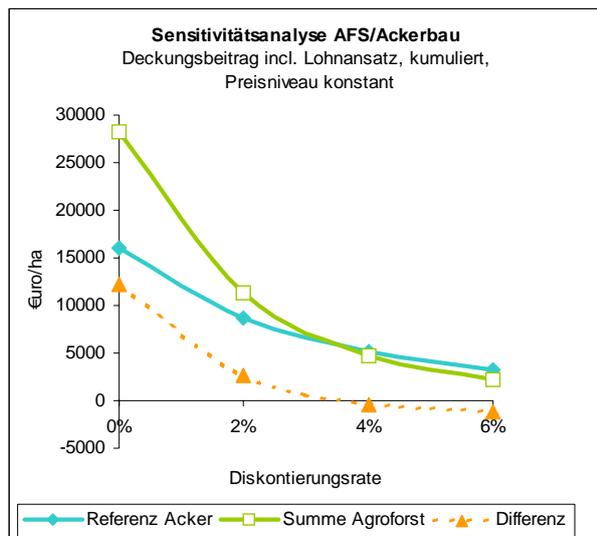
26 m Baumreihenabstand



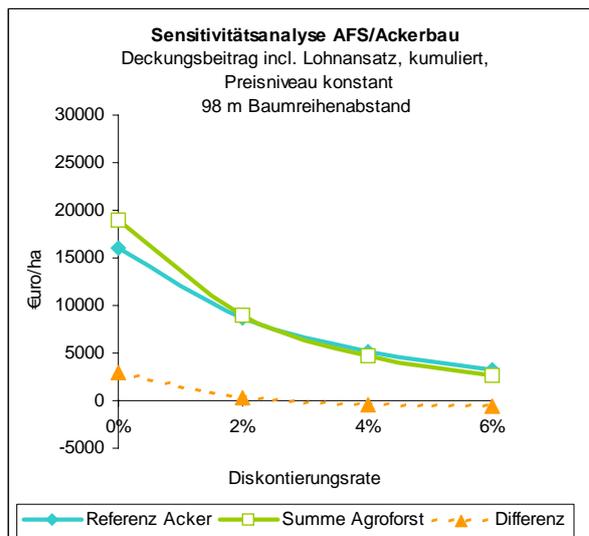
98 m Baumreihenabstand

Kein bedeutender Einfluss. Je höher die Baumzahl, desto geringer der Aufwand an Betriebsmitteln und desto geringer der Einfluss von steigenden variablen Kosten.

**Szenario 5:** Einfluss der Diskontierungsrate



26 m Baumreihenabstand  
26 Bäume/ha



98 m Baumreihenabstand  
7 Bäume/ha

In Szenario 5 zeigt, dass das langfristige Wertholzkapital unter diesen Annahmen bei konstantem Preisniveau in Abhängigkeit der Baumzahl bei einer Diskontierungsrate von 2,2 bzw. 3,8 % nach 50 Jahren den selben Kapitalwert (Gesamtdeckungsbeitrag, incl. Lohnansatz) wie das Referenz-Ackerbausystem bringt. Je mehr Bäume desto höher die Verzinsung des eingesetzten Kapitals.

Weiter Kennzahlen (nicht diskontiert)

Agroforstkennzahlen	Im Erntejahr kumuliert		
	Referenz Ackerbau	Summe Agroforst	Differenz
Erntejahr	50. Jahr	50. Jahr	50. Jahr
Rel. Ertrag Ackerbau	100%	53%	-47%
Summe Leistungen	56.245	66.643	10398
Summe variable Kosten	33.984	31.551	-2433
Deckungsbeitrag ohne Prämien	22.261	35.092	12831
Arbeitszeitbedarf (ständige AK)	521,48	575,15	53,7
Deckungsbeitrag ohne Prämien abzgl. Lohnansatz	16.003	28.196	12193
Kalkulatorisches Betriebszweigergebnis ohne Prämien	-13.353	-959	12394

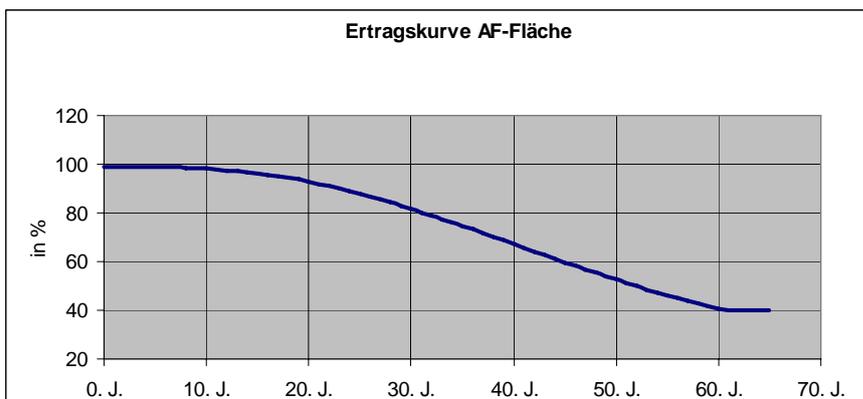
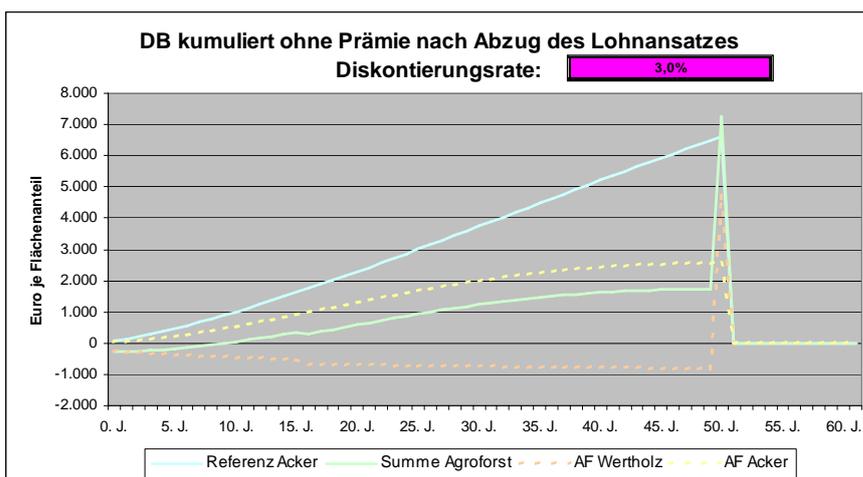
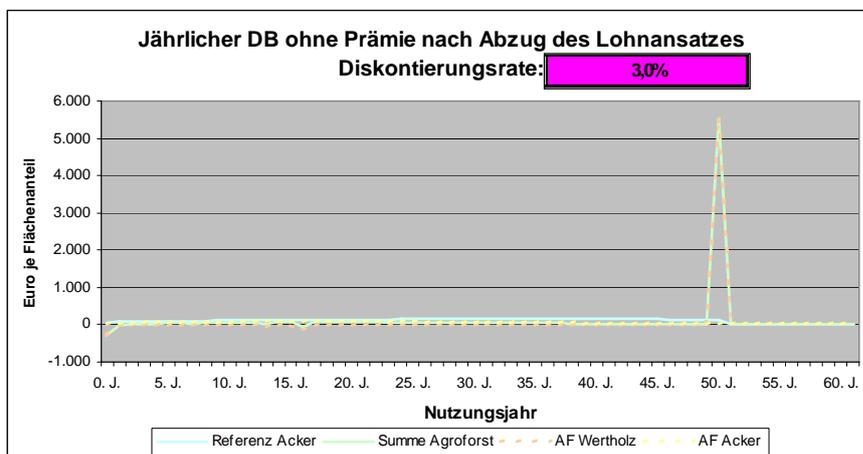
26 m Baumreihenabstand  
26 Bäume/ha

	Im Erntejahr kumuliert		
	Referenz Ackerbau	Summe Agroforst	Differenz
Erntejahr	50. Jahr	50. Jahr	50. Jahr
Rel. Ertrag Ackerbau	100%	92%	-8%
Summe Leistungen	56.245	60.494	4249
Summe variable Kosten	33.984	34.653	669
Deckungsbeitrag ohne Prämien	22.261	25.841	3580
Arbeitszeitbedarf (ständige AK)	521,48	574,15	52,7
Deckungsbeitrag ohne Prämien abzgl. Lohnansatz	16.003	18.953	2949
Kalkulatorisches Betriebszweigergebnis ohne Prämien	-13.353	-10.370	2983

98 m Baumreihenabstand  
7 Bäume/ha

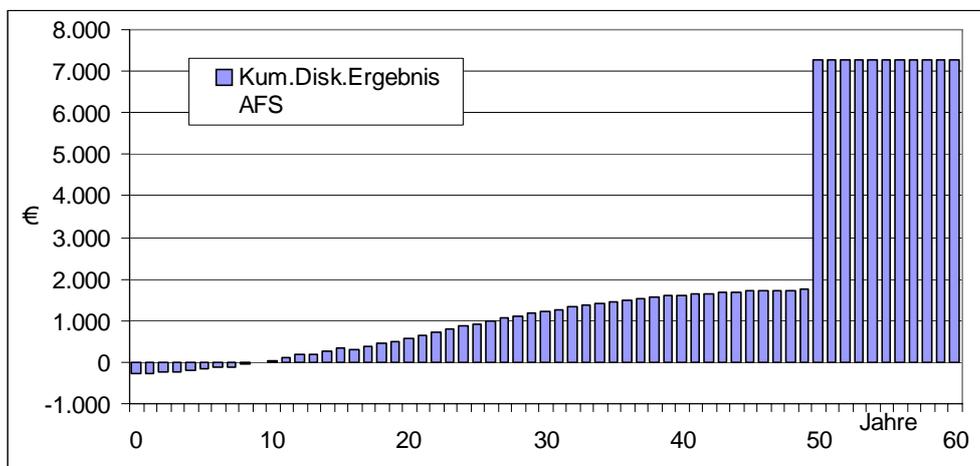
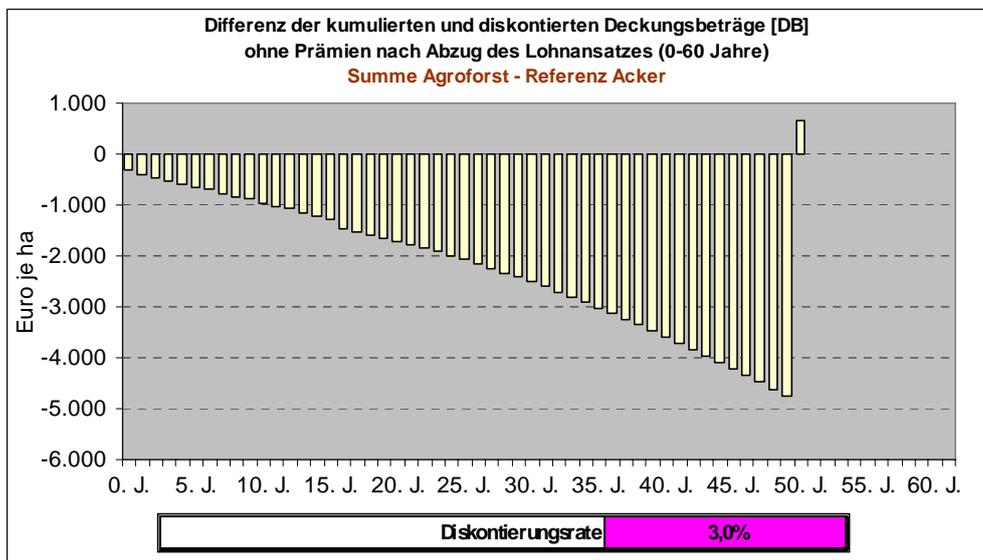
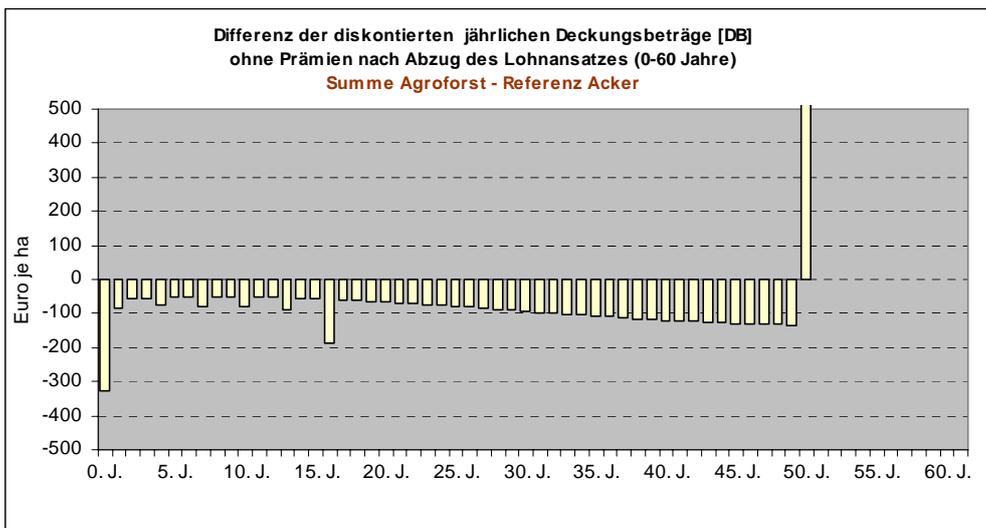
Die Ertragsverluste in der Zone Landwirtschaft liegen im 50. Jahr bei 47 % bzw. 8 %. Die Leistung des AFS übersteigen das Referenz-Ackerbausystem um 10.398 €/ha (26 m) bzw. 4.249 €/ha (98 m). Die variablen Kosten sind im AFS 2.433 (26 m) niedriger bzw. 669 € (98m) höher als auf der Referenzfläche. Der Gesamtdeckungsbeitrag (GDB) übersteigt im AFS um 12.831 €/ha (26 m) bzw.

3580 €/ha den Gesamtdeckungsbeitrag des Referenzsystems. Der Arbeitszeitaufwand für die Wertholzproduktion in einem silvopastoralen Agroforstsystem beträgt rund 53 Akh in 50 Jahren. Abzüglich Lohnansatz liegt der GDB im AFS 12.193 €/ha (26 m) bzw. 2.949 €/ha (98 m) höher. Das kalkulatorische Betriebesweigergebnis (GDB -Fixkosten) ohne Prämien ist im AFS 12.394 €/ha (26 m) bzw. 2.983 €/ha (98 m) höher.

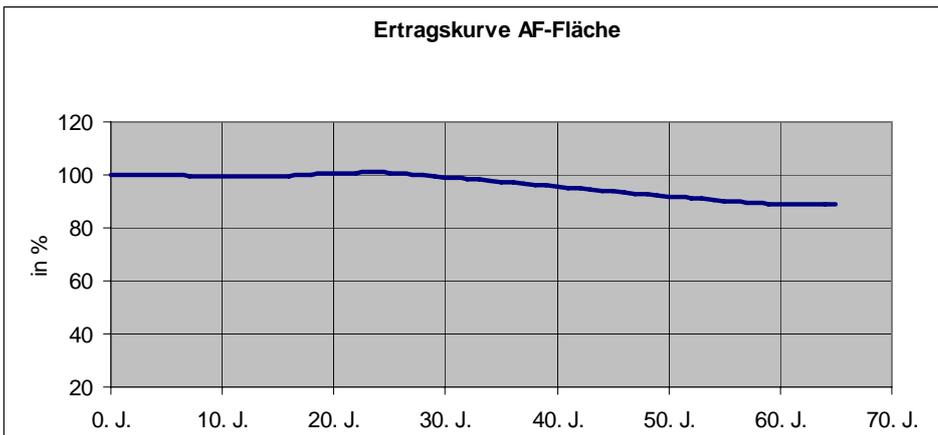
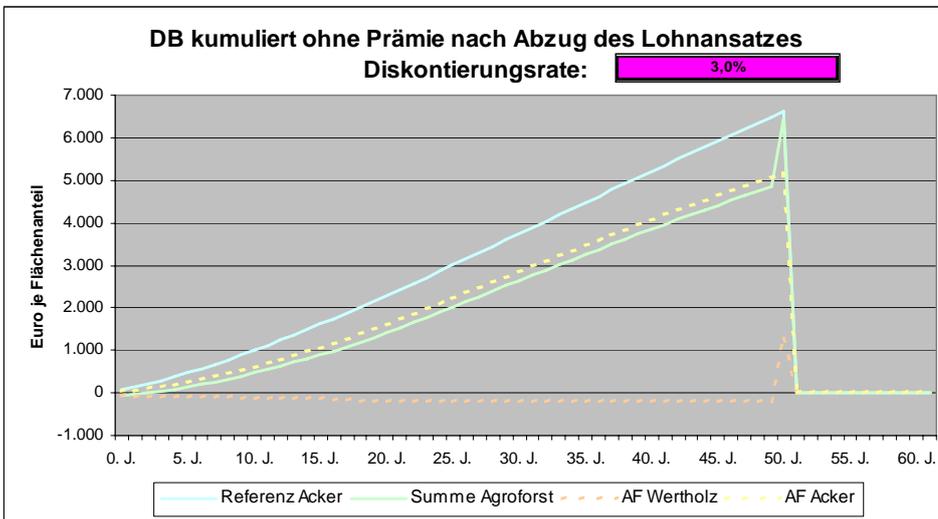
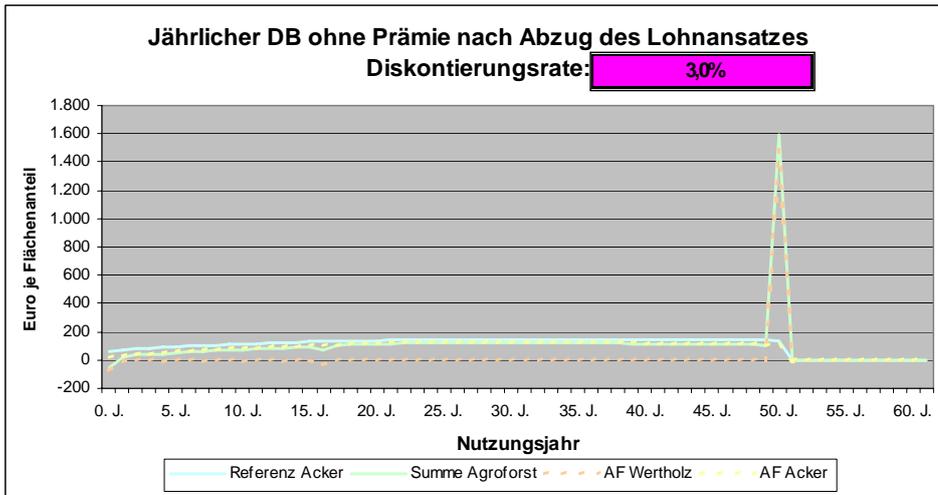


Grafiken zur Variante 26 m Baumreihenabstand 26 Bäume/ha bei konst. Preisniveau

Grafiken zur Variante 26 m Baumreihenabstand 26 Bäume/ha bei konst. Preisniveau



Grafiken zur Variante 98 m Baumreihenabstand 7 Bäume/ha bei konst. Preisniveau



Grafiken zur Variante 98 m Baumreihenabstand 7 Bäume/ha bei konst. Preisniveau

