

Umwelleistungen von Agroforstwirtschaft

Die Bedeutung von Bäumen in der Landwirtschaft für Gewässer- und Bodenschutz, Klima, Biodiversität und Landschaftsbild

November 2010



Abb. 1: Im Acker in Reihen auf Blühstreifen gepflanzte Vogelkirschen zur Wertholzproduktion in Deutschland (Foto: Alexander Möndel, Landratsamt Konstanz).

Autoren

Alexandra Kaeser, João Palma (ISA-UTL, Lissabon), Firesenai Sereke, Felix Herzog, ART
felix.herzog@art.admin.ch

Impressum

Herausgeber:
Forschungsanstalt Agroscope
Reckenholz-Tänikon ART
Tänikon, CH-8356 Ettenhausen,
Redaktion: Etel Keller, ART

Die ART-Berichte/Rapports ART erscheinen in rund 20 Nummern pro Jahr. Jahresabonnement Fr. 60.–. Bestellung von Abonnements und Einzelnummern: ART, Bibliothek, 8356 Ettenhausen
T +41 (0)52 368 31 31
F +41 (0)52 365 11 90
doku@art.admin.ch
Downloads: www.agroscope.ch

ISSN 1661-7568

Bäume sind weit mehr als nur Holz- und Fruchtlieferanten. Sie prägen die Landschaft und erbringen wichtige Umwelleistungen. In den letzten Jahrzehnten jedoch sind viele Bäume, insbesondere Hochstamm-Obstbäume, aus der Landschaft verschwunden.

Um die landwirtschaftlich genutzte Fläche wieder mit Bäumen zu bereichern, werden moderne Agroforstsysteme entwickelt (siehe Abbildung 1). In diesen stehen die Bäume meist in Reihen im Acker oder auf Grünland und dienen der Wertholz- oder Fruchtproduktion. Moderne Agroforstsysteme erbringen teilweise ähnliche Umwelleistungen wie traditionelle Hochstamm-Obstgärten.

Bäume speichern Kohlenstoff, schützen vor Bodenerosion und verringern Nährstoff- und Pestizideinträge in Grundwasser und Oberflächengewässer. Die Zielregionen, in welchen Agroforstwirtschaft ökologisch von Nutzen sein kann, liegen vor allem in den Ackerbaugebieten des Mittellands. Bäume im Kulturland können die Artenvielfalt erhöhen. Eine Gestaltungshilfe in Form einer Checkliste zeigt, wie Agroforstsysteme für Vögel der Obstgärten und Waldränder sowie für den Naturschutz wertvoll gestaltet werden können. Bäume und eine ansprechende Gestaltung des Systems werten die Landschaft auf.



Hintergrund

Als Agroforstwirtschaft wird die Pflanzung und Nutzung von Bäumen auf gleichzeitig acker- oder futterbaulich genutzten Flächen bezeichnet. Entsprechend sind die landschaftsökologisch und -ästhetisch wertvollen Hochstamm-Obstgärten eine traditionelle Form der Agroforstwirtschaft.

Viele Hochstamm-Obstbäume wurden in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts unter anderem für die Obstbrandproduktion gepflanzt. Seit den 1950er-Jahren verzeichnen Hochstamm-Obstbäume aus wirtschaftlichen und bewirtschaftungstechnischen Gründen einen starken Rückgang. So sank gemäss Walter et al. (2010) die Zahl der Hochstamm-Obstbäume von rund 15 Millionen im Jahr 1905 auf 2,9 Millionen im Jahr 2001.

Deshalb und weil Bäume wichtige Umweltleistungen erbringen, werden neue Formen der Agroforstwirtschaft als Ergänzung zu den bestehenden Systemen entwickelt. Moderne Agroforstsysteme können ähnliche Umweltleistungen wie traditionelle Hochstamm-Obstgärten erbringen (Reeg et al. 2009b). Ein modernes, in Frankreich und Deutschland besser bekanntes System ist etwa die Wertholzproduktion mit Edellaubbäumen wie Vogelkirschen oder Walnuss im Acker oder auf Grünland.

Produktivität und Wirtschaftlichkeit moderner Agroforstwirtschaft

In Kaeser et al. (2010) wurde auf die Flächenproduktivität und Wirtschaftlichkeit moderner Agroforstsysteme eingegangen. Eine hohe Flächenproduktivität kann durch optimale Ausgestaltung des Systems erreicht werden, indem sich Synergien zwischen den Bäumen und den Kulturen ergeben und die Konkurrenz abgeschwächt wird. Eine effiziente Ressourcennutzung führt in Agroforstsystemen zu einer höheren Flächenproduktivität als beim getrennten Anbau der Unterkultur und der Bäume. Dies bedeutet, dass ein Agroforstsystem für den gleichen Ertrag weniger Fläche benötigt als zum Beispiel die getrennte Produktion von Wertholz im Wald und Getreide im Feld. Die Erhöhung der Flächenproduktivität wird im Hinblick auf die wachsende Weltbevölkerung, die Bodenknappheit und die zunehmende Nachfrage nach erneuerbaren Rohstoffen immer wichtiger.

Die Wirtschaftlichkeit hängt stark von den Preisentwicklungen der Produkte und von den Direktzahlungen für die erbrachten Umweltleistungen ab. In Bezug auf die Preisentwicklungen auf dem Markt ist das Risiko bei Agroforstwirtschaft dank Produktdiversifizierung geringer als beim Anbau von Monokulturen.

Unter Berücksichtigung der ökologischen Direktzahlungen können moderne Agroforstsysteme gemäss den Modellberechnungen von ART betriebswirtschaftlich rentieren (siehe Kaeser et al. 2010 in ART-Bericht 725). Hochstamm-Obstbäume sind hierzulande beitragsberechtigt, und dies unabhängig davon, ob sie zur Wertholzproduktion weiter hinauf geastet werden oder nicht.

Für den ökologischen Ausgleich werden 15 Franken pro Baum und Jahr entrichtet. Zudem kann pro Baum eine Are als ökologische Ausgleichsfläche angerechnet werden. Die maximalen Beiträge für Hochstamm-Obstbäume liegen –

unter Berücksichtigung der Beiträge für biologische Qualität und Vernetzung – bei 50 Franken pro Baum und Jahr. Hinzu kommen teilweise zusätzliche Förderbeiträge vom Kanton oder von der Gemeinde.

Methodik

Moderne Agroforstwirtschaft steckt in der Schweiz noch in den Kinderschuhen. Erfahrungen mit diesen Systemen sind hierzulande rar, sodass auch keine langjährigen Messdaten vorliegen. ART stützt sich daher auf Erfahrungen aus europäischen Nachbarländern (Frankreich, Deutschland). Zudem wurden Umfragen auf innovativen Schweizer Betrieben, die moderne Formen der Agroforstwirtschaft bereits in der Praxis umsetzen, durchgeführt. Dabei hat sich gezeigt, dass Fruchtbäume beliebter und Wertholzbäume zurzeit eher die Ausnahme sind (siehe Kaeser et al. 2010).

Die Bäume in Agroforstsystemen erbringen wertvolle Umweltleistungen. Mithilfe der Literatur und anhand der Modellberechnungen von Palma et al. (2006) zu Bodenverlusten, Stickstoffauswaschung und Kohlenstoffbindung werden die Umweltleistungen der Bäume im vorliegenden Bericht eingehend betrachtet und diskutiert. Die Modellberechnungen basieren auf den Ergebnissen aus 42 zufällig (statistisch repräsentativ) ausgewählten Landschaftseinheiten in den Niederlanden, in Frankreich und in Spanien.

Die Abschätzungen zur Erosion wurden mit der «Revised Universal Soil Loss Equation» (RUSLE) vorgenommen. Die potenzielle Stickstoffaustragung wurde aus dem Produkt von Stickstoffbilanz und der Häufigkeit des Bodenwasseraustauschs berechnet (Feldwisch et al. 1998). Dabei wurde von einer bedarfsgerechten Stickstoffdüngung ausgegangen. Die Berechnung der Kohlenstoffbindung basiert auf dem Vorgehen von Gifford (2000), dabei wurde nur der oberirdische Pflanzenteil berücksichtigt. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in Palma et al. (2007).

Um Agroforstsysteme für den Naturschutz wertvoll zu gestalten, wurde eine Checkliste als Planungshilfe konzipiert. Sie basiert auf dem anhand von Literatur und unterstützt durch Expertenwissen erarbeiteten Bewertungsschlüssel für Agroforst-Vogelarten im Mittelland von Kaeser (2009). Als Bioindikatoren dienen Vogelarten, die von Agroforstwirtschaft profitieren könnten. Für diese Vögel werden Vorschläge für artspezifische Fördermassnahmen gemacht.

Agroforstsysteme

In einem Agroforstsystem wird die Fläche doppelt genutzt. Dies bedeutet, dass Bäume auf einer Wiese oder Weide oder in die Ackerkulturen gepflanzt werden.

Bäume und Kulturen konkurrieren um Wasser, Nährstoffe und Licht. Sie bieten den Kulturen aber auch ein ausgeglicheneres Mikroklima, erschliessen Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten und machen diese mit dem Laub den Kulturen zugänglich. Die Bäume wiederum profitieren von

dem für die Kulturen ausgebrachten Dünger, und sie wirken der Auswaschung von Nitrat entgegen. Dank der besseren Nutzung der Ressourcen und der vertikalen Dimension kann eine höhere Flächenproduktivität als in Monokulturen resultieren.

Traditionelle Systeme

Ein Überblick über die traditionellen Systeme zeigt, dass Agroforstwirtschaft in der Schweiz an sich nichts Ungeohntes ist. Zu den heute noch verbreiteten Agroforstsystemen zählen:

1. Hochstamm-Obstgärten
2. Hecken
3. Uferrandstreifen
4. Wytweiden (bestockte Weiden) und Selven (Kastanienhaine)

(1) **Hochstamm-Obstgärten** sind heutzutage meist kleinflächige Pflanzungen von Bäumen auf Grünland in Hofnähe (siehe Abbildung 2). Diese dienen der Selbstversorgung mit Most und Früchten. Das Gras wird futterbaulich genutzt. Die Meinungen gehen auseinander, ob sich in Hochstamm-Obstgärten eine Weide oder eine Wiese als Unternutzung besser eignet. Manche Landwirtinnen und Landwirte befürworten die Weidenutzung, weil das Vieh von den Bäumen als Schattenspender profitiert und die Mäusedichte in der Regel kleiner ist als bei einer Wieslandnutzung. Andere wiederum fürchten, dass die Bäume durch Tritt und Verbiss geschädigt werden und Offenstellen unter den Bäumen entstehen. Eine an die lokalen Bedingungen wie Bodentyp, Flächengrösse und Wetter angepasste Bestossung und der Schutz der Bäume sind Voraussetzung für eine Doppelnutzung als Weide.



Abb. 2: Hochstamm-Obstgarten im Kanton Basel-Landschaft. Die Bäume werden zur Fruchtproduktion und als Schattenspender für das Vieh genutzt (Foto: Felix Herzog, ART).

(2) **Hecken** bestehen aus Bäumen und Sträuchern und können viele Tier- und Pflanzenarten beherbergen (siehe Abbildung 3). Sie liefern beispielsweise Brennholz für die Holzfeuerung im Haus. Zu Produktionszwecken können auch Beerensträucher, Nussbäume und Haselsträucher gepflanzt werden. Hecken bieten einen effektiven Schutz vor Wind sowie Wasser und beugen dadurch der Erosion vor (Baudry et al.

2000). Sie reduzieren die Windgeschwindigkeit und beeinflussen damit das Verdunstungspotenzial der angrenzenden Flächen (Surböck et al. 2005). Indem Hecken die Verdunstung reduzieren, können sie die Produktivität der Ackerkultur erhöhen.

Hecken eignen sich als Windschutz insbesondere für Äcker in der weiten Ebene, aber auch für einen besseren Wasser-rückhalt in Hanglagen. Wie Gespräche mit Landwirtinnen und Landwirten zeigten, werden Hecken aus bewirtschaftungstechnischen Gründen bevorzugt am Feldrand angelegt.



Abb. 3: Hecke im Kanton Aargau. Hecken sind Lebensraum vieler Tiere, bieten Schutz vor Erosion und gliedern die Landschaft (Foto: Gabriela Brändle, ART).

(3) **Uferrandstreifen** spielen für Flüsse und Seen eine wichtige Rolle (siehe Abbildung 4). Die Ufervegetation bildet eine Barriere für Nährstoffe (wie Phosphat und Nitrat) und Pflanzenschutzmittel, die von benachbarten landwirtschaftlichen Flächen stammen. Deshalb sind gemäss der Direktzahlungsverordnung (BLW 2010) entlang von Oberflächengewässern ein Grün- oder Streueflächenstreifen



Abb. 4: Uferrandstreifen im Kanton Zürich. Krautsaum, Gebüsche und Bäume schützen das Gewässer vor Nährstoffeintrag aus der Landwirtschaft (Foto: Alexandra Kaeser, ART).

oder ein Ufergehölz von mindestens sechs Metern Breite anzulegen. Das von landwirtschaftlichen Flächen weggeroderte Bodenmaterial kann im Uferandstreifen teilweise oder fast vollständig zurückgehalten werden. Diese Schutzwirkung ist abhängig von der Lage im Relief und der Breite des Pufferstreifens. Den maximalen Schutz vor ausgewaschenen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln bieten breite Uferandstreifen mit einer gut entwickelten Vegetation. Dafür eignen sich Grasland, Gebüsche und Bäume wie Eschen, Weiden oder Eichen. Andererseits sollten bereits bestehende wertvolle Lebensräume wie Hochstaudenfluren nicht von Hecken verdrängt und kleine Gewässer nicht zu stark durch Bäume beschattet werden. Als Massnahmen für eine Verbesserung der gewässermorphologischen Verhältnisse wird in der Studie «Fischnetz» von EAWAG und BUWAL (2004) unter anderem das Wiederherstellen von Uferstreifen mit Ufergehölzen in ausreichender Breite und die Förderung von Totholz sowie anderer Unterstände im Gewässer genannt. Denn schmale oder fehlende Ufergehölzstreifen verändern den natürlichen Temperaturhaushalt und tragen zu einer Verminderung der Wasserqualität bei (EAWAG und BUWAL 2004).

(4) **Wytweiden und Selven** sind Waldformen, die auch als Weide genutzt werden (siehe Abbildung 5). Wytweiden sind bestockte Weiden und vor allem in der Region Jura verbreitet. Selven sind Kastanienhaine, die mancherorts beweidet werden. Sie kommen vorwiegend im Kanton Tessin vor.

In vielen Teilen der Schweiz ist die Beweidung von Wäldern nicht erlaubt, da die Tiere den Jungbäumen durch Tritt und Verbiss schaden können. Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass eine Beweidung mit angepasster Bestossung die Biodiversität fördern kann (Mayer et al. 2005). Die Waldweide bietet vielen Arten einen Lebensraum und hat einen hohen ästhetischen Landschaftswert. Die extensive Waldweide eignet sich gut für das Berggebiet, da sie der Bewaldung entgegenwirkt.



Abb. 5: Wytweide im Kanton Jura. Wytweiden sind wertvoll als Lebensraum und für das Landschaftsbild (Foto: Felix Herzog, ART).

Moderne Systeme

In modernen Agroforstsystemen wird auf einer Fläche die landwirtschaftliche Produktion mit der Nutzung von Bäumen – Früchten oder Holz – kombiniert. Zwischen fünfzig und hundert Bäume pro Hektare werden in parallelen Reihen gepflanzt. Der Abstand zwischen den Reihen orientiert sich an der Breite der breitesten landwirtschaftlichen Maschine, in der Regel dem Spritzbalken.

Eine wirtschaftlich interessante Variante ist die Produktion von Holz in teurer Furnierqualität für die Herstellung von Möbeln. Wird Wertholz produziert, so müssen die Stämme in den ersten Jahren des Baumwachstums bis weit hinauf geastet werden. So können drei bis sechs Meter lange, astfreie Stämme von hohem Wert produziert werden. Dafür eignen sich Baumarten wie Vogelkirsche und Walnuss.

Voraussetzung bei der Wertholzproduktion ist Freude an Bäumen, Pioniergeist und ein langer Atem – da bis zu 60 Jahre vergehen, bevor das Holz geerntet werden kann. Die Wertholzproduktion eignet sich gut zur Anlage von Sparkapital mit gleichzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung.

Neben oder anstatt Wertholz können auch Früchte produziert werden. Diese Systeme wurden bereits in Kaeser et al. (2010) vorgestellt. Dabei ging es um die Gestaltung, Bewirtschaftung, Flächenproduktivität und Wirtschaftlichkeit verschiedener moderner Systeme auf Acker- und Grünland.

(1) **Bäume auf Ackerland** sind heute eher selten und meist nur vereinzelt am Rand der Felder anzutreffen. Die Streuobstnutzung von Hochstamm-Bäumen kombiniert mit Ackerkulturen war Ende des 19. und am Anfang des 20. Jahrhunderts weit verbreitet. Mit der Mechanisierung wurden die Bäume entfernt, weil sie als hinderlich angesehen wurden und wirtschaftlich nicht mehr rentierten. Dies und die Konkurrenz aus dem Ausland führte zu einer rationelleren Tafelobstproduktion in Niederstammanlagen (Walter et al. 2010).

In modernen Agroforstsystemen auf Ackerland werden die Bäume in Reihen gepflanzt, um kein Hindernis für die Maschinen darzustellen (siehe Abbildung 6). Bäume auf Ackerland eignen sich für Betriebe, die neben der Ackerkultur ein weiteres Produkt – Früchte oder Wertholz – anbauen wollen und sich deshalb für Bäume interessieren. Dabei sind praktisch alle Kombinationen möglich, sofern die Baumarten und Kulturen an den Standort angepasst sind und nicht stark konkurrieren. Besonders geeignet sind Winterkulturen, da diese von den guten Lichtverhältnissen unter den noch kahlen Bäumen im Frühjahr profitieren.

Mit zunehmendem Alter der Bäume werden die Unterkulturen stärker beschattet und deren Erträge somit geringer. Dabei haben Wertholzbäume mit ihren kleineren Kronen im Vergleich zu Fruchtbäumen weniger Einfluss auf die Kultur. Wenn die ackerbauliche Nutzung beibehalten werden soll, empfiehlt es sich, die Baumreihen weiter auseinander anzulegen.

Ein Grünstreifen wird unter den im Acker gepflanzten Bäumen angelegt. Zwei Meter Breite genügen für Wertholzbäume, da bis ein Meter an diese heran gepflügt werden kann (Bender et al. 2009). Die Bodenbearbeitung erfolgt bereits bei den Jungbäumen, damit sich diese daran gewöhnen und tiefer wurzeln. So verhindert der jährliche Pflugeinsatz, dass mehrjährige horizontal verlaufende Baumwurzeln verletzt werden und den Bäumen somit geschadet wird.



Abb. 6: Bäume auf Ackerland in Frankreich. Wertholzproduktion mit Vogelkirschen im Getreidefeld (Foto: Fabien Liagre, France).

Breitere Streifen – erforderlich bei Bäumen für die Fruchtproduktion – sind in der Ausgestaltung vielfältiger, da ausgedehnte Krautsäume, Gebüsche oder Hecken angelegt werden können. Diese Strukturen werden von Tieren des Waldrands geschätzt und können die Baumstreifen für den Naturschutz aufwerten.

(2) **Bäume auf Grünland** haben den Vorteil, dass die Produktion von Futtergras im Vergleich zu Ackerfrüchten weniger stark durch Beschattung eingeschränkt wird. So kann bei Ackerland, das bei zunehmender Beschattung an Rentabilität einbüsst, eine Umstellung auf Grünland beispielsweise für Betriebe mit Viehhaltung sinnvoll sein. Bei Bäumen auf Grünland mit Mahd ist eine Anordnung in Reihen wie im Acker sinnvoll. Auf Weiden hingegen können die Bäume zufällig oder in Gruppen gepflanzt werden. Die Bäume spenden dem Vieh Schatten, wobei Jungbäume mit einer stabilen Schutzvorrichtung vor Tritt und Verbiss zu schützen sind.



Abb. 7: Bäume auf Grünland in Schottland. Wertholzproduktion mit Bäumen der Gattung Ahorn und Beweidung des Grünlands mit Schafen (Foto: Mike Strachan, Forestry Commission, Scotland).

Agroforstsysteme können zu Naturschutzzwecken auch mit ökologischen Ausgleichsflächen kombiniert werden, die zwischen den Baumreihen angelegt werden. Die Grünlandstreifen mit den Bäumen dienen dabei der Produktion von Wertholz oder Früchten.

Mäuse halten sich gerne in hohem Gras auf und profitieren von fehlender Bodenbearbeitung. Um sie von den Bäumen fernzuhalten, sollte das Gras um die Bäume herum kurz geschnitten werden. Drahtgitter schützen die Wurzeln der Jungbäume, und Sitzstangen für Greifvögel erleichtern ihnen die Jagd auf Mäuse. Mit Kleinstrukturen wie Lesestein- und Asthaufen können zudem weitere Mausjäger wie Mauswiesel und Hermelin gefördert werden.

Das Prinzip der Wertholzproduktion auf Grünland ist dasselbe wie beim Ackerbau. Die Wertholzbäume werden hoch hinauf geastet, um einen langen, astfreien Stamm von hohem Wert zu erhalten (siehe Abbildung 7).

Bodenschutz

Wind und Wasser sind die treibenden Kräfte der Bodenerosion. Winderosion ist vor allem in Gebieten mit sandigen Böden und Trockenheit problematisch, da leichtes Bodenmaterial einfacher verfrachtet wird. Böden in weiten Ebenen können stark durch Winderosion gefährdet sein. In Hanglagen und nach starken Regenfällen dominiert hingegen die durch abfließendes Wasser verursachte Erosion.

Ackerbaulich genutzte Flächen sind vor allem in der vegetationsfreien Zeit erosionsgefährdet. Ohne Bedeckung ist der Boden schutzlos Wind und Wasser ausgesetzt. Dies kann dazu führen, dass viel feines Bodenmaterial verfrachtet wird und fruchtbare Erde verloren geht. Über längere Zeit nimmt so die Fruchtbarkeit der Böden ab.

Als Schutz vor Bodenerosion eignen sich besonders Hecken. Diese bieten Schutz vor starken Winden in der Ebene. In grossen Ebenen werden Windschutzhecken in und am Rand der Felder gezielt angelegt, um der Erosion des Bodens entgegenzuwirken. Entlang der Höhenlinien gepflanzte Hecken halten das Regenwasser zurück, lassen es langsamer abfließen und verringern so den Bodenabtrag.

Aber auch Einzelbäume wirken der Erosion des Bodens entgegen. Die Durchwurzelung lockert den Boden einerseits auf und fördert das Einsickern des Regenwassers. Andererseits halten die Baumwurzeln die Erde an Ort und Stelle fest.



Abb. 8: Gebiete mit hoher Erosion (> 2 t/ha und Jahr, nach Friedli 2006) als Zielregionen für Agroforstwirtschaft.

Tab. 1: Einfluss von Bewirtschaftung und Baumbestand entlang von Höhenlinien auf die durchschnittlichen Bodenverluste eines Jahres (in t/ha) auf Ackerflächen mit hoher Erosion (> 3 t/ha). Die Werte stammen aus Modellberechnungen von Palma et al. (2006). Wird der Acker nicht entlang der Höhenlinien bewirtschaftet, so ist die Erosion hoch. Auf dem fruchtbaren Standort, welcher intensiv genutzt wird, sind die Verluste besonders gross. Die Erosion kann durch eine Bewirtschaftung entlang der Höhenlinien und mit Hilfe von Bäumen geschmälert werden. Die dadurch erreichte prozentuale Verringerung der Erosion ist auf dem fruchtbaren Standort grösser als auf dem ertragsarmen Standort.

Durchschnittlicher Bodenverlust eines Jahres [t/ha]		
System	Ertragsarmer Standort	Fruchtbarer Standort
Bewirtschaftung nicht entlang der Höhenlinien (Maximaler Bodenverlust)		
Acker ohne Bäume	5,8 (100 %)	7,0 (100 %)
Bewirtschaftung entlang der Höhenlinien (Prozentuale Verringerung der Erosion)		
Acker ohne Bäume	3,8 (-34 %)	4,5 (-36 %)
Acker mit	1,4 (-76 %)	1,1 (-84 %)
50 Bäumen/ha		
Acker mit	1,3 (-78 %)	1,0 (-86 %)
113 Bäumen/ha		

Da auf Ackerflächen selbst bei geringer Neigung Erosion stattfinden kann, sollten die Bäume in Reihen entlang der Höhenlinien gepflanzt werden. So angelegte Agroforstsysteme können effektiv vor Erosion schützen. Baumreihen und eine Bewirtschaftung entlang der Höhenlinien reduzieren die Bodenerosion auf dem Acker um bis zu achtzig Prozent und mehr. Dies ist in Tabelle 1 ersichtlich. Die Bodenfruchtbarkeit bleibt dank den Bäumen erhalten. Zudem wird sie durch den Eintrag organischer Substanz, wie Blätter und abgestorbene Wurzeln, verbessert. Regionen, in welchen die Förderung der Agroforstwirtschaft zum Schutz vor Erosion beitragen könnte, sind in Abbildung 8 dargestellt. Sie zeigt diejenigen Gebiete der Schweiz, die stark von Erosion betroffen sind. Es handelt sich dabei mehrheitlich um Ackerbauflächen im Mittelland und Jura.

Oberflächengewässer

Das am Boden abfliessende Regenwasser verfrachtet Nährstoffe und Pestizide aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer der Umgebung. Dort verstärkt die Überdüngung das Wachstum der Algen. Für deren Zersetzung wird mehr Sauerstoff verbraucht, was negative Auswirkungen auf das Ökosystem hat. Beispielsweise sterben bei Sauerstoffmangel in Seen Fische und andere Organismen.

Bäume regulieren den Wasserhaushalt und haben so auch Auswirkungen auf die Oberflächengewässer. Sie verringern durch Interzeption (Zurückhalten) die Regenmenge, die auf den Boden fällt, denn das Blätterdach hält Regen zurück. Was nicht auf den Boden gelangt, verdunstet

anschliessend. Bäume fördern weiter das Einsickern des Wassers in den Untergrund und reduzieren dadurch den Oberflächenabfluss. Indem das Wasser weniger stark abfließt, senken Bäume in Einzugsgebieten von Flüssen den Abfluss. Auch bei Hochwasser können Gehölze dazu beitragen, den Abfluss zu verringern. Quer zum Hang angelegte Hecken halten herbeigeschwemmtes Bodenmaterial zurück und schützen so vor Erosion.

Den Einfluss von Hecken auf den Wasserrückhalt zeigt die Studie von Mérot (1976), in der ein offenes Einzugsgebiet mit einem heckenreichen Einzugsgebiet verglichen wird. Die Gebiete weisen ähnliche Eigenschaften auf. Trotzdem war der Abflusskoeffizient im offenen Einzugsgebiet 1,7-mal grösser als im heckenreichen Einzugsgebiet. Dies bedeutet, dass im offenen Einzugsgebiet bei Starkniederschlägen mehr Hochwasser abfließt als im heckenreichen Einzugsgebiet.

Werden Bäume und Sträucher zwischen landwirtschaftlich genutzte Flächen und Ufer gepflanzt, so helfen sie weg-erodiertes Bodenmaterial sowie darin enthaltene Nährstoffe und Pestizide zurückzuhalten. Einen effektiven Schutz der Gewässer gewährleisten breite Uferstreifen mit gut entwickelter Vegetation aus Grasland, Gebüsch und Bäumen. Da lichte Uferbereiche mit extensiv genutztem Grünland sehr wertvolle Lebensräume bilden, ist die Bestockung von Uferbereichen im Hinblick auf die Artenvielfalt nicht überall sinnvoll.

Grundwasser

Im Grundwasser sollten maximal 25 mg Nitrat pro Liter vorhanden sein, um qualitativ hochwertiges Trinkwasser zu erhalten. Dieses Qualitätsziel wird vor allem in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten des Mittellands und teilweise auch in Agglomerationen nicht erreicht. In der Landwirtschaft wird das aus Düngemitteln stammende Nitrat mit dem Regen aus dem Boden gewaschen und gelangt dadurch in das Grundwasser. Abhilfe schaffen die Winterbedeckung sowie eine extensive landwirtschaftliche Nutzung in Grundwasserschutzzonen. Dank diesen



Abb. 9: Gebiete mit hohen potenziellen Nitratwerten im Grundwasser (> 25 mg/l) als Zielregionen für Agroforstwirtschaft (Grafik: João Palma, ART).

Tab. 2: Voraussagen zur durchschnittlichen jährlichen Stickstoffauswaschung (in kgN/ha) während 60 Jahren im Acker ohne Bäume (Anfangszustand) und mit Bäumen auf intensiv gedüngten Flächen (> 100 kgN/ha). Die Werte stammen aus Modellberechnungen von Palma et al. (2006). Die erreichte prozentuale Verringerung der Stickstoffauswaschung ist bei hoher Baumdichte auf fruchtbarem Land (intensive Nutzung) am grössten. Bei Baumdichten von 50 Bäumen pro Hektare ist der Effekt kleiner als bei 113 Bäumen pro Hektare. Dies lässt sich damit erklären, dass eine hohe Anzahl Bäume die Erträge der Unterkulturen stärker beeinträchtigt und daher der Anbau von Unterkulturen früher eingestellt wird. Somit werden weniger lange und geringere Mengen an Stickstoffdünger ausgebracht. Die vorliegenden Ergebnisse stammen aus einem Modellversuch, der das Potenzial der Baumwurzeln, Stickstoff unterhalb der Kulturen aufzufangen, nicht berücksichtigt.

Durchschnittliche jährliche Stickstoffauswaschung [kgN/ha]		
System	Ertragsarmes Land	Fruchtbares Land
Acker ohne Bäume	142 (100 %)	182 (100 %)
Acker mit 50 Bäumen/ha	117 (-18 %)	171 (-6 %)
Acker mit 113 Bäumen/ha	105 (-26 %)	99 (-46 %)

Bemühungen der Landwirtschaft haben die Nitratgehalte im Grundwasser in den letzten zwei Jahrzehnten abgenommen. Trotzdem bleibt die Belastung in intensiv genutzten Gebieten – hauptsächlich Acker- und Gemüsebauflächen – gross. Dabei werden auch heute noch Werte über dem Trinkwasser-Toleranzwert von 40 mg Nitrat pro Liter gemessen (Muralt und Cornaz 2005).

Agroforstsysteme mindern auf landwirtschaftlich genutzten Flächen das Risiko der Nitratauswaschung ins Grundwasser. Einerseits durch eine Extensivierung der Nutzung, wie dies in Tabelle 2 ersichtlich ist. Andererseits wurzeln die Bäume unter den Kulturen und nehmen vom Oberboden durchsickerndes Nitrat auf. Bäume helfen dadurch das Grundwasser vor Verschmutzungen zu schützen und seine hohe Qualität zu erhalten.

Die Baumwurzeln können auch Nährstoffe tiefer Bodenschichten erschliessen, die den Kulturen mit ihren kürzeren Wurzeln verwehrt bleiben. Das herabfallende Laub macht diese für die Kulturen nutzbar.

Durch die Pflanzung von Bäumen im Acker und eine extensivere Nutzung kann die Landwirtschaft einen positiven Beitrag zum Grundwasserschutz leisten. Gebiete mit hohen Nitratwerten im Grundwasser, in denen Agroforstwirtschaft die Nitratbelastung mindern könnte, zeigt Abbildung 9. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Ackerflächen im Mittelland.

Kohlenstoffbindung

Kohlenstoffdioxid kommt natürlich in der Luft vor. Den Lebewesen entweicht bei der Atmung Kohlenstoffdioxid als Abfallprodukt der Energiegewinnung. Kohlenstoffdioxid entsteht auch bei der Verbrennung von fossilen Ener-

Tab. 3: Voraussagen bezüglich der Kohlenstoffbindung (in t/ha) von mittel bis schnell wachsenden Bäumen nach 60 Jahren im Acker. Die Werte stammen aus Modellberechnungen von Palma et al. (2006). Die Bindung von Kohlenstoff ist bei der Variante mit 113 Bäumen pro Hektare auf fruchtbarem Land (intensive Nutzung) am grössten. Bei geringer Baumdichte ist sie jedoch proportional sogar höher, weil die Einzelbäume vergleichsweise stärker wachsen.

Kohlenstoffbindung nach 60 Jahren [t/ha]		
System	Ertragsarmes Land	Fruchtbares Land
Acker ohne Bäume	0	0
Acker mit 50 Bäumen/ha	81	106
Acker mit 113 Bäumen/ha	112	133

gieträgern wie Erdöl. Als Treibhausgas erwärmt Kohlenstoffdioxid die Atmosphäre.

Mit der Klimaerwärmung hat die Speicherung von Kohlenstoff an Bedeutung gewonnen. Kohlenstoff kann langfristig in Permafrostböden und Mooren gebunden werden und für eine kürzere Zeitspanne auch im Holz der Bäume.

Pflanzen nehmen Kohlenstoffdioxid aus der Luft auf und wandeln dieses in Biomasse um, wobei Sauerstoff freigesetzt wird. Dies trifft, wie in Tabelle 3 gezeigt wird, auch für Bäume zu. Im Holz der Bäume kann Kohlenstoff über mehrere Jahrzehnte gespeichert werden. Während dieser Zeit ist er immobil und trägt somit dazu bei, die Konzentration vom klimawirksamen Kohlenstoffdioxid in der Luft zu senken.

Biodiversität

Das Schweizer Mittelland wird stark genutzt – sei es intensiv im Ackerbau oder als Bauland für Siedlungen und Verkehr. Für die Biodiversität bleibt da oft wenig Platz. Viele Lebensräume haben sich aufgrund intensiver Bewirtschaftung qualitativ verschlechtert oder mussten Siedlungen weichen. Daher bedarf es insbesondere im Mittelland naturnah bewirtschafteter Flächen als Refugien zur Bewahrung der Artenvielfalt.

Moderne Agroforstwirtschaft kann einen Teil der Biodiversität, die mit Waldrändern in Verbindung gebracht wird, in landwirtschaftlich genutzte Gebiete einbringen. Sie bietet verschiedenen Arten der Obstgärten und des Waldrands einen Lebensraum und erleichtert so auch die Vernetzung von Teilpopulationen.

Die Vogelfauna der Waldränder profitiert von neuen Lebensräumen in strukturreichen Agroforstsystemen. Dabei sind vor allem Arten der Obstgärten vertreten. Werden Sträucher zwischen den Bäumen gepflanzt, so können auch Heckenbrüter hinzukommen.

Verschiedene Arthropoden, darunter Spinnen und Laufkäfer der Übergangszonen, werden durch die Anwesenheit von Bäumen und Gebüsch angelockt (Mcadam et al. 2007). Sie finden am Boden unter den Bäumen unterschiedliche Kleinlebensräume vor – schattig-feuchte und sonnig-trockene Stellen.

Gestaltung von Agroforstsystemen im Hinblick auf Vögel

Die Gestaltung von Agroforstsystemen bietet viele Chancen für den Naturschutz. Da verschiedene Tiergruppen und Arten unterschiedliche und zum Teil auch gegensätzliche Ansprüche haben, gilt es die Prioritäten jeweils gut abzuwägen.

Der Fokus bei der Ausgestaltung wurde in diesem Bericht auf Vögel gelegt. Dies einerseits, da viele Vogelarten vom Rückgang der Hochstamm-Obstbäume betroffen sind. Andererseits auch, weil Vögel sich als Bioindikatoren für den Zustand der Kulturlandschaft gut eignen.

Wie sollte ein Agroforstsystem aus der Vogelperspektive idealerweise gestaltet sein? Die Checkliste in Tabelle 4 gibt Aufschluss. Sie ist als Vorlage gedacht, um eine für Vögel der Obstgärten und Waldränder sowie für den Naturschutz wertvolle Variante zusammenzustellen. Dabei enthält sie verschiedene Gestaltungselemente und Massnahmen zur Förderung der Vogelarten, die von Agroforstsystemen profitieren könnten. Je mehr Punkte erreicht werden, desto geeigneter ist das Agroforstsystem für diese Vögel.

Die Checkliste in Tabelle 4 ist als grundlegende Gestaltungshilfe gedacht, um die Ansprüche der Vögel bei der Planung eines Agroforstsystems mit einzubeziehen. Um bestimmte Vogelarten zu fördern, können zusätzlich artspezifische Förderungsmassnahmen notwendig sein. Von qualitativ hochwertigen ökologischen Ausgleichsflächen profitiert zum Beispiel der Gartenrotschwanz, aber auch viele andere Vogelarten des Kulturlands.

Für eine Auswahl von Vogelarten im Schweizer Mittelland, welche von Agroforstwirtschaft profitieren könnten, sind in Tabelle 5 artspezifische Massnahmen zu deren Förderung zusammengestellt.

In Sträuchern brütende Arten – wie Neuntöter oder Goldammern – können Agroforstsysteme als Lebensraum nutzen, wenn Hecken angelegt werden. Dabei sind die Qualität und Ausdehnung der Hecke, die Breite des Krautsaums und der Anteil dornentragender Sträucher von Bedeutung.

Tab. 4: Checkliste für die Gestaltung von Agroforstsystemen im Hinblick auf Vögel, die von Agroforstwirtschaft profitieren könnten. Die Checkliste basiert auf dem Bewertungsschlüssel von Kaeser (2009; befragter Experte: U. Rehsteiner, Bündner Naturmuseum, vormals SVS). Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 20. Sofern nicht anders vermerkt, kann alles, was zutrifft, angekreuzt werden.

Faktoren	Parameter	Punkte
Anlage des Agroforstsystems		
1. Baumarten	Einheimische, standortgerechte Baumarten ¹	1
	Standortfremde Baumarten	0
2. Anordnung der Bäume und Baumdichte	Locker ² bepflanzt (≤ 50 Bäume/ha)	1
	Dichter bepflanzt (> 50 Bäume/ha)	0
	Ost-West ³ -Ausrichtung der Reihen	1
	Nord-Süd-Ausrichtung der Reihen	0
Nutzung des Agroforstsystems		
3. Landwirtschaftliche Nutzung (der Fläche zwischen den Bäumen)	Nur Grünland	2
	Acker und Grünland (Baumstreifen zählen nicht dazu)	2
	Nur Acker ⁴ (mit/ohne Baumstreifen)	0
	Beweidung/Mahd/Mulchen ⁵	1
	Kurzrasige Grünlandflächen/offener Boden ⁶	1
4. Baumpflege	Mehrheitlich nicht hoch geastete Bäume, kein Wertholz	0,5
	Mehrheitlich hoch geastete Bäume, Wertholz ⁷	0
	Geschnittene Äste bleiben als Haufen ⁸ liegen	0,5
Nur ausfüllen, wenn mehrheitlich Ackerland:	Gras-/Krautstreifen	1
	Keine Gras-/Krautstreifen	0
	Sträucher auf den Baumstreifen	1
	5. Baumstreifen-nutzung	Krautsäume auf den Baumstreifen
Nur ausfüllen, wenn mehrheitlich Grünland (nur eine Möglichkeit ankreuzen):	Breite Streifen (≥ 3 m) ⁹	1
	Schmale Streifen (< 3 m)	0
	Grünland mit vielen Sträuchern	4
6. Nutzungsintensität	Grünland mit wenigen/ohne Sträucher	2
	Keine/extensive Düngung und keine Pestizide	3
	Intensive Düngung und/oder Pestizideinsatz	0
	Extensiv genutzte Weide oder Wiese/Baumstreifen mit 2 oder weniger Schnitten/Jahr	1
	Wiese/Baumstreifen mit mehr als 2 Schnitten/Jahr	0
7. Naturschutz- und weitere Pflegemassnahmen (auch bereits vorhandene Elemente und auf benachbarten Flächen)	Nistkästen oder alte Bäume für Höhlenbrüter	1
	Sträucher oder Hecken für Strauchbrüter	1
	Buntbrache oder extensiv genutztes Grünland	1
	Lückige oder kurzrasige Bodenvegetation	1
Summe		
Maximal erreichbare Punktzahl zum Vergleich		20

¹ Einheimische, standortgerechte Baumarten eignen sich in der Regel besser als Nahrungshabitat für Vögel als standortfremde Bäume.

² Mit «locker bepflanzt» ist hier gemeint, dass auch bei fortgeschrittenem Alter der Bäume kein Kronenschluss besteht und genügend Licht auf den Boden fällt, um ein gutes Blüten- und Insektenangebot zu ermöglichen. Lebensräume mit solchen Baumdichten werden von Vogelarten der halboffenen Landschaft besiedelt, wie die Nutzung von entsprechenden Hochstamm-Obstgärten durch diese Arten zeigt.

³ Bei Ost-West Ausrichtung der Reihen können sich für den Naturschutz wertvolle sonnenexponierte Säume auf der Südseite der Bäume ausbilden. Die Beschattung ist bei Nord-Süd Ausrichtung hingegen auf beide Seiten der Reihen gleichmässiger verteilt und daher aus Produktionssicht zu empfehlen.

⁴ Stehen die Bäume in einer reinen Ackerlandschaft und auf nur kleinen Grünstreifen, finden die meisten Vogelarten zu wenig Nahrung und nutzen folglich die Bäume im Acker selten als Brutstätte (Reeg et al. 2009b).

⁵ Zusatzinformationen: Beweidung schafft durch Tritt und Verbiss wertvolle Kleinstrukturen. Mulchen wird von verschiedenen Bodenbewohnern wie den Laufkäfern aufgrund des veränderten Mikroklimas (höhere Feuchtigkeit) nicht geschätzt.

⁶ Kurzrasige Grünlandbereiche und offener Boden erleichtern die Nahrungssuche, da die Beute gut sichtbar ist.

⁷ Bei Wertholz fehlen – dank guter Pflege und früher Nutzung – für Höhlenbrüter wichtige Faulstellen, wobei Nistkästen bei vielen Arten Ersatz bieten können.

⁸ Asthaufen sind bei vielen Tieren als Versteck und Unterschlupf beliebt.

⁹ Die Breite des Streifens sollte aus Sicht des Naturschutzes mindestens drei bis vier Meter betragen (Reeg et al. 2008).

Tab. 5: Vogelarten im Schweizer Mittelland, die von Agroforstwirtschaft profitieren könnten. Überblick über die Vogelarten und artspezifische Massnahmen zu deren Förderung (Kaeser 2009; Burkhardt und Schmid 2001; Rehsteiner et al. 2004). Bei Arten mit einer Gefährdung ist dies explizit vermerkt. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Vogelart	Förderungsmassnahmen
Distelfink <i>Carduelis carduelis</i>	– Bäume pflanzen – Ackersäume und Buntbrachen fördern
Gartenbaumläufer <i>Certhia brachydactyla</i>	– Nistkästen anbringen – Baumarten mit rissiger Borke – als Frostschutz und für die Brut – fördern
Gartenrotschwanz <i>Phoenicurus phoenicurus</i> (potenziell gefährdet)	– Lockeren, zusammenhängenden, über drei Hektaren grossen Bestand an Bäumen erhalten und anlegen – Extensiv bewirtschaften und dabei Bereiche mit kurzrasiger oder lückiger Krautvegetation schaffen – Alte Bäume, vor allem Birnbäume, belassen – Nistkästen anbringen – Struktureichtum in Agroforstsystemen fördern
Girlitz <i>Serinus serinus</i>	– Bäume und Sträucher pflanzen
Grauschnäpper <i>Muscicapa striata</i>	– Bäume und andere Gehölzstrukturen fördern – Nistkästen anbringen
Grauspecht <i>Picus canus</i> (verletzlich)	– Alte Bäume für Höhlenanlage belassen – Grünland extensiv bewirtschaften und Bodenvegetation locker halten – Struktureichtum und Totholz in Agroforstsystemen fördern
Grünspecht <i>Picus viridis</i>	– Grünland extensiv bewirtschaften – Alte Bäume für Höhlenanlage belassen – Struktureichtum in Agroforstsystemen fördern
Kleinspecht <i>Dendrocopos minor</i>	– Alte Bäume für Höhlenanlage belassen – Weichholzbäume (Pappeln, Weiden) pflanzen
Rotkopfwürger <i>Lanius senator</i> (vom Aussterben bedroht)	– Zusammenhängende, mindestens zehn Hektaren grosse Agroforstsysteme (Hochstamm-Obstgärten) erhalten und anlegen – Grünland extensiv beweiden oder gestuft mähen – Lückige Bodenvegetation, vegetationsfreie Stellen, Blühstreifen und Sträucher fördern
Steinkauz <i>Athene noctua</i> (vom Aussterben bedroht)	– Alte Bäume für Höhlen belassen – Grünland extensiv bewirtschaften und dabei Bereiche mit kurzer, lückiger Vegetation (Beute sichtbar) schaffen – Brachenstreifen und artenreiche Wiesen fördern – Hecken und Steinmauern anlegen – Nistkästen und Sitzstangen aufstellen – Scheiterbeigen als Versteck für Jungvögel errichten
Trauerschnäpper <i>Ficedula hypoleuca</i>	– Nistkästen anbringen hat zu starker Bestandsvermehrung und Ausbreitung geführt (war früher selten)
Wendehals <i>Jynx torquilla</i> (verletzlich)	– Bäume und Hecken erhalten und pflanzen – Extensiv genutzte, magere Wiesen oder Weiden sowie lückige Bodenvegetation fördern – Nistkästen anbringen und bereits vorhandene Baumhöhlen belassen – Struktureichtum in Agroforstsystemen fördern
Wiedehopf <i>Upupa epops</i> (stark gefährdet)	– Bäume erhalten und pflanzen – Lückige, kurzrasige Bodenvegetation schaffen – Nistkästen anbringen – Struktureichtum in Agroforstsystemen fördern

Ein Agroforstsystem beeinflusst nebst der Artenvielfalt auch die Landschaft. Die Landschaft kann mit den durch Agroforstwirtschaft eingebrachten Landschaftselementen ästhetisch aufgewertet und abwechslungsreicher werden.

Welche Gebiete eignen sich aus Sicht der Artenförderung?

Die Anlage von Agroforstsystemen sollte jeweils auf die Verträglichkeit mit den gemäss BAFU und BLW (2008) zu fördernden Ziel- und Leitarten geprüft werden. Gefährdete und für den Lebensraum charakteristische Offenlandarten dürfen nicht verdrängt werden. Daher sind in Gebieten mit gefährdeten Offenlandarten oder Lebensräumen wie Flachmoore und Trockenwiesen keine Agroforstsysteme anzulegen. Obwohl extensiv genutzte Gebiete an sich für Agroforstwirtschaft gut geeignet sind, muss fallweise abgeklärt werden, ob ein Konflikt zur Förderung prioritärer Arten und Lebensräume besteht.

Wenig intensiv genutzte Gebiete mit vielen Landschaftselementen wie Bäumen, Sträuchern und Hecken bieten gute Voraussetzungen für Agroforstsysteme. Denn für den Artenpool ist es von Vorteil, wenn Hecken, Hochstamm-Obstgärten oder andere Nutzungen mit Bäumen in der Umgebung bereits vorhanden sind. Dadurch kommen für Hochstamm-Obstgärten oder Übergangszonen wie Wald-ränder charakteristische Tierarten im Gebiet bereits vor. Die agroforstwirtschaftliche Fläche wird schneller durch diese besiedelt, als wenn sie isoliert in einem reinen Ackerbaugelände liegt. Aber auch in einer intensiv genutzten Landschaft kann durch die neu eingebrachten Strukturelemente eine Bereicherung der Artenvielfalt erfolgen.

Optimale Bewirtschaftung und Gestaltung von Agroforstsystemen

Eine extensive Nutzung des Agroforstsystems und ein Verzicht auf Pflanzenschutzmittel schaffen gute Lebensbedingungen für viele Tierarten. Eine solche Bewirtschaftung bereichert ihr Nahrungsangebot. Zudem bilden die nicht gedüngten und ungespritzten Baumstreifen mit ihren Gras- und Krautsäumen ein wertvolles Rückzugsareal für viele Arten. Dagegen stellen landwirtschaftlich sehr intensiv genutzte Flächen zwischen den Baumstreifen für viele Tierarten ein Hindernis dar.

Baumstreifen bieten in Agroforstsystemen grosse Gestaltungsmöglichkeiten für den Naturschutz. Gras- und Krautsäume können angelegt werden, Blühstreifen angesät oder Sträucher gepflanzt werden. Breite, struktureiche Streifen sind für die Förderung der Artenvielfalt in der Regel geeigneter als schmale, kurz geschnittene Grünlandstreifen. Zudem ist die Anlage von Hecken und ausgedehnten Krautsäumen nutzungsbedingt nur auf breiteren Baumstreifen möglich.

Agroforstsysteme bieten zudem gute Voraussetzungen, um Naturschutzmassnahmen – wie Säume, Sträucher oder Nistkästen – in der Landschaft umzusetzen. Nebst den Naturschutzmassnahmen hängt der Wert eines Agroforstsystems für die Biodiversität auch vom Alter der Bäume ab. In Agroforstsystemen mit Fruchtproduktion werden die Bäume im Gegensatz zu Wertholzbäumen alt und somit bezüglich Biodiversität wertvoll. In Agroforstsystemen mit Wertholz-

bäumen könnten zu diesem Zweck einzelne, weniger schön gewachsene Bäume weit über die Hieb reife auf der Fläche belassen werden. Mit solchen Massnahmen können beispielsweise gefährdete und auf Alt- und Totholz angewiesene Flechten- und Vogelarten gefördert werden.

Landschaftsbild

Bäume tragen zur Vielfalt und Strukturierung der Landschaft bei. Durch ihre Anordnung wird die Landschaft gegliedert. Ausserdem entstehen Hell-dunkel-Muster durch die Schattenwirkung (Winkelbrandt und Peper 1989, Krause und Köppel 1996). In einer breit angelegten Studie von Schüp bach et al. (2009) wurden Fotos von 14 verschiedenen Landschaftselementen zu verschiedenen Jahreszeiten gezeigt. Hochstamm-Obstgärten und Hecken wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum am höchsten bewertet. Ein wichtiger Grund dafür waren Blüte und saisonale Laubverfärbung (Schüp bach et al. 2009).

Die gliedernde Wirkung der Bäume ist vielfältig: Die Bäume können linear angeordnet sein, zum Beispiel entlang von Flüssen oder Wegen. Sie können aber auch halboffene Landschaften – einen Mix aus Kulturland und Bäumen – schaffen.

Traditionelle Agroforstsysteme, wie Streuobstwiesen oder Waldweiden, bilden halboffene Landschaften, welche von der Bevölkerung sehr geschätzt werden. Von den als schön empfundenen Landschaften profitieren nicht nur Touristen und Spaziergänger, sondern auch die Direktvermarktung und damit die Landwirtschaft. Neben den uns vertrauten traditionellen Systemen können auch davon abgeleitete moderne Agroforstsysteme für die ästhetische Aufwertung der Landschaft eingesetzt werden.

Wertholzbäume und Bäume zur Fruchtproduktion unterscheiden sich optisch voneinander. Der Hauptunterschied liegt im Baumschnitt. Wertholzbäume werden hoch geastet und haben die Kronen weiter oben auf langen Stämmen (Reeg et al. 2009a; siehe Abbildung 10).

Vor der Pflanzung der Bäume sollte man sich daher die Frage stellen, ob Wertholzbäume optisch zum Ort passen.



Abb. 11: Wertholzbäume im Acker in Frankreich. Damit die Baumreihen in die Landschaft passen, sollten diese nicht schnurgerade verlaufen, sondern den Höhenlinien folgen (Foto: Felix Herzog, ART).

In der Nähe des Waldes oder entlang von Wegen und Flüssen fallen sie weniger auf als im Feld in reinen Ackerbaugebieten. Eher eintönige Ackerlandschaften können jedoch beispielsweise durch Vogelkirschen mit ihrer schönen Blüte im Frühjahr ästhetisch aufgewertet werden.

Die Anordnung der Bäume ist von der Nutzung teilweise vorgegeben (Reeg et al. 2009a). Auf Weideland kann sie gruppenweise oder rein zufällig erfolgen. Auf dem Acker hingegen wird in Reihen gepflanzt, was sich auch bei gemähtem Grünland empfiehlt. Abwechslung bringt die Verwendung verschiedener Baumarten und Bäume unterschiedlichen Alters, die zeitlich versetzt gepflanzt und gefällt werden. Die Reihen sollten nicht starr sein, sondern den Höhenlinien folgen (Reeg et al. 2009a, siehe Abbildung 11). Werden die Bäume der verschiedenen Reihen zueinander versetzt gepflanzt, so sind die Reihen weniger gut erkennbar. Eine lockere Anordnung von Wertholzbäumen – sei es in Reihen oder ungeordnet – lässt sich meist gut mit halboffenen Landschaften vereinbaren. Die bei Reihen entstehenden Baumstreifen können als Blumenwiese zur Verschönerung oder als Hecke zur Gliederung der Landschaft beitragen.

Schlussfolgerungen

Bäume erbringen wichtige Umweltleistungen in der Kulturlandschaft. Sie schützen den Boden vor Erosion und die Gewässer vor Nährstoff- und Pestizideinträgen.

Dabei können moderne Agroforstsysteme im Gewässer- und Bodenschutz eine ähnliche Funktion wie traditionelle Hochstamm-Obstgärten übernehmen. So wirken beispielsweise entlang der Höhenlinien in Reihen gepflanzte Bäume Bodenverlusten entgegen. In stark erosionsgefährdeten Gebieten – sei es durch Wasser am Hang oder durch Wind in der Ebene – wird der Schutz durch Pflanzung der Bäume in Hecken verstärkt. Denn Hecken gewährleisten einen effektiven Schutz vor Erosion.

In den intensiv genutzten Ackerbaugebieten des Mittelands können Trinkwasserqualität wie auch Bodenfruchtbarkeit durch die Anlage von Agroforstsystemen verbessert



Abb. 10: Hoch geastete Vogelkirschen zur Wertholzproduktion auf Ackerland in Frankreich. Wertholzbäume können sich gut in die Landschaft einpassen (Foto: Felix Herzog, ART).

werden. Die modernen Systeme sind flexibel in der Gestaltung und können der Landschaft angepasst werden.

Um für den Naturschutz wertvolle Agroforstsysteme zu schaffen, werden neben den Bäumen auch andere Strukturelemente benötigt. Zum Beispiel können Blühstreifen das Agroforstsystem für den Naturschutz aufwerten (siehe Abbildung 1). Vor allem bei Systemen mit Wertholzbäumen sind zusätzliche Massnahmen notwendig, um einen bezüglich Artenvielfalt wertvollen Lebensraum zu schaffen. So fehlen beispielsweise bei Wertholzbäumen für Höhlenbrüter wichtige Faulstellen. Daher sollten Nistkästen angebracht werden, die vielen Vogelarten als Ersatz dienen können.

Agroforstsysteme werden vor allem von Arten der Hochstamm-Obstgärten und der Waldränder besiedelt. Auf ihre Ansprüche sollte daher bei der Gestaltung der agroforstlich genutzten Fläche eingegangen werden. Krautsäume und Sträucher – ähnlich dem Waldrand – sind für diese Arten wirksame Fördermassnahmen.

Fördermassnahmen haben den Nachteil, zusätzliche Kosten zu verursachen. So schmälern beispielsweise breite Baumstreifen die landwirtschaftliche Produktion. Die Fläche mit breiten Streifen ist wirtschaftlich weniger rentabel als eine mit schmalen Streifen. Die Vergütung von Umweltleistungen ist daher eine wichtige Voraussetzung, um Bäume wie auch moderne Agroforstsysteme zu fördern. Beiträge für besondere biologische Qualität oder Pflanzprämien sind dabei eine sinnvolle Möglichkeit.

Die Klimaerwärmung bringt Themen wie das Pflanzen von Bäumen auf den Tisch. Um der Klimaerwärmung entgegenzuwirken, können statt fossiler Brennstoffe (z. B. Heizöl) erneuerbare Energieträger wie Brennholz verwendet werden. Brennholz ist im Gegensatz zu Erdöl klimaneutral, da Kohlenstoff beim Wachstum der Bäume zuerst gebunden und danach bei der Verbrennung wieder freigesetzt wird. Wird Wertholz zu Möbeln verarbeitet, so ist der Kohlenstoff während mehrerer Jahrzehnte gebunden.

Eine hohe Flächenproduktivität und besserer Schutz der Ressourcen sind anspruchsvolle Forderungen unserer Zeit. Agroforstwirtschaft kann dazu beitragen, diese zu erfüllen. Dabei empfiehlt es sich, die traditionellen Systeme einerseits so gut wie möglich beizubehalten aber andererseits auch komplementäre moderne Systeme zu entwickeln. Auf diese Weise können die Umweltleistungen der Bäume und Sträucher wieder vermehrt erbracht und die Verluste an Hochstamm-Obstbäumen teilweise kompensiert werden.

Verwendete Literatur

- BAFU und BLW (2008). Umweltziele Landwirtschaft: Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0820. Bern: Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Landwirtschaft.
- Baudry J., Bunce R. G. H. u. Burel F., 2000. Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *Journal of Environmental Management*, 60, 7–22.
- Bender B., Chalmin A., Reeg T., Konold W., Mastel K. u. Spiecker H., 2009. Moderne Agroforstsysteme mit Wertholzbäumen: Leitfaden für die Praxis. Broschüre, 51 S. <http://www.agroforst.uni-freiburg.de>
- BLW, 2010. Weisungen und Erläuterungen 2010 zur Verordnung über die Direktzahlungen (DZV, SR 910.13) an die Landwirtschaft vom 7. Dezember 1998. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft.
- Burkhardt, M. u. Schmid, H., 2001. Vögel in der Schweiz. Sempach: Schweizerische Vogelwarte.
- EAWAG und BUWAL, 2004. Dem Fischrückgang auf der Spur. Schlussbericht des Projekts Netzwerk Fischrückgang Schweiz: «Fischnetz». Dübendorf: EAWAG; Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- Feldwisch N., Frede H.G. u. Hecker F., 1998. Verfahren zum Abschätzen der Erosions- und Auswaschungsgefahr. In: Frede H.G. u. Dabbert S. (Hrsg.): *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. Landsberg/Lech: ecomed, 22–57.
- Friedli S., 2006. Digitale Bodenerosionsgefährdungskarte der Schweiz im Hektarraster: Unter besonderer Berücksichtigung des Ackerlandes. Diplomarbeit an der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern in Zusammenarbeit mit der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich.
- Gifford R., 2000. Carbon Content of Woody Roots: Revised Analysis and a Comparison with Woody Shoot Components. National Carbon Accounting System Technical Report No. 7 (Revision 1). Canberra: Australian Greenhouse Office.
- Kaeser A., 2009. Agroforstwirtschaft zur Förderung der Artenvielfalt: Erarbeitung eines Schlüssels zur Bewertung des Naturschutzpotenzials und Anwendung an drei Fallbeispielen im Schweizer Mittelland. Masterarbeit an der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich. <http://e-collection.ethbib.ethz.ch>
- Kaeser A., Firesenai S., Dux D. u. Herzog F., 2010. Moderne Agroforstwirtschaft in der Schweiz. *Innovative Baumgärten: Produktivität und Wirtschaftlichkeit*. ART-Bericht 725, 1–12. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich.
- Krause C. L. u. Köppel D., 1996. Landschaftsbild und Eingriffsregelung. Hinweise zur Berücksichtigung von Landschaftsbildelementen. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- Mayer A. C., Stöckli V., Konold W. u. Kreuzer M., 2005. Experimental determination of the effects of stocking density and grazing period on forest regeneration on a subalpine wood pasture. *Animal Research*, 54, 153–171.
- Mcadam J. H., Sibbald A.R., Teklehaimanot Z. u. Eason W.R., 2007. Developing silvopastoral systems and their effects on diversity of fauna. *Agroforestry Systems*, 70, 81–89.
- Mérot P., 1976. Quelques données sur l'hydrologie de deux bassins versants élémentaires granitiques, bocager et ouvert. Rennes: Table ronde CNRS «les bocages».
- Murali R. u. Cornaz S., 2005. Nitratgehalte im Grundwasser der Schweiz. In: Herzog F. u. Richner W. (Hrsg.). *Evaluation der Ökomassnahmen: Bereich Stickstoff und Phosphor*. Zürich: Schriftenreihe der FAL, 57, 32–40.

- Palma J.H.N., Graves A. R., Bunce R.G.H., Burgess P.J., de Filippi R., Keesman K.J., van Keulen H., Liagre F., Mayus M., Moreno G., Reisner Y. u. Herzog F., 2006. Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119, 320–334.
- Palma J.H.N., Graves A.R., Burgess P.J., Keesman K.J., van Keulen H., Mayus M., Reisner Y. u. Herzog F., 2007. Methodological approach for the assessment of environmental effects of agroforestry at the landscape scale. *Ecological Engineering*, 29, 450–462.
- Reeg T., Bemman, A., Konold, W., Murac, D. u. Spiecker H., 2009a. Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim: Wiley-Vch.
- Reeg T., Möndel A., Brix M. u. Konold W., 2008. Naturschutz in der Agrarlandschaft: Neue Möglichkeiten mit modernen Agroforstsystemen? *Natur und Landschaft*, 83 (6), 261–266.
- Reeg T., Oelke M. u. Konold W., 2009b. Moderne Agroforstsysteme in Deutschland: Naturschutzfachliche Bewertung, Akzeptanz, historische Hintergründe und Auswirkungen auf das Landschaftsbild. Schlussbericht des Projektes agroforst: Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung, Teilprojekt Landespflege. Institut für Landespflege der Universität Freiburg.
- Rehsteiner U., Spaar R. u. Zbinden N., 2004. Elemente für Artenförderungsprogramme Vögel Schweiz. Koordinationsstelle des Rahmenprogramms Artenförderung Vögel Schweiz. Zürich: Schweizer Vogelschutz SVS/BirdLife Schweiz; Sempach: Schweizerische Vogelwarte.
- Schüpbach B., Junge X., Briegel R., Lindemann-Matthies P. u. Walter T., 2009. Ästhetische Bewertung landwirtschaftlicher Kulturen durch die Bevölkerung. Zürich: ART-Schriftenreihe 10.
- Surböck A., Faustmann P., Heinzinger M., Friedel J. K., Klick A. u. Freyer B., 2005. Auswirkungen einer Hecke auf Bodenwasserhaushalt, Bodenparameter und Ertrag in angrenzenden Ackerflächen. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.*, 17, 20–21.
- Walter T., Klaus G., Altermatt F., Ammann P., Birrer S., Boller B., Capt S., Eggenschwiler L., Fischer J., Gonseth Y., Grünig A., Homburger H., Jacot K., Kleijer G., Köhler C., Kohler F., Kreis H., Loser E., Lüscher A., Meyer A., Murbach F., Rechsteiner C., Scheidegger C., Schierscher B., Schilperoord P., Schmid H., Schnyder N., Senn-Irlet B., Suter D., Zbinden N. u. Zumbach S., 2010. Landwirtschaft. In: Lachat T., Pauli D., Gonseth Y., Klaus G., Scheidegger C., Vittoz P. u. Walter T. (Red.), 2010. Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900: Ist die Talsohle erreicht? Zürich: Bristol-Stiftung; Bern, Stuttgart, Wien: Haupt. 64–123.
- Winkelbrandt A. u. Peper H., 1989. Zur Methodik der Landschaftsbilderfassung und -bewertung für Umweltverträglichkeitsprüfungen: Am Beispiel von Retentionsmassnahmen im Raum Breisach. *Natur und Landschaft*, 64 (7/8).

Weiterführende Informationen und Literatur

- Dupraz C. u. Liagre F., 2008. *Agroforesterie: Des arbres et des cultures*. Paris: La France Agricole.
- Schlussbericht des Projektes agroforst: Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung
<http://www.agroforst.uni-freiburg.de>
- Schlussbericht des Projektes SAFE (Silvoarable Agroforestry For Europe)
<http://www.montpellier.inra.fr/safe>

Informationen zu Bäumen in Agrarlandschaften in den Broschüren «Bäume, Hecken und Wasser», «Bäume, Hecken und Biodiversität» und «Bäume und Landschaften» unter Publikationen auf:

<http://www.agroforst.ch>

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

<http://www.agroforst.de>

<http://www.agroforesterie.fr>

<http://www.montpellier.inra.fr/safe>

<http://www.agroforestry.ac.uk/>

Dieses Projekt wurde von der MAVA-Stiftung finanziell unterstützt.

