

Agroforstwirtschaft in der Schweiz

Alexandra Kaeser, Firesenai Sereke, Dunja Dux und Felix Herzog,
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich

Auskünfte: Felix Herzog, E-Mail: felix.herzog@art.admin.ch, Tel. +41 44 377 74 45



Abb. 1 | Vogelkirschen zur Wertholzproduktion in Frankreich.
(Foto: ART)

Einleitung

Bäume gehören zu unserer traditionellen Kulturlandschaft. Sie liefern Holz und Früchte und erbringen als Wasserfilter, Erosionsschutz, Kohlenstoffspeicher und Lebensraum vieler Tiere wichtige Leistungen für die Umwelt. Unter dem Begriff «Agroforstwirtschaft» versteht man die Kombination von Bäumen mit landwirtschaftlichen Unterkulturen acker- oder futterbaulicher Art (Krummenacher *et al.* 2008).

Eine traditionelle Form der Agroforstwirtschaft ist die Fruchtproduktion in Hochstamm-Obstgärten. Arbeitstechnische und wirtschaftliche Gründe sowie grosse Rodungsaktionen anfangs der 1960er-Jahre führten zu einem massiven Rückgang der Hochstamm-Obstbäume von rund 15 Millionen im Jahr 1905 auf 2,9 Millionen im Jahr 2001 (Walter *et al.* 2010). Trotz Direktzahlungen seit Anfang der 1990er-Jahre nimmt die Anzahl der Hochstamm-Obstbäume im Kulturland weiter ab. Damit gehen die oben genannten Umweltleistungen verloren und das Landschaftsbild verändert sich merklich.

Um weiterhin von den Umweltleistungen der Bäume in der Agrarlandschaft profitieren zu können, sucht ART nach Möglichkeiten, um die Kombination von Bäumen mit Unterkulturen wieder wirtschaftlich und damit für die Landwirte attraktiv zu gestalten. Dabei haben wir auf Ergebnissen aus europäischen Nachbarländern und Initiativen von innovativen Landwirtinnen und Landwirten in der Schweiz aufgebaut. In modernen Systemen können Bäume nicht nur zur Frucht- sondern auch zur Wertholzproduktion dienen und sowohl mit Ackerkulturen wie Futtergräsern kombiniert werden (Abb. 1).

Methoden

Die Produktivität und Wirtschaftlichkeit von modernen agroforstlichen Systemen wurde für einen Zeitraum von 60 Jahren mithilfe der Computermodelle YieldSAFE und FarmSAFE abgeschätzt (van der Werf *et al.* 2007; Graves *et al.* 2007). Als Grundlage dienen Erfahrungen aus Deutschland und Frankreich, ein Inventar innovativer Agroforstsysteme in der Schweiz sowie Daten zur Wirtschaftlichkeit der Unterkulturen und der Früchte für die Schweiz. In den Modellberechnungen wurde bei 70 Bäumen pro Hektare von einer ackerbaulichen Nutzung nur in den ersten zehn bis 20 Jahren ausgegangen. Bei 40 Bäumen pro Hektare wurde mit Ackerbau während den gesamten 60 Jahren gerechnet. Detaillierte Angaben zur Vollkostenkalkulation finden sich in Kaeser *et al.* (2010).

Die Umweltleistungen von Agroforstsystemen wurden von Palma *et al.* (2006) in 42 zufällig (statistisch repräsentativ) ausgewählten Landschaftseinheiten in Holland, Frankreich und Spanien untersucht. Die Erosion wurde mit der *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) geschätzt. Die Auswaschung von Stickstoff wurde als Produkt der Stickstoffbilanz und der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers berechnet, unter Annahme einer bedarfsgerechten Stickstoffdüngung. Die Kohlenstoffbindung wurde gemäss Gifford (2000) ermittelt, wobei nur der oberirdische Pflanzenteil berücksichtigt wurde. Die Akzeptanz von Agroforstwirtschaft bei Landwirtinnen und Landwirten wurde in einer Befragung ermittelt. Diese erfolgte mündlich anhand eines strukturierten Fragebogens (Atteslander *et al.* 1995). Aus der Deutsch-

und Westschweiz wurden 50 Landwirtinnen und Landwirte zufällig ausgewählt und zur Produktivität, Wirtschaftlichkeit und zu den Umweltleistungen von Agroforstwirtschaft befragt. Die Beliebtheit der Systeme, die Wertschätzung der Bäume und ihrer Produkte sowie die Gründe für das Pflanzen von Hochstamm-Bäumen wurden eruiert.

Resultate und Diskussion

In modernen Agroforstsystemen werden die Bäume in Reihen gepflanzt, um die maschinelle Bearbeitung dazwischen möglichst wenig zu behindern. Die Produktivität und Wirtschaftlichkeit solcher Systeme wurde für 40 beziehungsweise 70 Vogelkirsch- und Walnussbäume pro Hektare (Frucht- und Wertholzproduktion) auf Grün- und Ackerland berechnet.

Höhere Flächenproduktivität als Monokultur

Bäume und Unterkulturen konkurrieren im Agroforstsystem um Licht, Wasser und Nährstoffe. Das Kräfteverhältnis verschiebt sich mit der Zeit von den Kulturen hin zu den Bäumen. Dies zeigt auch der Ertrag der Unterkultur, der mit dem Wachstum der Bäume stets zurückgeht (Abb. 2).

Die Modellberechnungen ergaben, dass Agroforstsysteme eine bis zu 30 Prozent höhere Flächenproduktivität aufweisen als der räumlich getrennte Anbau von zum Beispiel Getreide in Monokultur und Holz aus dem Wald. Dass im Agroforstsystem mehr Biomasse pro Fläche produziert wird, beruht auf der effizienteren Nutzung der Ressourcen im Vergleich zur Monokultur. Denn Bäume wachsen in die Höhe und nützen somit den Raum stärker aus als Ackerkulturen. Auch erschliessen die

Zusammenfassung

Bäume erbringen in der Agrarlandschaft wichtige Umweltleistungen. Trotzdem verschwinden sie aus wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen aus dem Kulturland. Hier setzt moderne Agroforstwirtschaft an. Dabei werden Bäume auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Reihen gepflanzt, um die maschinelle Bearbeitung weniger zu behindern. ART hat das ökonomische und ökologische Potenzial moderner Agroforstsysteme für die Schweiz untersucht. Die Flächenproduktivität, Wirtschaftlichkeit und Umweltleistungen wurden anhand computergestützter Modelle berechnet. Es zeigte sich, dass Agroforstsysteme eine bis zu 30 Prozent höhere Flächenproduktivität als Monokulturen erreichen und langfristig gesehen wirtschaftlich konkurrenzfähig werden können. Auf fruchtbaren Ackerstandorten können Agroforstsysteme Bodenverluste um bis zu 78 % und Stickstoffauswaschung um bis zu 46 % reduzieren, sowie bis zu 133 Tonnen Kohlenstoff in 60 Jahren binden. In Interviews wurden Landwirte zu den Vor- und Nachteilen von Agroforstwirtschaft befragt. Die befragten Landwirte schätzen Agroforstsysteme als unproduktiv und nicht rentabel ein, sehen aber einen Nutzen für die Artenvielfalt und die Kulturlandschaft. Ausgehend von Pionierlandwirten müssten die vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten und wirtschaftlichen Optionen von Agroforstsystemen besser bekannt gemacht werden.

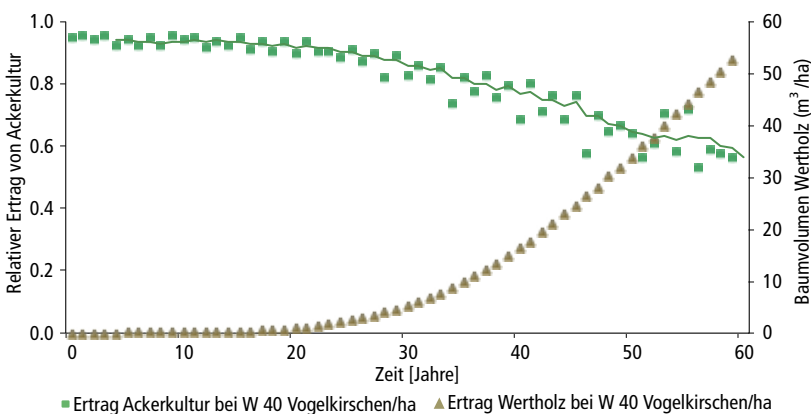


Abb. 2 | Die Entwicklung des relativen Ertrags von Ackerkultur und des Baumvolumens bei 40 Vogelkirschbäumen pro Hektare zur Wertholzproduktion. Der relative Ertrag der Ackerkultur bezieht sich auf den Ertrag, welcher ohne Bäume möglich wäre. Mit dem Wachstum der Bäume nimmt der Ertrag der Ackerkultur ab. Die Fruchtfolge im Acker ist Raps, Weizen, Kunstwiese, Weizen.

Tab. 1 | Kapitalwert der Wertholzproduktion von Vogelkirschen und der Wertholz- und Fruchtproduktion von Walnuss bei 40 oder 70 Bäumen pro Hektare auf Acker- oder Grünland unter Annahme jährlicher Beiträge von 15 Franken pro Baum.

Systeme W = Wertholz, F = Frucht 40 bzw. 70 Bäume/ha	Kapitalwert (CHF/ha) nach ... Jahren			Gewinnschwelle
	10	30	60	
Ackerbau bzw. ackerbauliche Unternutzung				
Acker-Monokultur	13 533	29 510	41 008	1. Jahr
W 40 Vogelkirschen/ha	10 182	24 579	35 763	3. Jahr
W 70 Vogelkirschen/ha	11 001	27 328	40 019	3. Jahr
W 40 Walnuss/ha	11 352	21 298	38 751	2. Jahr
W 70 Walnuss/ha	13 113	23 487	46 920	2. Jahr
F 40 Walnuss/ha	-1661	23 442	38 049	12. Jahr
F 70 Walnuss/ha	-7089	27 909	48 280	14. Jahr
Grünland bzw. futterbauliche Unternutzung				
Grünland-Monokultur	10 542	23 554	32 469	1. Jahr
W 40 Vogelkirschen/ha	7 903	23 106	36 629	3. Jahr
W 70 Vogelkirschen/ha	8 642	26 618	43 435	3. Jahr
W 40 Walnuss/ha	8 051	11 561	26 264	2. Jahr
W 70 Walnuss/ha	8 978	17 271	40 525	3. Jahr
F 40 Vogelkirschen/ha	-5338	18 914	37 829	17. Jahr
F 70 Vogelkirschen/ha	-12 242	19 894	46 674	20. Jahr
F 40 Walnuss/ha	-4439	16 322	29 361	15. Jahr
F 70 Walnuss/ha	-10 826	20 941	41 158	16. Jahr

Die Werte stammen aus Modellberechnungen mit einem Diskontierungssatz von 3,5 %. In den Anfangsjahren beschränken sich die Einnahmen auf die Unterkultur. Zudem fallen in den ersten Jahren die Pflanzkosten ins Gewicht. Dieser Verlust wird langfristig mit dem Zusatzeinkommen durch den Fruchtertrag bzw. das Sparkapital an Holz kompensiert. Die Gewinnschwelle gibt den Zeitpunkt an, ab welchem das System kostendeckend ist. Die Fruchtfolge im Acker ist Raps, Weizen, Kunstwiese, Weizen. Für detaillierte Angaben zur Vollkostenberechnung wird auf Kaeser, Sereke *et al.* (2010) verwiesen.

Baumwurzeln tiefere Bodenschichten und profitieren von Wasser und Nährstoffen ausserhalb des Wurzelraums der Kulturen (siehe auch Dupraz & Liagre 2008; Reeg *et al.* 2009).

Wirtschaftlich konkurrenzfähig mit Beiträgen

Die Wirtschaftlichkeit eines Agroförstsystems hängt in erster Linie von den Produktpreisen, den Direktzahlungen und von den jährlichen Kosten ab. Hinzu kommen die Investitionskosten respektive der Diskontierungssatz, mit welchem der Tatsache Rechnung getragen wird, dass der investierte Betrag auch auf dem Kapitalmarkt angelegt werden könnte. Anlage- und Pflegekosten liegen bei Bäumen zur Fruchtproduktion aufgrund des Aufwands für Pflege und Ernte höher als bei Wertholzbäumen. Denn Wertholzbäume müssen nur in den ersten

15 Jahren hochgeastet werden, um drei bis sechs Meter lange Stämme ohne Astlöcher zu erhalten. Sie brauchen später wenig Pflege.

Mithilfe von Modellen wurde die Wirtschaftlichkeit verschiedener an Schweizer Verhältnisse angepasster Systeme mit den Baumarten Vogelkirsche und Walnuss berechnet (Tab. 1). Systeme mit höherer Baumdichte (70 Bäume pro Hektare) sind tendenziell rentabler. Walnuss zur Frucht- oder Wertholzproduktion scheint sich besonders für die Kombination mit Ackerbau zu eignen. Auf Grasland können bereits geringere Pflanzdichten (40 Bäume pro Hektare) einen wirtschaftlichen Mehrwert bringen, wobei Vogelkirsche vorteilhafter als Walnuss erscheint.

Die ökologischen Direktzahlungen für Hochstamm-Obstbäume sind unabhängig vom Alter der Bäume und auch davon, ob die Hochstamm-Obstbäume der Frucht- oder Wertholzproduktion dienen. Für den ökologischen Ausgleich werden jährlich pro Baum 15 Franken bezahlt und eine Are kann als ökologische Ausgleichsfläche angerechnet werden. In Kombination mit Beiträgen für biologische Qualität und Vernetzung werden bis zu 50 Franken pro Baum und Jahr erreicht.

Gemäss den Modellberechnungen können gute Marktpreise für die Baumprodukte und Beiträge von 15 Franken moderne Agroförstsysteme langfristig gesehen ökonomisch konkurrenzfähig machen (Tab. 1). Bei höheren Beiträgen wird die Gewinnschwelle früher erreicht und das Agroförstsystem wirtschaftlich konkurrenzfähiger. Ein Risiko stellen die oftmals tiefen Preise für Baumprodukte bzw. die fehlenden Absatzmärkte für Hochstamm-Obst dar. Agroförstsysteme sind jedoch weniger stark von marktbedingten Erlösschwankungen der Ackerkultur betroffen als landwirtschaftliche Monokulturen. Der Grund hierfür liegt in der Produktdiversifizierung. Auch ist der Erntezeitpunkt von Holz relativ flexibel und kann auf Jahre mit guten Marktpreisen gelegt werden.

Für Boden-, Grundwasser- und Klimaschutz

Bäume erbringen wichtige Umweltleistungen im Boden-, Grundwasser- und Klimaschutz (Kaeser, Palma *et al.* 2010). Erosions- und Nitratprobleme bestehen in der Schweiz vor allem in den intensiv ackerbaulich genutzten Regionen des Mittellands (Prasuhn *et al.* 2007; Muralt u. Cornaz 2005). Dabei sind vor allem Flächen in Hanglagen erosionsgefährdet und die Tallagen wiederum eher von Nitratauswaschung ins Grundwasser betroffen.

In Reihen entlang der Höhenlinien gepflanzte Bäume mindern Bodenerosion, indem ihre Wurzeln die Erde an Ort und Stelle verankern und das Einsickern des Regenwassers in den Boden verbessern. Bäume können gemäss

Tab. 2 | Einfluss von Bäumen auf Bodenverluste, Stickstoffauswaschung und Kohlenstoffbindung nach Palma et al. (2006).

System	Ertragsarmer Standort	Fruchtbarer Standort
Durchschnittlicher jährlicher Bodenverlust [t/ha] auf stark erosionsgefährdeten Standorten (> 3 t/ha Erosion pro Jahr); Bewirtschaftung entlang der Höhenlinien (Prozentuale Verringerung der Bodenverluste in Klammern)		
Acker ohne Bäume	3,8 (100%)	4,5 (100%)
Acker mit 50 Bäumen/ha	1,4 (-63%)	1,1 (-76%)
Acker mit 113 Bäumen/ha	1,3 (-66%)	1,0 (-78%)
Durchschnittliche jährliche Stickstoffauswaschung [kgN/ha] während 60 Jahren auf intensiv genutztem Ackerland (Düngung > 100 kgN/ha) (Prozentuale Verringerung der Stickstoffauswaschung in Klammern)		
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%)
Kohlenstoffbindung in den Bäumen des Agroforstsystems nach 60 Jahren [t/ha]		
Acker ohne Bäume	0	0
Acker mit 50 Bäumen/ha	81	106
Acker mit 113 Bäumen/ha	112	133

Die Werte stammen aus Modellberechnungen für 42 zufällig ausgewählte Landschaften in Holland, Frankreich und Spanien.

den Modellberechnungen von Palma *et al.* (2006) auf fruchtbaren, intensiv genutzten Standorten die Bodenverluste um rund 80 Prozent reduzieren (Tab. 2). Die Anzahl der Bäume (50 und 113 pro Hektare) hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Bodenverluste.

Bäume schützen das Grundwasser vor Verunreinigungen durch Nitrat. Einerseits nehmen im Acker gepflanzte Bäume das vom Oberboden ausgewaschene Nitrat auf, indem sie unter den Kulturen wurzeln. Andererseits wird durch die Anlage von Baumstreifen dieser Teil der landwirtschaftlichen Fläche der Düngung entzogen. Die Reduktion der Nitratauswaschung ist gemäss Palma *et al.* (2006) auf fruchtbarem, intensiv genutztem Land und bei hoher Baumdichte am grössten (Tab. 2). Bei hoher Baumdichte wird die Unterkultur stärker beeinträchtigt und ihr Anbau somit früher eingestellt. Dadurch werden weniger Stickstoffdünger ausgebracht. Das Potenzial der Baumwurzeln, Stickstoff unterhalb der Kulturen aufzufangen, wurde in den Modellberechnungen nicht berücksichtigt.

Für den Klimaschutz leisten Bäume einen Beitrag, indem sie Kohlenstoff binden. Dieser kann in Holzmöbeln während mehrerer Jahrzehnte gespeichert werden. Auch Brennholz trägt als Ersatz fossiler Brennstoffe zum Schutz des Klimas bei (Briner *et al.* 2011). Bei 113 Bäumen pro Hektare wird insgesamt mehr Kohlenstoff gebunden als bei 50 Bäumen pro Hektare. Pro Baum wird im Modell mit 50 Bäumen aber mehr Kohlenstoff gebunden, weil die Bäume vergleichsweise stärker wachsen (Tab. 2).

Akzeptanz bei befragten Landwirten

Die Befragung von 50 zufällig ausgewählten Landwirten in der Deutsch- und Westschweiz zu den Vor- und Nachteilen von agroforstlichen Systemen ergab, dass diese mit modernen Agroforstsystemen nicht vertraut sind und sie als unproduktiv und nicht rentabel einschätzen. Sie sehen in den Bäumen aber einen Nutzen für die Artenvielfalt und die Kulturlandschaft. Den Landwirten gefallen Agroforstsysteme mit Fruchtproduktion auf Grünland am besten. Bäume auf Ackerland hingegen werden stark negativ bewertet. Von den Baumprodukten interessieren sich die Landwirte weder für Wertholz noch Energieholz im Kurzumtrieb sondern nur für die Früchte. Aber auch das Interesse an den Früchten ist nicht gross.

Den Landwirten zufolge hat es eher zu wenige Hochstamm-Bäume im Kulturland ihrer Gemeinde und der Schweiz. Von den befragten Landwirten würden 52 Prozent heute wieder Hochstamm-Bäume pflanzen, um Teile ihrer landwirtschaftlichen Fläche doppelt zu nutzen.

Wenn Landwirte Bäume pflanzen, dann einerseits aus ideellen Gründen wie zur Förderung der Artenvielfalt und Erhaltung der Kulturlandschaft, andererseits als Schattenspender für das Vieh und zur Selbstversorgung (Abb. 3). Auch Erscheinungsbild des Betriebs und Schutz vor Erosion spielen eine Rolle.

Kein Grund, um Bäume zu pflanzen, sind für 52 Prozent der befragten Landwirte die Beiträge. Von den befragten Landwirten erhalten 72 Prozent jährliche Beiträge für Hochstamm-Bäume, bei 48 Prozent sind es jährlich 15 Franken pro Baum. Die Beiträge für Hochstamm-Bäume reichen aus Sicht der befragten Landwirte nicht aus, um den Arbeitsaufwand zu decken. Den maximal möglichen Beitrag für Hochstamm-Bäume in ihrem Kanton kennen nach eigenen Angaben nur 26 Prozent der Landwirte.

Die eher skeptische Einstellung der zufällig ausgewählten Landwirte kontrastiert mit der Einschätzung der Teilnehmenden an einem Agridea-Kurs zu Agroforstwirtschaft (2010). Diese hatten sich grösstenteils bereits aus eigenem Antrieb mit dem Thema befasst. Einige von ihnen planten die Anlage von innovativen Agroforstsystemen oder hatten solche bereits angelegt. ➤

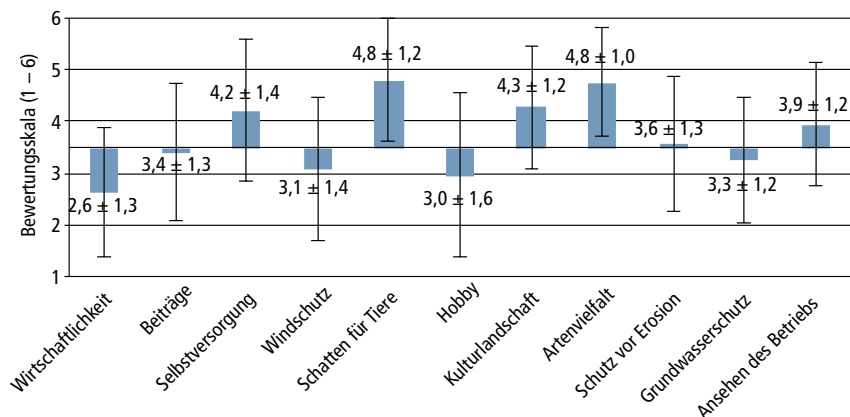


Abb. 3 | Gründe weshalb Landwirte Hochstamm-Bäume pflanzen. Es wurden 50 Landwirte in der Deutsch- und Westschweiz befragt, Mittelwerte gebildet und die Standardabweichungen berechnet. Die Bewertungsskala geht von 1 bis 6. Werte über 3,5 gelten als Motivation für das Pflanzen von Hochstamm-Bäumen.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Landwirtschaft steht vor der Herausforderung, in Zukunft mehr zu produzieren, um die Bedürfnisse der steigenden Weltbevölkerung zu decken. Gleichzeitig sollen die natürlichen Ressourcen geschont und der Zustand der Umwelt verbessert werden. Moderne Agroforstsysteme sind produktiver als landwirtschaftliche Monokulturen und erbringen wichtige Umweltleistungen. Dadurch können sie Teil der Lösung sein, um diese widersprüchlichen Anliegen zu befriedigen. Die Modellberechnungen zeigen, dass moderne Agroforstsysteme bereits unter den jetzigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich sein können.

Allerdings stehen viele Landwirtinnen und Landwirte der Idee, wieder vermehrt Bäume im Kulturland zu pflanzen, skeptisch gegenüber. Zu wenig bekannt sind die vielen Gestaltungsmöglichkeiten von Agroforstsystemen und die Tatsache, dass diese produktiv und langfristig gesehen rentabel sein können. So muss beispielsweise das Interesse an der Wertholzproduktion – trotz guter Marktpreise für Edelholz in Furnierqualität – erst geweckt werden. Dabei ist die Wertholzproduktion unkompliziert, benötigt keine Spezialmaschinen und kann auf Acker- und Grünland erfolgen. Auch sind Kombinationen von Frucht- und Wertholzproduktion möglich. In der Schweiz müsste die landwirtschaftliche Praxis einerseits bezüglich der Möglichkeiten, welche die Agroforstwirtschaft ihr bietet, besser informiert werden. Andererseits fehlen bisher Feldversuche mit Agroforstsystemen. Diesbezüglich wäre ein Monitoring von

bereits bestehenden innovativen Agroforstsystemen in Zusammenarbeit mit Pionierbetrieben sinnvoll.

Schwierige Absatzbedingungen für Hochstamm-Obst machen Agroforstsysteme mit Fruchtproduktion zurzeit eher für den Nischenmarkt attraktiv. Agroforstsysteme sind wirtschaftlich insbesondere im Zusammenhang mit Beiträgen für die biologische Qualität zu empfehlen. Das Pflanzen von Bäumen bedeutet eine namhafte Anfangsinvestition. Obstbäume kommen erst nach Jahren in den Vollertrag und Wertholz kann erst nach Jahrzehnten geerntet werden. Innovative Landwirte, die trotzdem Agroforstsysteme anlegen, zeichnen sich dadurch aus, dass sie etwas Neues ausprobieren wollen und Freude daran haben, mit Bäumen zu arbeiten. ■

Riassunto

Agrosilvicultura in Svizzera

Gli alberi nel paesaggio agricolo forniscono importanti prestazioni ecologiche. Ciò nonostante, per ragioni di natura economica e tecnico-aziendali, essi scompaiono dal paesaggio rurale. Questo è il punto d'inizio di una moderna agrosilvicultura. Di norma gli alberi sono piantati su terreni ad uso agricolo a filare, in modo da non intralciare le lavorazioni meccaniche. ART ha analizzato il potenziale economico ed ecologico dei moderni sistemi di agrosilvicultura in Svizzera. Attraverso modelli computerizzati sono stati calcolati la produttività delle superfici, la redditività e i benefici ambientali. Dai risultati è emerso che i sistemi di agrosilvicultura consentono di accrescere fino al 30 % la produttività delle superfici rispetto alle monocolture e che a lungo termine possono diventare economicamente competitivi. Sulle terre aperte fertili possono ridurre l'erosione del suolo fino al 78 % e il dilavamento dell'azoto fino al 46 %, nonché contribuire al sequestro di 133 tonnellate di carbonio nell'arco di 60 anni. Nell'ambito di sondaggi svolti gli agricoltori sono stati interpellati sui vantaggi e gli svantaggi dell'agrosilvicultura. Da quanto emerso i sistemi di agrosilvicultura sono ritenuti improduttivi e non redditizi, ma gli si attribuisce una certa utilità per la biodiversità ed il paesaggio rurale. Partendo dalle esperienze degli agricoltori pionieri in agrosilvicultura, sarebbe utile far meglio conoscere le sfaccettature multiple ed il potenziale economico dei sistemi di agrosilvicultura.

Literatur

- Atteslander P., Cromm J., Grabow B., Maurer A., Siebert G. & Zipp G., 1995. Methoden der empirischen Sozialforschung (8. bearb. Aufl.). Berlin; New York: de Gruyter.
- Briner S., Hartmann M. & Lehmann B., 2011. Sind Agroforstsysteme eine ökonomische Möglichkeit zur CO₂-neutralen Tierproduktion? *Agroforstwirtschaft Schweiz* 2 (1), 12–19.
- Dupraz C. & Liagre F., 2008. Agroforesterie: Des arbres et des cultures. Paris: La France Agricole.
- 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.
- Graves A.R., Burgess P.J., Palma J.H.N., Herzog F., Moreno G. *et al.*, 2007. Development and application of bioeconomic modelling to compare silvoarable, arable, and forestry systems in three European countries. *Ecological Engineering* 29 (4), 434–449.
- Kaeser A., Palma J., Sereke F. & Herzog F., 2010. Umweltleistungen von Agroforstwirtschaft. Die Bedeutung von Bäumen in der Landwirtschaft für Gewässer- und Bodenschutz, Klima, Biodiversität und Landschaftsbild. *ART-Berichte* 736, 1–12.
- Kaeser A., Sereke F., Dux D. & Herzog F., 2010. Moderne Agroforstwirtschaft in der Schweiz. Innovative Baumgärten: Produktivität und Wirtschaftlichkeit. *ART-Berichte* 725, 1–12.

Summary

Agroforestry in Switzerland

Trees in agricultural landscapes provide important benefits for the environment. Nevertheless, they are disappearing from cultivated land due to economic and operational reasons. In modern agroforestry systems, trees are planted in rows on agricultural land in order to facilitate mechanical operations. The economic and ecological potential of modern agroforestry systems in Switzerland was examined. Productivity per hectare, profitability and environmental benefits were estimated using computer-aided models. The results show an up to 30 % higher productivity (per unit area) of agroforestry systems compared to monocultures. In the long term, agroforestry systems can become profitable. On fertile arable land, they may reduce soil erosion by 78 % and nitrate leaching by 46 % as well as sequester up to 133 tons of carbon in 60 years. In interviews, farmers were questioned about their perception of benefits and disadvantages of agroforestry. Farmers rate agroforestry systems as non-productive and unprofitable. However, they admit a benefit for biodiversity and cultural landscape. Farmers need to be made aware of the many agroforestry designs and their economic potential, based on the experience of pioneer farmers.

Key words: alley cropping, timber and fruit production, *Prunus avium*, *Juglans regia*, erosion, nitrogen leaching, carbon sequestration, profitability.

- Krummenacher J., Maier B., Huber F. & Weibel F., 2008. Ökonomisches und ökologisches Potenzial der Agroforstwirtschaft. *Agroforstwirtschaft* 15(3), 132–137.
- Murali R. & Cornaz S. (2005). Nitratgehalte im Grundwasser der Schweiz. In: Herzog, F., Richner, W. (Hrsg.). Evaluation der Ökomassnahmen: Bereich Stickstoff und Phosphor. *Schriftenreihe der FAL* 57, 32–40.
- Palma J.H.N., Graves A.R., Bunce R.G.H., Burgess P.J., de Filippi R. *et al.*, 2006. Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119, 320–334.
- Prasuhn V., Liniger H.P., Hurni H. & Friedli S., 2007. Bodenerosions-Gefährdungskarte der Schweiz. *Agroforstwirtschaft* 14 (3), 120–127.
- Reeg T., Bemann A., Konold W., Murach D. & Spiecker H., 2009. Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim: Wiley-Vch.
- van der Werf W., Keesman K., Burgess P., Graves A., Pilbeam D. *et al.*, 2007. Yield-SAFE: A parametersparse process-based dynamic model for predicting resource capture, growth and production in agroforestry systems. *Ecological Engineering* 29, 419–433.
- Walter T., Klaus G., Altermatt F., Ammann P., Birrer S. *et al.*, 2010. Landwirtschaft. In: Lachat T., Pauli D., Gonseth Y., Klaus G., Scheidegger C., Vittoz P., 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.