

# Baumreihen im Gemüsebau – silvoarabler Agroforst

**Autorinnen und Autoren:** Christina den Hond-Vaccaro, Sonja Kay, Felix Herzog

**Version:** 1 / Juni 2024

**Werden Bäume in den Gemüse- oder Ackerbau integriert, können Nährstoffverluste ins Grundwasser reduziert, wind- und niederschlagsbedingte Erosion verringert und die Bodenfruchtbarkeit erhöht werden. Moderne Agroforstsysteme mit Baumreihen erlauben weiterhin eine maschinelle Bearbeitung.**

Tabelle 1: Eckdaten der Massnahme

<b>Anwendungsgebiet</b>	Gemüsebau, Ackerbau
<b>Umsetzungsebene</b>	Landwirtschaftliche Betriebe mit Schwerpunkt Hortikultur, Beratung
<b>Wirkungsebene</b>	Feld, Landschaft
<b>Wirtschaftlichkeit</b>	Die Wirtschaftlichkeit der Massnahme ist variabel, keine allgemeingültige Aussage möglich
<b>Wirkungsziel</b>	Stickstoff (N), Phosphor (P)
<b>Unterkategorie Wirkungsziel</b>	Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ),
<b>Wirkungszeitraum</b>	Mittel- und langfristig
<b>Wirkung/Reduktionspotenzial</b>	Mittel (> 100 t N, > 10 t P), Höhe hängt vom Anbausystem und dessen Alter ab

## Wirkungsprinzip

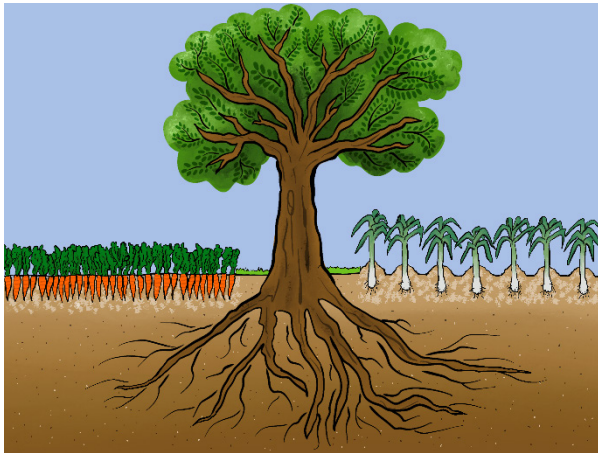
Bäume und Sträucher eines Agroforstsystems können einen grossen Beitrag zur Erhaltung der Bodengesundheit und damit zum Schutz vor Nährstoffverlusten leisten. Dies ist vor allem in ihrer Struktur und Dauerhaftigkeit begründet, welche die Entwicklung eines ausgeprägten Wurzelsystems erlaubt, das:

- den Boden festzuhalten vermag und damit vor Erosion, also Bodenverlust, schützt,
- tiefere Bodenschichten mit ihren dazugehörigen Nährstoffen erschliesst und dadurch den Düngbedarf der Gemüsekultur senkt,
- ein Sicherheitsnetz im Boden bildet, welches die Auswaschung von Nährstoffen senken kann, und
- durch die Wurzelausscheidungen das Bodenleben und den Aufbau von organischer Substanz, d.h. Kohlenstoffverbindungen, im Boden fördert.

Die Tiefgründigkeit des Wurzelsystems konnte anschaulich in einer Schweizer Fallstudie gezeigt werden, bei der das Wurzelsystem zweier alter Birnbäume in einem Acker mithilfe eines Bodenradargeräts untersucht wurde (Hugenschmidt und Kay, 2023). Es zeigte sich, dass die Birnbäume ihr Wurzelwerk der regelmässigen Bearbeitung mit dem Pflug angepasst und unterhalb des Pflughorizonts entwickelt hatten. Dort erstreckten sich die Wurzeln bis zu 6 m in der Horizontalen, unterhalb der Wurzeln der Kulturen (Abb. 1). Die Integration von Baumreihen eignet sich sowohl für den Acker- als auch den Gemüsebau. Das vorliegende Merkblatt richtet sich vorwiegend an den Gemüsebau, da hier der Stickstoff-Überschuss in der Regel am grössten und das Reduktionspotenzial besonders hoch ist.



Die Reduktion von Nährstoffverlusten durch Agroforstsysteme konnte in mehreren Feldstudien sowohl für Stickstoff als auch für Phosphor nachgewiesen werden (Bergeron et al., 2011; Schoumans et al., 2014; Wolz et al., 2018). Sie wird in der Praxis bereits von einigen Wasserwirtschaftsverbänden zur Reinhaltung des Grund- und Trinkwassers aktiv genutzt (Kaeser et al., 2010a) und ist in Listen für Massnahmen zur Reduktion der Verluste ins Trinkwasser enthalten (Frick et al., 2022). Für Emissionen wie Ammoniak und Lachgas, die in die Luft entweichen, können Agroforstsysteme ähnlich gute Reduktionen liefern.



*Abb. 1: Wurzelwerk unterhalb der Pflugsohle: Durch die regelmässige Bodenbearbeitung sind die Baumwurzeln gezwungen, sich unterhalb der Kultur auszubreiten. Sie besiedeln Bodenschichten, welche die Kulturpflanzenwurzel nicht erreicht, und bilden ein «Sicherheitsnetz» für Nährstoffe. Quelle: Agroscope, Noëlle Klein.*

Ein weiteres Wirkungsprinzip ist jenes der Höhen- und Kronenstruktur. Zum einen senken Gehölze als vertikale Barrieren in der Landschaft die Windgeschwindigkeit, was dem Abtrag von Boden durch Wind entgegenwirkt und das Abdriftrisiko senkt. Zum anderen wird durch das Kronendach und das dichte Blattwerk der Gehölze bei starken Niederschlägen viel Regen zunächst abgefangen und schliesslich zeitverzögert und mit geringerer Geschwindigkeit dem Boden zugeführt (den Hond-Vaccaro et al., 2024). Werden die Baumreihen quer zum Hang angelegt, so unterbrechen sie den oberflächlichen Wasserabfluss und damit die Wassererosion (Jäger, 2017).

#### **Vorteile/Synergien**

- Schutz vor Bodenabtrag (Wasser- und Winderosion)
- Schutz vor Nährstoffauswaschungen durch ein Sicherheitsnetz unter dem Wurzelhorizont der Gemüsekulturen
- Bessere Nährstoffverfügbarkeit durch den Erhalt der Bodenfunktionen und die Erschliessung tieferer Bodenschichten, dadurch insgesamt geringerer Düngebedarf der Gemüsekultur
- Höhere Nährstoffeffizienz, da sowohl Gemüsekulturen als auch Bäume und Sträucher von Düngegaben profitieren
- Mechanische Bearbeitbarkeit des Gemüsefeldes bleibt durch die Anordnung der Bäume und Sträucher in Reihen erhalten
- Höhere Flächennutzungseffizienz, d. h. dieselbe Fläche produziert mehr (und diversere) Erzeugnisse, als wenn sie in Monokultur bewirtschaftet werden würde
- Reduktion der Verdunstung und evtl. der Bewässerung
- Mit der Diversifizierung des Systems einhergehend ergibt sich eine höhere Resilienz

#### **Nachteile/Limitierungen/Zielkonflikte**

- Hohe Investitionskosten (v. a. Pflanzmaterial) und hoher anfänglicher Arbeitsaufwand bei der Anlage der Baumstreifen
- Kontinuierlicher Aufwand zur Pflege der Baumstreifen
- Höherer Anspruch an Know-how and Expertise
- Bei Obstgehölzen möglicher Zielkonflikt mit der Unterkultur hinsichtlich der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln (zeitliche Abstimmung zur Gewährleistung der Abwesenheit von Rückständen)
- Risiko von Mäuseaufkommen im Baumstreifen
- Ausreichende Tiefgründigkeit des Standorts ist Voraussetzung
- Nicht geeignet für Standorte mit intaktem Drainagesystem

### Interaktionen

- Positive Wechselwirkungen hinsichtlich Biodiversität durch die Bereitstellung von Nahrung und Habitat im Gehölzstreifen, wovon die Gemüsekulturen durch das erhöhte Vorkommen von Nützlingen (Bestäubern, natürlichen Feinden von Pflanzenschädlingen, bodenverbessernden Lebewesen wie Regenwürmern) profitieren
- Risiko der möglichen Abdrift von Pflanzenschutzmitteln innerhalb der Fläche mit zwei Systempartnern, insbesondere bei zeitgleich blühenden Obstbäumen und Gemüse; hier müssen Wartefristen zwischen Pflanzenschutzmitteleinsatz und Ernte eingehalten werden (Jäger, 2017)
- Frostschutz bei Frühlulturen durch eigenes Mikroklima

### Umsetzung: Aufwand/Ablauf/Anwendung/Durchführbarkeit

Die Anlage neuer Baumreihen ist zu Beginn mit Aufwand hinsichtlich Kosten und Arbeitszeit verbunden (siehe Absatz «Wirtschaftlichkeit»). Eine sorgfältige Planung im Vorfeld ist entscheidend für den Erfolg (siehe Absatz «Voraussetzungen»). Die Durchführbarkeit wird – unter Berücksichtigung der Planung und Voraussetzungen – als generell hoch eingeschätzt.

### Voraussetzungen/Bedingungen

Die erfolgreiche Umsetzung, Produktivität und Funktionalität von Agroforstsystemen haben folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Festlegung der Zielsetzung (Wertholzproduktion, Obstproduktion, Biodiversität und andere Ökosystemdienstleistungen)
- Anpassung an den Standort (Bodenbeschaffenheit, Topografie, bisherige Landnutzung, Ausrichtung des Systems) und an das Klima (Temperatur, Niederschlag, Wind)
- Wahl der Gehölzarten in Abhängigkeit von Standort und Zielsetzung
- Beratung durch Agroforstexpertinnen und -experten
- Evaluation der betriebseigenen Arbeitskapazitäten und Arbeitsbreiten der Maschinen
- Bereitschaft zum Erwerb von entsprechendem Know-how
- Evaluation des finanziellen Aufwands, Besitzverhältnisse

Zielsetzung: Die Wertholzproduktion verlangt einen langen Atem und kann als Kapitalanlage betrachtet werden. Die Bäume müssen in den ersten 15 Jahren hochgeastet werden, danach nimmt der Pflegeaufwand stark ab. Bei Obstbäumen bleibt der Aufwand für Pflege und Ernte hingegen gleich, Überlegungen zum Produkt (Mostobst, Tafelobst) und zur Vermarktung (Direktvermarktung) müssen bei der Planung berücksichtigt werden. Zielkonflikte im Pflanzenschutzbereich sind bei Werthölzern eher nicht zu erwarten, beim Obstbau hingegen schon.

Standorte mit intaktem Drainagesystem eignen sich nicht für Agroforstsysteme, da die Wurzeln der Bäume und Sträucher dieses beschädigen können. Staunasse Böden sind ebenfalls ungeeignet, da Kultur und Gehölze nur über einen geringen Wurzelraum verfügen und sich daher konkurrenzieren können. Eine Nord-Süd-Ausrichtung der Baumreihen wird empfohlen, um den Schattenwurf zu reduzieren; anderweitig ausgerichtete topografische Linien bzw. Bearbeitungsrichtungen des Feldes sollten berücksichtigt werden.

System: Die Wahl der Baum- bzw. Straucharten hat das (Mikro-)Klima des Standortes, die Zielsetzung, die Vereinbarkeit mit den Unterkulturen und den Pflegeaufwand zu berücksichtigen. Grundsätzliche Voraussetzung für die Umsetzung eines Agroforstsystems ist das Know-how bzw. die Bereitschaft zum Wissenserwerb hinsichtlich der Anlage und Pflege von Gehölzstreifen (auch in Hinblick auf personelle Arbeitskapazitäten), der Arbeitsbreiten der landwirtschaftlichen Maschinen, des finanziellen Aufwands und der Besitzverhältnisse.

## Bewertungen

### Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit von Agroforstsystemen hängt stark von den lokalen Standortbedingungen, den angebauten Pflanzen und der Managementpraxis ab (den Hond-Vaccaro et al., 2024). Die langfristigen Vorteile können sowohl ökologische als auch ökonomische Dimensionen umfassen. Da die Vielfalt an Kombinationen von Gemüsebau mit Baumstreifen gross ist und die Anlage eines Agroforstsystems eine langfristige Investition darstellt, fällt es schwer, generelle Aussagen zur Wirtschaftlichkeit zu treffen. Dies zudem, da sich die Rahmenbedingungen bezüglich Fördermöglichkeiten sowie Produktpreisen und Kosten für anfallende Arbeiten und Betriebsmittel laufend ändern. Je nach Baumdichte, Baumart, Unterkultur und Ertrags- bzw. Preisentwicklungen kann bereits sehr früh die Gewinnschwelle erreicht werden – oder auch erst nach 10 Jahren (Kaeser et al., 2010b).

Zu den Investitionskosten zählen alle Kosten für Pflanzgut, Schutzmaterial, Pflanzpfähle und Saatgut für den Grasstreifen sowie die Arbeitskosten. Insbesondere das Alter und die Art der gepflanzten Bäume beeinflussen die anfänglichen Kosten. So sind Laubbaumarten in Heisterqualität (ausgeprägter Mitteltrieb und Seitenbeastung) vergleichsweise günstig, veredelte Nussbäume hingegen teuer (den Hond-Vaccaro et al., 2024). Neben den Investitionskosten kommen – je nach Baumart – jährlich die Kosten für die Baumpflege hinzu.

Hochstamm-Feldobstbäume sind als Biodiversitätsförderflächen sowohl hinsichtlich biologischer Qualität als auch Vernetzung beitragsberechtigt (BLW, 2024), was sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt. Daneben gibt es private und öffentliche Förderprogramme für Agroforstsysteme. Die Markterträge können aufgrund der höheren Flächennutzungseffizienz höher liegen als im System ohne Bäume. Zudem bewirkt die Diversifizierung des Systems auch eine Diversifizierung der Produktpalette, d.h. sie führt zu einer höheren Resilienz, nicht nur gegenüber umweltbedingten Ertragsschwankungen, sondern auch gegenüber Marktpreisveränderungen.

### Reduktionspotenzial

Werden Agroforstsysteme gezielt auf Flächen angelegt, auf denen namhafte Stickstoff-Auswaschungsprobleme bzw. Phosphor-Abschwemmungsprobleme auftreten («Beitragende Flächen»), können sie einen bedeutenden Beitrag zur Reduktion dieser Emissionen leisten, wie Modellrechnungen zeigen (Kay et al., 2018). Das Potential der Reduktion von Stickstoff- und Phosphorverlusten ist nicht pauschal zu beziffern, da zahlreiche Faktoren (Klima, Standort, Pflanzdesign, Management) auf das Reduktionspotenzial von Agroforstsystemen einwirken. Eine umfassende Literaturstudie ergab, dass Baumwurzeln in Agroforstsystemen in der Lage sind, die Stickstoff- und Phosphorrückstände im Boden um 20 % bis 100 % zu reduzieren (Pavlidis und Tsihrintzis, 2018). In der Folge sind auch niedrigere Verluste durch Auswaschung, Abschwemmung und gasförmige Verluste wie Lachgas zu erwarten.

### Erfolgs-/Qualitätskriterien

Quantifizierbar ist die erfolgreiche Umsetzung von silvoarablen Agroforstsystemen mit einer messbaren Reduktion von Stickstoff- und Phosphorauswaschungen ins Grund- bzw. Bodenwasser. Ausserdem sind die im Boden verfügbaren Nährstoffe, inklusive des Anteils organischen Kohlenstoffs, wichtige Indikatoren für einen möglicherweise reduzierten Düngebedarf einerseits und zum Aufbau von Humus als Kenngrösse der Bodengesundheit andererseits. Eine weitere Kenngrösse ist eine verringerte Erosion bzw. erhöhte Bodenstabilität.

### Stakeholder-Perspektiven

Das Interesse an Agroforstsystemen in der Schweiz nimmt stetig zu. Aufgrund hoher Investitionskosten und langfristigen Verpflichtungen wird das Potenzial für Agroforstsysteme aber derzeit noch nicht voll ausgeschöpft. Sollen moderne Agroforstsysteme aus der Nische kommen und breit in der Praxis angewendet werden, braucht es eine Förderung der Umsetzung und Beratung. Grundlagen dafür werden zurzeit im Ressourcenprojekt «Agro4esterie» erarbeitet, an dem sich 100 Landwirtinnen und Landwirte in den Kantonen Genf, Waadt, Neuenburg und Jura beteiligen. Zudem finden sich Agroforstsysteme als Massnahme in der Klimastrategie des Bundes ab 2030.

## Fazit

Der Gemüsebau kann massgeblich von der Integration von Bäumen und Sträuchern in Form moderner Agroforstsysteme profitieren. Durch die Erziehung eines ausgeprägten Wurzelsystems unterhalb der Gemüsekulturen können Stickstoff- und Phosphorverluste reduziert werden – neben anderen positiven Wechselwirkungen, die zur Gesunderhaltung des Bodens beitragen.

## Weitere Informationen

### Enthalten in...

Webseite von Agroscope (inkl. Ressourcenprojekt «Agro4esterie»): [www.agroscope.ch/agroforst](http://www.agroscope.ch/agroforst)

Webseite der IG Agroforst: [www.agroforst.ch](http://www.agroforst.ch)

Webseite von AGROMIX: [www.agromixproject.eu](http://www.agromixproject.eu)

Webseite von DigitAF: [www.digitaf.eu](http://www.digitaf.eu)

Frick H., Bischoff W.-A., Liebisch F. (2023). Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschung ins Grundwasser: Regionalisierter Massnahmenkatalog für das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE). Agroscope Science 147, 1–134. <https://doi.org/10.34776/as147q>

## Literatur

- Bergeron, M., Lacombe S., Bradley R.L. et al. (2011). Reduced soil nutrient leaching following the establishment of tree-based intercropping systems in eastern Canada. *Agroforestry Systems* 83, 321–330. <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9402-7>
- den Hond-Vaccaro C., Herzog F., Schoop J., Nilles L., Jäger M., Kay S. (2024). *Agroforstpraxis in der Schweiz. Verwurzelt im Wandel*. 1. Auflage, ISBN: 978-3-258-08366-7. Haupt Verlag, Bern.
- Hugenschmidt J., Kay S. (2023). Unmasking adaption of tree root structure in agroforestry systems in Switzerland using GPR. *Geoderma Regional* 34, e00659. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00659>
- Jäger M. (2017). *Agroforstsysteme – Hochstamm-, Wildobst- und Laubbäume mit Kulturpflanzen kombinieren*. Broschüre, AGRIDEA, Art.-Nr. 3048.
- Kay S., Crous-Duran J., García de Jalón S., Graves A., Palma J.H.N., Roces-Díaz J.V., Szerencsits E., Weibel R., Herzog F. (2018). Landscape-scale modelling of agroforestry ecosystems services in Swiss orchards: a methodological approach. *Landscape Ecology* 33(9), 1633–1644. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0691-3>
- Kaesler A., Palma J., Sereke F., Herzog F. (2010a). Umweltleistungen von Agroforstwirtschaft. Die Bedeutung von Bäumen in der Landwirtschaft für Gewässer- und Bodenschutz, Klima, Biodiversität und Landschaftsbild. ART-Bericht 736. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/25675>
- Kaesler A., Sereke F., Dux D., Herzog F. (2010b). Moderne Agroforstwirtschaft in der Schweiz. Innovative Baumgärten: Produktivität und Wirtschaftlichkeit. ART-Bericht 725. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/21764>
- Pavlidis G., Tsihrintzis V.A. (2018). Environmental Benefits and Control of Pollution to Surface Water and Groundwater by Agroforestry Systems: a Review. *Water Resource Management* 32, 1–29. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1805-4>
- Schoumans O. F., Chardon W. J., Bechmann M. E. et al. (2014). Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: A review. *Science of the Total Environment* 468-469, 1255-1266. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.061>
- Seitz B., Carrard E., Burgos St., Tatti D., Herzog F., Jäger M., Sereke F. (2017). Erhöhte Humusvorräte in einem siebenjährigen Agroforstsystem in der Zentralschweiz. *Agrarforschung Schweiz* 8 (07–08), 318–323. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/44707>
- Wolz K.J., Branham B.E., DeLucia E.H. (2018). Reduced nitrogen losses after conversion of row crop agriculture to alley cropping with mixed fruit and nut trees. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 258, 172–181. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.024>

## In Zusammenarbeit mit:



## Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich <a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>
Series Editor	Frank Liebisch
Download	<a href="http://www.agroscope.ch/naehrstoffverluste">www.agroscope.ch/naehrstoffverluste</a>
Copyright	© Agroscope 2024

## Haftungsausschluss

Agroscope schliesst jede Haftung im Zusammenhang mit der Umsetzung der hier aufgeführten Informationen aus. Die aktuelle Schweizer Rechtsprechung ist anwendbar.