

# Themenblatt Nr. 7: **Konkurrenz- und Synergieeffekte in Agroforstsystemen**





**Herausgeber:**

Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V.  
Karl-Liebknecht-Straße 102 - Haus B, 03046 Cottbus  
Tel.: +49 (0) 355 752 132 43  
Mail: [info@defaf.de](mailto:info@defaf.de)  
Internet: [www.defaf.de](http://www.defaf.de)

Februar 2024  
1. Auflage  
Autorin: Sarah Heyen  
Design: DeFAF e.V.



Copyright Fotos: Titelseite oben: J. Günzel, unten links: R. Hübner, unten rechts: C. Böhm; S.3: C. Böhm, S. 4: R. Hübner; S. 8: R. Hübner; S. 11 von oben nach unten: R. Hübner, Lignovis GmbH, D. Freese; S. 13: Lignovis GmbH; S. 15: J. Günzel; S. 18 und 19: C. Böhm; S. 20: J. Günzel



Diese Publikation ist im Rahmen des Projektes AgroBaLa, Teil der Initiative Land-Innovation-Lausitz, im Programm „WIR! – Wandel durch Innovation in der Region“ entstanden. Dieses wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 03WIR3006D gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



**IL Land-Innovation-Lausitz**

**wir!** Wandel durch  
Innovation  
in der Region

## Einführung

Die Produktivität einer Pflanze hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie der Verfügbarkeit von Licht, Wasser und Nährstoffen. Diese können durch die Kombination von landwirtschaftlichen Kulturen und Bäumen positiv und negativ beeinflusst werden. Folglich ist die Produktivität eines Agroforstsystems abhängig von Synergie- und Konkurrenzeffekten zwischen der landwirtschaftlichen Kultur und den Gehölzen.

Innerhalb eines Agroforstsystems mit mehreren, in das Feld integrierten Gehölzstreifen können verschiedene Zonen definiert werden. Je nach Einfluss des Systems auf ackerbaulich relevante Faktoren, wie z.B. die Lichtverfügbarkeit, überwiegen in diesen Zonen Konkurrenz- oder Synergieeffekte (Abbildung 1). So verfügt ein entgegen der Hauptwindrichtung ausgerichtetes System bei jedem Gehölzstreifen über eine Lee- (windabgewandte) und eine Luv- (windzugewandte) Seite. Der Nahbereich der Lee-Seite ist die am stärksten von Konkurrenz zwischen den Gehölzen und landwirtschaftlichen Kulturen betroffene Zone (Konkurrenzzone). Hieran anschließend folgt eine Zone, die von den positiven Effekten des Systems profitiert, aber von den negativen Effekten quasi unberührt ist (Synergiezone). Wenn sich hiernach kein weiterer Gehölzstreifen anschließt oder ein solcher erst in größerer Entfernung auftritt, folgt eine Zone, in der die Agroforstgehölze keinen Einfluss auf die landwirtschaftlichen Kulturen ausüben. Wobei innerhalb eines Agroforstsystems diese Zone in der Regel nicht auftritt, da die Gehölzstreifen in vergleichsweise geringen Distanzen gepflanzt werden. Vor dem nächsten Streifen, auf der Luv-Seite, entsteht ebenfalls eine durch Konkurrenz geprägte Zone (Abbildung 1).



Die genannten Konkurrenzonen auf der Luv- und Lee-Seite des Streifens sind meist nur wenige Meter breit, je nach Gestaltung des Systems. Sie sind insbesondere von direkter Wurzelkonkurrenz um Wasser und Nährstoffe geprägt, als auch von der Beschattung durch die Gehölze. In der Synergiezone hingegen tritt keine Beschattung und keine direkte Konkurrenz im Wurzelbereich auf. Dementsprechend überwiegen hier die positiven Wirkungen des Agroforstsystems.

Dieses Themenblatt wird sich im Detail mit den oben genannten möglichen Konkurrenz- und Synergieeffekten beschäftigen. Es wird erläutert, woraus diese entstehen, wie positive Effekte verstärkt und negative Effekte minimiert werden können. Alle im Folgenden erwähnten Effekte eines Agroforstsystems, die zu Verbesserungen oder Verschlechterungen der Wachstumsbedingungen beitragen, sind im Vergleich zu einem klassisch bewirtschafteten Feld ohne integrierte Gehölze zu sehen.

## Wichtige Faktoren für das Pflanzenwachstum

Viele verschiedene Faktoren, die über die Produktivität einer Pflanze entscheiden, werden in einem Agroforstsystem beeinflusst. Über eine optimale Gestaltung des Systems können diese daher positiv verändert und Konkurrenzeffekte minimiert werden. Oberirdisch zählen zu jenen Faktoren insbesondere das Mikroklima und seine komplex interagierenden Komponenten, sowie unterirdisch die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit [1]. Darüber hinaus ist ein intaktes Ökosystem mit einem möglichst hohen Maß an Biodiversität wichtig, um eine möglichst hohe Resilienz gegenüber Umwelteinflüssen aufzuweisen.

### Mikroklima

Das Mikroklima wird unter anderem durch die Windgeschwindigkeit, die Lichteinstrahlung, die Luftfeuchtigkeit und die Lufttemperatur geprägt, welche sich gegenseitig beeinflussen. So verändert der durch den Gehölzstreifen entstehende Windschutz die Luftströmungen auf der Ackerfläche und reduziert die Windgeschwindigkeit. Dies hat Einfluss auf die Luftfeuchtigkeit, sowie die Lufttemperatur. Um dies zu veranschaulichen wird in Abbildung 1 verdeutlicht, wie die Luftströmung bzw. der Wind bei regelmäßig wiederkehrenden Gehölzstreifen über die Bäume geleitet wird, so dass er nicht wieder in voller Stärke in Bodennähe gelangt. Infolgedessen wird der Austausch der Luft in Bodennähe reduziert und die Luft hat mehr „Zeit“ sich mit Feuchtigkeit anzureichern, wodurch die relative Luftfeuchtigkeit erhöht werden kann. Um Temperaturextreme zu verhindern ist allerdings auch in Bodennähe ein Mindestmaß an Luftaustausch notwendig. Dies wird durch eine ausreichende Durchlässigkeit des Gehölzstreifens gewährt (siehe Abschnitt "Durchlässigkeit") [2; 3].



Zweitens ist die Lichteinstrahlung bzw. Lichtverfügbarkeit wichtig für das Wachstum einer Pflanze. Die durch den Gehölzstreifen entstehende Beschattung reduziert die photosynthetisch aktive Strahlung, welche eine Pflanze zum Wachstum benötigt, und kann daher zu Ertragsminderungen führen [1]. Andererseits bedeutet die Reduktion von Sonneneinstrahlung eine geringere Erwärmung der Luft und des Bodens [2; 3]. Von der Beschattung profitiert auch die Tierhaltung. So sind die Tiere weniger stark Temperaturextremen ausgesetzt und haben Rückzugsmöglichkeiten unter den Bäumen oder im Gehölzstreifen.

Drittens spielt die Luftfeuchtigkeit eine wichtige Rolle für die Produktivität einer Pflanze. So ist

die relative Luftfeuchtigkeit durch geringere Windgeschwindigkeiten und gesenkte Temperaturen im Nahbereich des Gehölzstreifens häufig höher. Eine erhöhte Luftfeuchtigkeit bewirkt wiederum eine verringerte Verdunstung des Bodens (Evaporation) sowie eine verringerte Verdunstung der Ackerkultur (Transpiration). Im Vergleich zu einer Freifläche wird somit in einem Agroforstsystem der Stress um Wasser für die Ackerkulturen gemindert [3]. Allerdings könnte eine höhere Luftfeuchtigkeit auch auf eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Pilzbefall schließen lassen. Auf Grundlage der bisherigen Erfahrungen aus der Praxis konnte dies bislang jedoch nicht bestätigt werden.

Letztlich wird die Lufttemperatur von allen vorangegangenen Faktoren beeinflusst. Ein Agroforstsystem kann einen kühlenden Effekt erzeugen, der insbesondere durch die erhöhte Transpiration der Bäume sowie durch die Beschattung entsteht. Der Grund dafür ist, dass während der Verdunstung von Wasser Wärme verbraucht wird, weshalb sich die Luft bei erhöhter Transpiration abkühlt. Ein zu geringer Luftaustausch kann – wie erwähnt – die Lufttemperatur jedoch auch erhöhen [2-4].

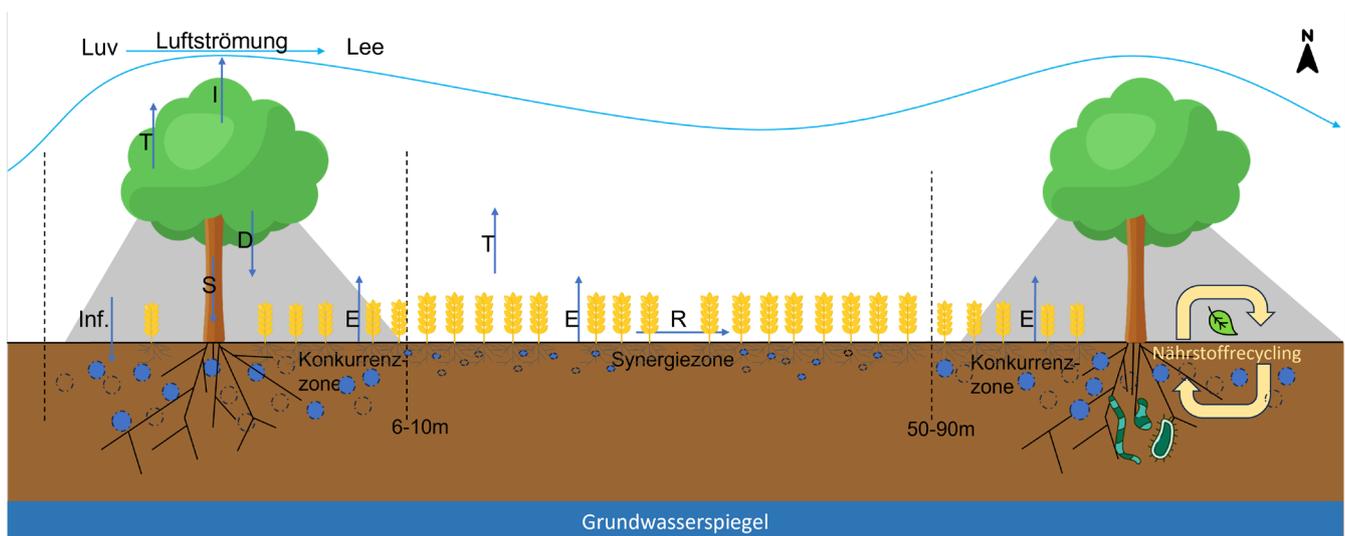


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Agroforstsystems und seinen Zonen, bestehend aus Getreide und Bäumen, inklusive Luftströmungen, Windrichtung, Wasserhaushalt (I=Interzeption, T= Transpiration, D= durchfallender Niederschlag, S= Stammabfluss, E= Evaporation, Inf.= Infiltration, R= Run-off (Oberflächenabfluss)), Porenräume ((blaue) Kreise groß/klein) und Himmelsrichtung (Diese Grafik wurde unter Verwendung von Ressourcen von smashigstocks, mikan933 und Muhammed\_Usman von Flaticon.com erstellt)



### Weiterführende Informationen:

- > Jacobs, S. R. et al. (2022): Modification of the microclimate and water balance through the integration of trees into temperate cropping systems. *Agricultural and Forest Meteorology* 323, 109065; [doi:10.1016/j.agrformet.2022.109065](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109065)
- > Böhm, C. & Tsonkova, P. (2018): Effekte des Agrarholzanbaus auf mikroklimatische Kenngrößen. In: *Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft* (Hrsg. Veste, M. & Böhm, C.), 335–389, Springer Berlin Heidelberg. [doi:10.1007/978-3-662-49931-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-662-49931-3_11)

## Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit

Unterirdisch ist die Bedeutung der Wurzeln hervorzuheben. Verschiedene Kriterien entscheiden hierbei, inwieweit die Pflanzen in Konkurrenz stehen oder sich positiv beeinflussen. Somit kann ein Agroforstsystem also nicht nur das Mikroklima, sondern auch die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit einer Ackerfläche beeinflussen [4; 5].

Beginnend mit der Wasserverfügbarkeit sind wichtige Größen des Wasserhaushalts die Evapotranspiration (Summe aus Evaporation und Transpiration), das verfügbare Grundwasser und der Niederschlag. Wie oben erläutert wird insbesondere die Verdunstung des Bodens verringert, wodurch der Boden weniger trocken ist und eine höhere Wasseraufnahmefähigkeit aufweist. Je nach Grundwasser- und Wurzeltiefe ist das Wasser für einige Pflanzen, unter anderem für viele Ackerkulturen, nicht zu erreichen [3; 5].

Des Weiteren beeinflusst der Gehölzstreifen auch die Verteilung des Niederschlags. Inwieweit Niederschlag den Boden erreicht, hängt davon ab, wie viel des Niederschlages durch Vegetation aufgehalten wird (Interzeption), am Stamm der Bäume herabfließt (Stammabfluss) oder durch die Vegetation hindurch direkt auf den Boden trifft (durchfallender Niederschlag) (siehe Abbildung 1). Infolge der Interzeption geht den Pflanzen Wasser verloren, da es wieder verdunstet. Daraus resultiert unterhalb des Kronendaches weniger Niederschlag [3; 5]. Darüber hinaus sorgen die Verringerung der Windgeschwindigkeit sowie die Beschattung für eine erhöhte und verlängerte Taubildung im Nahbereich der Gehölze [2]. Außerdem kann im Bereich des Gehölzstreifens durch die verstärkte Durchwurzelung des Bodens sowie die Abwesenheit von Bodenbearbeitung eine verbesserte Infiltration und Wasserspeicherkapazität erreicht werden, da so der Verdichtung entgegengewirkt und das Porenvolumen des Bodens erhöht wird [5].

Hinsichtlich der Nährstoffverfügbarkeit von Pflanzen hängt diese mit einem komplexen Nährstoffkreislauf zusammen (Abbildung 2), welchen die Gehölzstreifen positiv beeinflussen können. Innerhalb des Nährstoffkreislaufes im Boden werden organisches Material (Blätter, abgestorbene Pflanzen etc.) mineralisiert, humifiziert, an die Atmosphäre freigegeben oder ausgewaschen. Zunächst muss dazu organisches Material durch Dekomposition von Bodenorganismen zerkleinert werden. In einem weiteren Schritt, der Mineralisierung, verarbeiten Bakterien und Pilze dieses Material in pflanzenverfügbare anorganische Verbindungen. Andererseits können im Prozess der Humifizierung die organischen Stoffe auch zu stabilen Bodenaggregaten gebunden werden, die über die Zeit den Humusgehalt im Boden erhöhen. Überschüssige Nährstoffe können aber auch ausgewaschen werden und so das Grundwasser und umliegende Gewässer verunreinigen. Ferner können sie an die Atmosphäre freigegeben werden, wobei häufig Lachgas entsteht, ein kritisches Treibhausgas. Solange Pflanzen wachsen und wieder absterben, bleibt der Kreislauf erhalten, doch durch die Ernte von Pflanzen werden dem Kreislauf Nährstoffe entzogen [6].

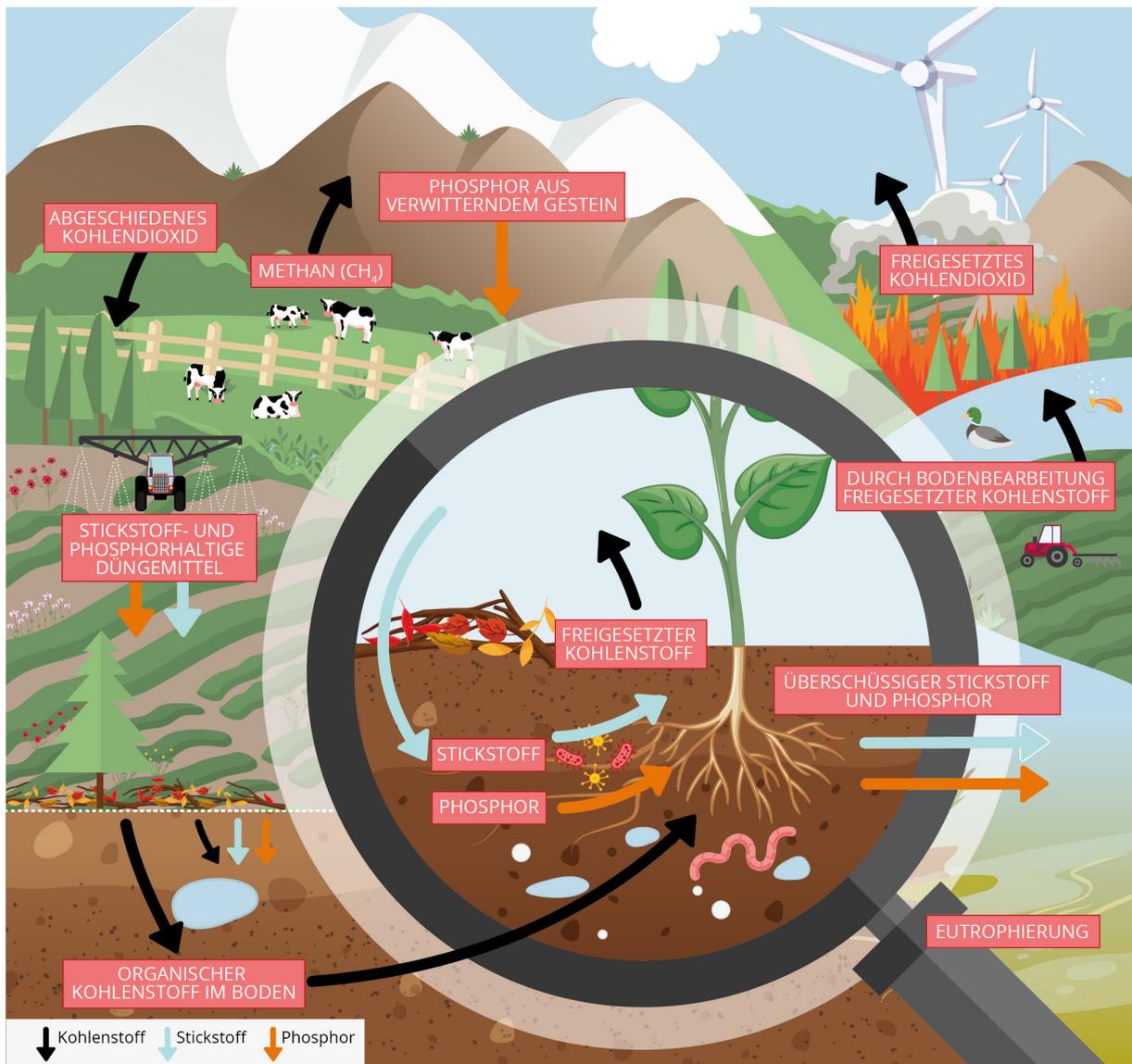


Abb. 2: Der Nährstoffkreislauf der Natur. Quelle: EUA-Signale 2019

Demzufolge können Gehölzstreifen eines Agroforstsystems durch ihre längere Standdauer auf dem Feld einen wichtigen Beitrag zu einem konstanten Nährstoffkreislauf leisten. Sie agieren als Nährstoffpumpe: Von den Bäumen aufgenommene Nährstoffe werden regelmäßig in Form von Streufall oder abgestorbenen Wurzeln wieder an den Boden abgegeben. Ihre Wurzeln erreichen meist tiefere Bodenbereiche als jene der Ackerkulturen, wodurch die Bäume für diese unerreichbare Nährstoffe über ihre Blätter zurück in obere Bodenbereiche transportieren und für eine natürliche Düngung sorgen [4]. Zudem erhöhen sie die Menge an organischem Material auf dem Feld, was die Aktivität von Mikroorganismen und die Produktion von Humus steigern kann [6]. Gleichzeitig wirken die Gehölzstreifen so einer Verhinderung der Auswaschung von Nährstoffen aus dem Boden entgegen. Ihre Wurzeln können Nährstoffe auffangen, die von der Ackerkultur nicht aufgenommen und dadurch ausgewaschen werden würden. So wird einem Verlust an Nährstoffen aus dem Kreislauf, sowie einer hierdurch verursachten Wasserverschmutzung entgegengewirkt. Insbesondere nach der Ernte der Ackerkultur kann – vor allem im Nahbereich der Gehölze – die Auswaschung von Nährstoffen vermindert werden [5; 6].

## Biodiversität

Sowohl unterirdisch als auch oberirdisch spielt die Biodiversität eines Agroforstsystems eine Rolle für Konkurrenz- und Synergieeffekte. Unterirdisch ermöglichen die tiefreichenden Wurzeln, dass Pilze, die in Symbiose mit den Baumwurzeln leben, in tiefere Bodenbereiche vordringen. Zudem erhöht sich durch die intensivere Durchwurzelung, aber auch durch eine höhere Aktivität von grabenden Bodentieren wie Regenwürmer das Porenvolumen im Boden, was dessen Wasserspeicherfähigkeit kontinuierlich verbessert. Doch nicht nur das Porenvolumen, auch die aktive Absonderung von Zuckern durch die Wurzeln in den Boden fördert Bakterien und Pilze, die essenziell für den Nährstoffkreislauf sind. Damit fördern Bäume die Mikro- und Makrofauna des Bodens, ein gesundes Bodenökosystem und damit auch den Humusaufbau [6].

Parallel sorgen auch oberirdisch die gesteigerte Arten- und Strukturvielfalt der Pflanzen sowie der Ruhebereich innerhalb des Gehölzstreifens (fehlende Bodenbearbeitung) für eine Steigerung der Biodiversität. Da der Boden nicht bearbeitet wird, kann dieser Bereich für viele Lebewesen, die bestimmte Entwicklungsstadien im oder auf dem Boden durchleben, als Rückzugsort und Überwinterungshabitat genutzt werden. Schlussendlich ist die Resilienz eines Systems gegenüber Umwelteinflüssen umso höher, je diverser es ist. Eine Steigerung der Biodiversität und der Anzahl an Organismen hat also vielfältige Vorteile. Unter anderem kann dies die natürliche Schädlingskontrolle durch Fressfeinde steigern, die Bestäubung und die Zersetzung von organischem Material erhöhen sowie zu einer besseren Bodenbelüftung und Wasseraufnahmefähigkeit beitragen. Dennoch kann die Förderung einiger Arten auch Nachteile haben (siehe Abschnitt "Abstand und Höhe der Streifen"). All jene positiven Funktionen eines artenreichen Ökosystems sorgen für einen klimaresilienten Ackerbau, der weniger kostenintensiver Bewirtschaftung bedarf, Extreme besser überdauern kann und auch in Zukunft noch hohe Erträge erwirtschaften wird [7; 8].



Parallel sorgen auch oberirdisch die gesteigerte Arten- und Strukturvielfalt der Pflanzen sowie der Ruhebereich innerhalb des Gehölzstreifens (fehlende Bodenbearbeitung) für eine Steigerung der Biodiversität. Da der Boden nicht bearbeitet wird, kann dieser Bereich für viele Lebewesen, die bestimmte Entwicklungsstadien im oder auf dem Boden durchleben, als Rückzugsort und Überwinterungshabitat genutzt werden. Schlussendlich ist die Resilienz eines Systems gegenüber Umwelteinflüssen umso höher, je diverser es ist. Eine Steigerung der Biodiversität und der Anzahl an Organismen hat also vielfältige Vorteile. Unter anderem kann dies die natürliche Schädlingskontrolle durch Fressfeinde steigern, die Bestäubung und die Zersetzung von organischem Material erhöhen sowie zu einer besseren Bodenbelüftung und Wasseraufnahmefähigkeit beitragen. Dennoch kann die Förderung einiger Arten auch Nachteile haben (siehe Abschnitt "Abstand und Höhe der Streifen"). All jene positiven Funktionen eines artenreichen Ökosystems sorgen für einen klimaresilienten Ackerbau, der weniger kostenintensiver Bewirtschaftung bedarf, Extreme besser überdauern kann und auch in Zukunft noch hohe Erträge erwirtschaften wird [7; 8].

Parallel sorgen auch oberirdisch die gesteigerte Arten- und Strukturvielfalt der Pflanzen sowie der Ruhebereich innerhalb des Gehölzstreifens (fehlende Bodenbearbeitung) für eine Steigerung der Biodiversität. Da der Boden nicht bearbeitet wird, kann dieser Bereich für viele Lebewesen, die bestimmte Entwicklungsstadien im oder auf dem Boden durchleben, als Rückzugsort und Überwinterungshabitat genutzt werden. Schlussendlich ist die Resilienz eines Systems gegenüber Umwelteinflüssen umso höher, je diverser es ist. Eine Steigerung der Biodiversität und der Anzahl an Organismen hat also vielfältige Vorteile. Unter anderem kann dies die natürliche Schädlingskontrolle durch Fressfeinde steigern, die Bestäubung und die Zersetzung von organischem Material erhöhen sowie zu einer besseren Bodenbelüftung und Wasseraufnahmefähigkeit beitragen. Dennoch kann die Förderung einiger Arten auch Nachteile haben (siehe Abschnitt "Abstand und Höhe der Streifen"). All jene positiven Funktionen eines artenreichen Ökosystems sorgen für einen klimaresilienten Ackerbau, der weniger kostenintensiver Bewirtschaftung bedarf, Extreme besser überdauern kann und auch in Zukunft noch hohe Erträge erwirtschaften wird [7; 8].



### Weiterführende Informationen

Das Thema Biodiversität wird u. a. in zwei weiteren [Themenblättern des DeFAF e.V.](#) im Detail behandelt:

[Themenblatt Nr. 5:](#) Förderung von bestäubenden Insekten durch Agroforstsysteme



[Themenblatt Nr. 6:](#) Bodenbiodiversität in Agroforstsystemen





### Schon gewusst?

Ein weiterer möglicher Konkurrenzeffekt innerhalb eines Agroforstsystems kann die **Allelopathie** darstellen. Hierbei handelt es sich um eine Absonderung toxischer Chemikalien der Wurzeln in den Boden, die das Wachstum oder die Entwicklung anderer Pflanzen negativ beeinflussen. Dies kann vor allem von den Bäumen ausgehen. Für einige Pflanzen wie der Walnuss liegen hierzu umfangreiche Studien vor. Für andere Arten gibt es jedoch nur wenige Studien und nur selten wurden derartige Probleme in Agroforstsystemen berichtet. Außerdem sind nur bestimmte Kulturen gegenüber den ausgeschiedenen Stoffen anfällig. Zudem beschränkt sich dieser Effekt auf wenige Meter auf beiden Seiten des Gehölzstreifens [1; 4].

## Gestaltungskriterien

Insgesamt zeigt sich, dass Agroforstsysteme in vielerlei Weise die angrenzende Ackerkultur beeinflussen. Inwiefern innerhalb eines Agroforstsystems Konkurrenzen oder Synergien entstehen, hängt maßgeblich von der Gestaltung des Systems ab, die sich unterschiedlich auf wichtige Faktoren des Pflanzenwachstums auswirkt und über die Lage der oben beschriebenen Zonen entscheidet. Von großer Bedeutung sind dabei die Ausrichtung, die Durchlässigkeit, der Abstand und die Höhe der Streifen sowie die gewählte Art und Sorte der Bäume und der Ackerkultur.

### Ausrichtung des Streifens

Bei der Gestaltung eines Agroforstsystems sollte zuerst über die Ausrichtung der Gehölzstreifen entschieden werden. Die Ausrichtung ist insbesondere von der Hauptwindrichtung abhängig, welche in Deutschland West/Süd-West ist. Ein optimaler Windschutz wird daher bei einer Ausrichtung entlang der Nord-Süd-Achse des Feldes erreicht. Hierbei kann nicht nur der Wind maximal gebremst, sondern auch die Beschattung der Ackerkultur minimiert werden [2; 3; 9].

Die Reduktion der Windgeschwindigkeit führt dabei zu einer Verminderung von Bodenerosion durch Wind [10]. Darüber hinaus mindert die reduzierte Windgeschwindigkeit mechanischen Stress für die Ackerkultur, wodurch eine Anpassung durch ertragsreduzierende Wachstumsmuster (Phänotyp, z.B. Größe, Gewicht) abgemildert oder sogar vollständig vermieden wird [3]. Am stärksten ist die Windreduktion in der Konkurrenzzone ausgeprägt und nimmt mit zunehmendem Abstand vom Streifen auf der Lee-Seite ab (siehe auch Abschnitte "Durchlässigkeit" und "Abstand und Höhe der Streifen"). Des Weiteren kann die vorhandene Beschattung besonders in der Konkurrenzzone eine Schneeschmelze im Frühjahr verzögern. Dies wirkt sich positiv auf die Bodenfeuchtigkeit aus und kann positive Effekte auf den Ertrag der Ackerkultur haben [2].

Trotz optimaler Ausrichtung sind negative Effekte innerhalb der Konkurrenzzone nicht zu vermeiden. So lässt sich die Beschattung bei einer Ausrichtung entlang der Nord-Süd-Achse zwar minimieren, ist aber dennoch vorhanden und kann daher, neben den in Abschnitt "Mikroklima"

erwähnten positiven Effekten, zu Ertrags- oder Qualitätsminderungen sowie zu einer unterschiedlichen Entwicklung der Ackerkultur führen. Dies ist besonders innerhalb der Konkurrenzzone ausgeprägt. Zudem kann die Verzögerung der Schneeschmelze auch ein Absterben oder Faulen von Wintergetreide hervorrufen, da das Getreide unterhalb des Schnees an Sauerstoffmangel leidet [2]. Auch dieser Effekt ist am stärksten in der Konkurrenzzone zu erwarten.

Nicht immer können die Gehölzstreifen, z.B. wegen ungünstiger Flächenzuschnitte, entlang der Nord-Süd-Achse angelegt werden. In solchen Fällen ist zu beachten, dass sich in Abhängigkeit der Ausrichtung auch die Lage und Ausdehnung der Konkurrenzzone sowie der mikroklimatischen Effekte ändert. So führt eine Ost-West-Ausrichtung zu einer starken Beschattung auf der Nordseite der Bäume und zu einer starken Besonnung auf der Südseite, wodurch sich die mikroklimatischen Unterschiede auf der Fläche verstärken [11]. Wie intensiv die Beschattung auf der Nordseite ist, hängt vor allem von der Höhe und Durchlässigkeit der Bäume und des Streifens ab. Dessen ungeachtet sind die negativen Effekte aufgrund der ganztägigen Beschattung auf der Nordseite stärker ausgeprägt als in den östlich und westlich gelegenen Randbereichen von Nord-Süd-ausgerichteten Gehölzstreifen. Um ein solches System auch mit gängigen Ackerkulturen nutzen zu können, müssen die Abstände zwischen den Gehölzstreifen, je nach Baumhöhe, entsprechend groß gewählt werden. Außerdem kann der beschattete Bereich für besonders schattentolerante Arten bzw. Sorten genutzt werden (siehe Abschnitt "Art und Sorte" und Beispiel "Schnellwachsende Gehölze und Getreide"), um negative Effekte zu minimieren oder für diese Pflanzen sogar eine höhere Ertragsstabilität zu erreichen.

### **Durchlässigkeit**

Einfluss nimmt die Durchlässigkeit direkt auf die Windgeschwindigkeit, die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Lichtverfügbarkeit [2]. Abhängig ist die Durchlässigkeit eines Gehölzstreifens von der Dichte der Pflanzung sowie vom Ernteintervall. Bezüglich der Lichtverfügbarkeit spielt ebenso die Baumkronendichte eine Rolle.

Beginnend mit der Dichte der Pflanzung sind zum einen der Abstand zwischen den Reihen eines Streifens zu beachten und zum anderen der Abstand zwischen den Bäumen einer Reihe. Die Baumdichte eines Agroforstsystems kann von vereinzelt Bäumen bis hin zu dichten buschartigen Baumstreifen reichen.

Anhand von drei Agroforst-Varianten, die im Folgenden kurz beschrieben werden, kann beispielhaft von Variante eins zu drei eine konstante Zunahme der Dichte aufgrund unterschiedlicher Anlagesysteme und verschiedener Gehölze gezeigt werden:

- **Die erste Variante stellt einreihige Gehölzstreifen dar, in welchen große Abstände zwischen den einzelnen Stammholz-Bäumen, wie z.B. Walnuss zur Wertholzproduktion, vorzufinden sind.**

- **Variante zwei setzt sich aus zweireihigen Streifen mit bereits dichter gepflanzten Bäumen, wie beispielweise Pappeln oder Eichen zur industriellen Verwertung, zusammen.**
- **Die dritte Variante besteht aus vierreihigen Streifen mit geringen Abständen zwischen buschartig gewachsenen Bäumen, welche im Kurzumtrieb genutzt werden.**



Abb. 3: Beispiele für Varianten 1 bis 3 (von oben nach unten)

Von Variante eins bis drei nimmt dabei die Durchlässigkeit konstant ab und mit ihr der Windschutz zu. Allerdings ist in den Varianten eins und zwei aufgrund der Stammstruktur eine hohe Durchlässigkeit in Bodennähe gegeben, wodurch hier insbesondere im gehölznahen Bereich ein geringer Windschutz gewährleistet ist. Doch durch zusätzliche Sträucher zwischen den Bäumen solcher Systeme kann die Durchlässigkeit in Bodennähe reduziert werden. Auf diese Weise kann in Variante eins und zwei eine ebenso geringe Durchlässigkeit und damit ein ebenso starker Windschutz wie in Variante drei erreicht werden. In verschiedenen Studien wird für die Erbringung einer optimalen Schutzfunktion eine gleichmäßige Durchlässigkeit von 40-60 % angegeben. Hierbei ist die Prozentangabe nicht mit einem gehölzfreien Bereich gleichzusetzen. Vielmehr weisen auch dichter wirkende Strukturen eine vergleichsweise hohe Durchlässigkeit auf [3; 12].

Eine optimale Durchlässigkeit erreicht das richtige Maß an Windreduktion und beeinflusst so auch die anderen Komponenten des Mikroklimas positiv (Temperatur, Luftfeuchtigkeit). Ein besseres Mikroklima führt dazu, dass Trockenphasen besser überdauert werden können, unter anderem da der Boden langsamer austrocknet (geringere Evaporation). Ein besseres Mikroklima bedeutet folglich auch eine potentiell höhere Bodenfeuchte, wodurch Wasser besser vom Boden aufgenommen werden kann. Die verbesserte Wasseraufnahmefähigkeit mindert zudem Bodenerosion durch Wasser und Wind und somit das Wegspülen bzw. Auswaschen oder Wegwehen von Nährstoffen [2; 3]. Besonders stark ausgeprägt sind die beschriebenen Effekte in der Konkurrenzzone und nehmen mit zunehmenden Abstand vom Streifen ab, dennoch sind sie in der gesamten Synergiezone vorzufinden.

Wenn keine optimale Durchlässigkeit erreicht wird, sondern entweder die Bäume zu dicht gepflanzt sind oder einzelne große Lücken in ansonsten dichten Strukturen aufweisen, kann es zu negativen Effekten kommen. So können Gehölzstreifen mit einer sehr geringen Durchlässigkeit

im Nahbereich auf der Lee-Seite zu einer starken Reduktion der Windgeschwindigkeit führen. Hierdurch wird der Luftaustausch stark herabgesetzt, was Temperaturextreme begünstigen kann [2; 3].

Nachteilig kann sich auch eine partiell sehr hohe Durchlässigkeit des Streifens auswirken. Größere Lücken (z.B. durch Baumausfall), insbesondere bei ansonsten dichten Strukturen, können so eine Art Turbineneffekt auslösen, welcher im Umfeld der Lücke nicht nur den Wind beschleunigt, sondern auch zu Turbulenzen führt [3]. Diese Verwirbelungen können, im Vergleich zu einer Fläche ohne Strukturelemente, punktuell die Bodenerosion verstärken. Daher ist es wichtig in diesen Fällen die Lücken zu schließen und Bäume nachzupflanzen. Denn bei einer optimalen Durchlässigkeit können die beschriebenen negativen Effekte vermieden werden und treten dann in keiner Zone auf.

Darüber hinaus hat die Baumkronendichte einen Einfluss auf die Lichtverfügbarkeit und Interzeption durch die Bäume. Bäume haben unterschiedlich dichte Blätterdächer. So führen Bäume mit einem weniger dichten Kronendach zu weniger Beschattung und weniger Interzeptionsverlusten. Um die Kronendichte zu verringern können Baumkronen nach Bedarf gestutzt werden. Obgleich sich die Interzeption grundsätzlich negativ auf den Wasserhaushalt des Bodens auswirkt, kann dagegen die Interzeption von starkem Niederschlag Bodenverdichtung entgegenwirken [3]. Diese Effekte beschränken sich jedoch auf den Gehölzstreifen und die Konkurrenzzone.

Abschließend müssen die Ernteintervalle richtig gewählt werden, um eine optimale Durchlässigkeit möglichst konstant zu erhalten. Ernteintervalle des Gehölzstreifens sollten stets so lang wie möglich gewählt werden, um den Windschutz möglichst lange zu erhalten. Für schnellwachsende Gehölzarten wie Pappeln ist eine Rotationszeit von 6 bis 10 Jahren gängig. Hier können die Streifen oder die Bäume innerhalb eines Streifens in unterschiedlichen Intervallen geerntet werden [13]. So kann nur ein Teil des Streifens (z.B. die ersten 200 von 400 m Gehölzstreifen), nur einzelne Streifen (z.B. Streifen 1,3,5) oder nur ein Teil der Reihen (z.B. Reihen 1-3 von 5 Reihen eines Streifens) geerntet werden. Bei Letzterem bleibt über die gesamte Länge eine gewisse Schutzfunktion des jeweiligen Streifens erhalten.

### **Abstand und Höhe der Streifen**

Weitere entscheidende Kriterien sind der Abstand zwischen den Streifen, sowie die Höhe der Bäume. Sie nehmen Einfluss auf die Windreduktion, die Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit, Biodiversität und Beschattung. Beide Kriterien sollten stets gemeinsam betrachtet werden, da ihr Zusammenspiel über den prozentualen Anteil der Konkurrenzzone an der Ackerfläche bestimmt. So steigt beispielweise der Anteil der Konkurrenzzone bei gleichbleibendem Abstand mit der Höhe der Bäume. Abstände in Agroforstsystemen müssen daher immer die erwartete Höhe der Bäume berücksichtigen. In der Regel liegen die Abstände zweier Streifen zwischen ca. 25 m und 100 m.

Geringe Abstände zwischen den Gehölzstreifen haben viele Vorteile. Beispielsweise wird so ermöglicht, dass die über die Bäume geleitete Luft gar nicht erst in voller Ausprägung in Bodennähe gelangt. Laut verschiedenen Studien wird ein optimaler Windschutz bei Abständen zwischen ca. 25 m und 60 m erreicht (je nach Höhe der Bäume) [2; 11; 13]. Aber auch bei Abständen bis zu 100 m konnte in Versuchen noch eine Reduktion der Windgeschwindigkeit zwischen August und November von im Mittel bis zu 20 % erreicht und somit das Mikroklima positiv beeinflusst und Bodenerosion gemindert werden [2]. Bezüglich der Nährstoffverfügbarkeit und des Humusaufbaus beschränkt sich der positive Einfluss der Gehölzstreifen auf die Konkurrenzzone und ggf. den ersten Teil der Synergiezone. Folglich ist ein geringerer Abstand der Streifen diesbezüglich vorteilhaft, um Einfluss auf einen größeren Anteil der Fläche zu nehmen [4; 6].

Darüber hinaus fördern geringere Abstände die Konnektivität von Landschaften, insbesondere für Insekten, welche häufig nur sehr geringe Distanzen zurücklegen können. Studien zeigen, dass die Biodiversität und Anzahl an Nützlingen zur Schädlingskontrolle mit zunehmender Entfernung zu seminaturlichen Habitaten, wie einem Agroforst-Gehölzstreifen, abnimmt. Somit können geringere Abstände die Biodiversität innerhalb der Ackerkultur fördern [14; 15].



Trotz vieler Vorteile haben geringe Abstände auch Nachteile. Insgesamt liegt hierbei ein größerer Anteil der Fläche in der Konkurrenzzone. Dies bedeutet unter anderem, dass ein größerer Teil von Beschattung und den hieraus resultierenden negativen Folgen betroffen ist. Des Weiteren ist ein größerer Flächenanteil von Wurzelkonkurrenz um Wasser und Nährstoffe betroffen [4; 6]. Zudem besteht durch die Integration von seminaturlichen

Habitaten auch die Gefahr einer Invasion von Schädlingen aus den Gehölzstreifen in die Ackerkultur. Verschiedene Studien zeigen allerdings, dass gleichzeitig die Anzahl natürlicher Fressfeinde zunimmt, wodurch die höhere Zahl an Schädlingen kompensiert werden kann [14; 15].

Breiter gewählte Abstände (> 50 m) garantieren, dass ein geringerer Teil der Fläche von möglicher Wurzelkonkurrenz um Wasser und Nährstoffe sowie von Beschattung betroffen ist. Andererseits profitiert so auch weniger Fläche vom Nährstoffzyklus der Bäume. Nachteilig bei breiteren Abständen ist außerdem, dass die Windgeschwindigkeit mit zunehmender Entfernung zum Streifen weniger stark reduziert wird und ab einem Abstand von mehr als 100 m keine wesentliche Reduktion mehr erreicht wird. Gleiches gilt für mikroklimatische Effekte [2].

### **Art und Sorte**

Die Baumart oder -sorte, sowie die gewählte Ackerkultur sind wichtige Kriterien, da diese Einfluss auf den Windschutz, die Lichtverfügbarkeit, den Effekt der Beschattung auf die Ackerkul-

tur, die Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit und die Biodiversität nehmen.

Bezüglich des Windschutzes ist der Habitus eines Baumes von großer Bedeutung. Bäume mit langen, astfreien Stämmen haben beispielsweise eine deutlich höhere Durchlässigkeit als buschartig wachsende Bäume oder niedrige Baumarten, mit denen ein besonders effektiver Windschutz erzielt werden kann. Dennoch können auch Gehölzstreifen mit Stammholzbäumen einen guten Windschutz erzielen, wenn unter ihnen Sträucher gepflanzt werden, um die Durchlässigkeit zu reduzieren.

Des Weiteren wirkt sich die gewählte Baumart auf die Lichtverfügbarkeit aus, da Blätter verschiedener Arten unterschiedliche Lichtdurchlässigkeits- und Reflektionseigenschaften besitzen, sowie unterschiedlich dichte Baumkronen [2]. Der Effekt der Blättereigenschaften auf die Lichtverfügbarkeit ist primär auf die Konkurrenzzone beschränkt.

Wie sehr der Effekt der Beschattung die Ackerkultur in der Konkurrenzzone beeinträchtigt ist von der gewählten Art der Kultur abhängig. In dieser Zone kann somit die Pflanzung schattentoleranter Ackerkulturen eine gute Möglichkeit sein, die Konkurrenz durch Beschattung zu mindern und den Bereich optimal zu nutzen. Dazu eignen sich Kulturen, die geringere Ansprüche an Licht und Wärme zum Wachsen haben. Zu diesen zählen C3-Pflanzen, welche bei geringerer Lichtverfügbarkeit produktiver sind als C4-Pflanzen. Es gibt innerhalb der C3-Pflanzen selbst noch einmal besonders schattentolerante Arten, welche gut unter den Effekten der Beschattung durch Baumstreifen gedeihen könnten [1].

Um den Effekt der Beschattung auf den Ertrag weiter zu reduzieren, ist bei der Wahl der Arten der Zeitpunkt des Blättertreibens der Bäume zu beachten. Wenn die Ackerkultur wichtige Entwicklungsstadien vor dem Blättertreiben der Bäume erreichen kann, hat der daraus resultierende Schattenwurf einen weniger großen Einfluss auf den Ertrag, auch in der Konkurrenzzone [4].



### Schon gewusst?

Ein Agroforstsystem in Frankreich zeigte umfassende Synergieeffekte und eine Reduktion der Konkurrenz aufgrund der unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Hybridwalnuss (*Juglans x intermedia* (Carr.)) und des Winterhartweizens (*Triticum durum*) [16].

Des Weiteren ist für die Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit das Ausmaß der Wurzelkonkurrenz entscheidend. So gibt es Baumarten, die tiefwurzelnde vertikale Wurzelstrukturen bilden, anstelle von horizontalen Wurzeln. Jedoch können auch flachwurzelnde Bäume „um-erzogen“ werden, tiefere, vertikale Wurzeln auszubilden, indem die horizontalen Wurzeln in jungen Jahren regelmäßig gekappt werden. Infolgedessen intensiviert der Baum sein Wurzelwachstum nach unten. Dank der Ausbildung vertikaler Wurzelstrukturen steht die Acker-

kultur in weniger großer Konkurrenz mit den Bäumen. Darüber hinaus ist es vorteilhaft für die Ackerkultur robuste und kompakte Wurzeln zu bilden, um die Konkurrenz zu minimieren. Weitere Vorteile tiefwurzelnder Bäume sind, dass sie den Nährstoffkreislauf positiv beeinflussen, indem sie für Nährstoffrückhalt, ein erhöhtes Porenvolumen sorgen [1; 4; 5]. Diese Synergieeffekte sind jedoch am stärksten in der Konkurrenzzone ausgeprägt und nehmen mit zunehmender Entfernung vom Streifen ab.

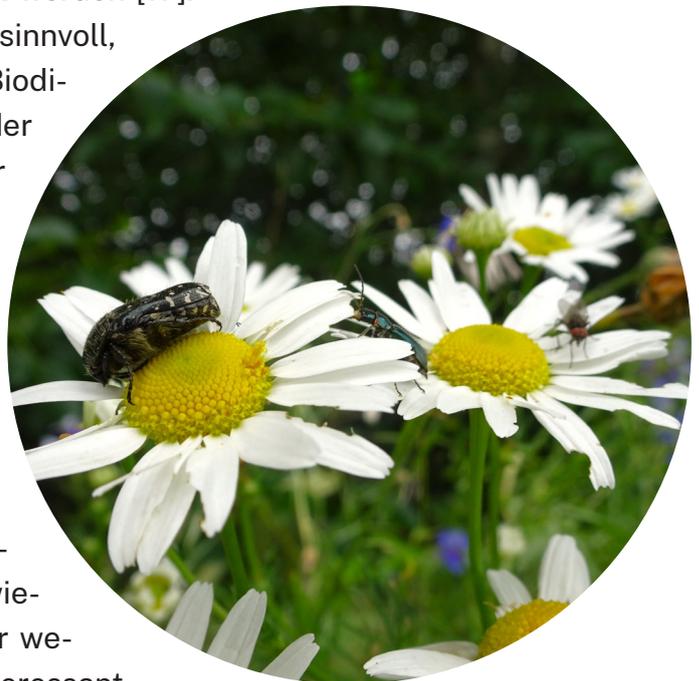
Zuletzt wirkt sich die Wahl der Arten natürlich auf die Biodiversität und ihre oben erwähnten Vor- und Nachteile aus (siehe Abschnitte "Biodiversität" und "Abstand und Höhe der Streifen"). Wie oben erwähnt bestehen bereits bei der Integration von einer oder wenigen, auch nicht heimischen Gehölzarten viele Vorteile für die Biodiversität. Je mehr Arten jedoch in den Gehölzstreifen integriert werden, desto diverser ist das System und desto mehr kann die Biodiversität und die Resilienz des Systems gefördert werden [17].

Hierbei ist es aus Gründen des Artenschutzes sinnvoll, auch heimische Arten zu wählen, um die lokale Biodiversität zu fördern, da viele Insekten auf eine oder wenige lokale Pflanzen als Nahrungsquelle oder Überwinterungshabitat spezialisiert sind [18]. Es ist jedoch wichtig darauf zu achten, dass weitere Arten, die in den Streifen integriert werden, keine Zwischenwirte für Krankheiten, insbesondere Pilze, anderer Baumarten sind.

Doch nicht nur die Arten des Gehölzstreifens sind relevant, sondern auch die gewählten Ackerkulturen. Denn es gibt von vielen Pflanzengattungen viele verschiedene Arten und davon wiederum viele verschiedene Sorten, von denen nur wenige kommerziell genutzt werden. Es kann interessant sein zu prüfen, ob es für die eigene Region eine passendere Art

oder Sorte der selben Gattung einer häufig kommerziell genutzten Pflanzenart oder -sorte gibt. Beispielsweise gibt es von der Gattung Weizen auch die Arten und Unterarten Einkorn, Emmer oder Dinkel und nicht nur Weichweizen. Von diesen Arten gibt es wiederum viele verschiedene Sorten, welche zum Teil besser an die Standortbedingungen angepasst sein können [19]. Abschließend ist folglich festzuhalten, dass so auf Landschaftsebene nicht nur durch den Gehölzstreifen, sondern auch durch die Ackerkultur die Diversität gesteigert werden kann.

Die Tabelle 1 auf der Folgeseite zeigt eine Übersicht der möglichen Konkurrenz- bzw. Synergieeffekte der einzelnen Gestaltungskriterien, die bei einer optimalen Anlage der Gehölzelemente auftreten können.



Tab. 1: Übersicht zu den Effekten der einzelnen Kriterien bei optimaler Gestaltung

Gestaltungskriterien		Wichtige Hinweise	Optimal	Synergie	Konkurrenz
<b>Ausrichtung</b>		Hauptwindrichtung in Deutschland: W/SW	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entlang der N/S-Achse</li> <li>An Hängen quer zum Hang</li> </ul>	<b>Konkurrenz- &amp; Synergiezone</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Maximale Windreduktion</li> <li>Reduktion des Oberflächenabflusses und Rückhalt von Wasser auf der Fläche</li> <li>Minderung Bodenerosion</li> <li>Schutz vor Unwetter</li> </ul>	<b>Konkurrenzzone</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Minimale Beschattung</li> </ul>
<b>Durchlässigkeit</b>		Wird bestimmt durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl an Reihen eines Streifens</li> <li>Pflanzdichte</li> <li>Ernteintervall</li> <li>Baumkronendichte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asynchrone Ernte/Teilerrate der Streifen</li> <li>40-60% Durchlässigkeit</li> </ul>	<b>Konkurrenz- &amp; Synergiezone</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ausreichender Luftaustausch, um Temperaturextreme zu vermeiden</li> <li>Positiver Effekt auf das Mikroklima</li> <li>Weniger Evaporation des Bodens</li> <li>Weniger Transpiration der Ackerkultur</li> <li>Erhöhte Taubildung</li> <li>weniger Austrocknung der Böden</li> <li>→ bessere Wasseraufnahmefähigkeit</li> </ul>	<b>Konkurrenzzone (abhängig von der Baumhöhe)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sehr dichte Baumkronen: höhere Beschattung und Interzeptionsverluste</li> </ul>
<b>Abstand &amp; Höhe</b>		Entscheidet über die Relationen von Konkurrenz- und Synergiezonen und darüber, ob und wie stark die Luftströmung auf den Boden trifft	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abstand kann größer gewählt werden mit zunehmender Höhe der Bäume bei Ackerbau und Baumhöhen von bis zu 12 m: 25-60m, max. 100 m</li> </ul>	<b>Konkurrenz- &amp; Synergiezone</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Starke Windreduktion in Bodennähe: Minderung von Bodenerosion</li> <li>Verbreitung von Nützlingen in das Feld</li> </ul> <b>Konkurrenzzone</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verringerung von Nährstoffauswaschung</li> <li>Steigerung der Nährstoffverfügbarkeit und des Humusaufbaus</li> <li>Höhere Bodenfeuchte und bessere Infiltration</li> </ul>	<b>Konkurrenz- &amp; Synergiezone</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Invasion von Schädlingen</li> </ul> <b>Konkurrenzzone</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe</li> </ul>
<b>Art &amp; Sorte</b>		Hat Einfluss auf die Durchlässigkeit und Höhe; wichtig für Produktivität und Art der Produkte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baumart je nach Produktionsziel oder gewünschter Umweltleistung</li> <li>In Konkurrenzzone: Schattentolerante Arten</li> <li>wichtige Entwicklungsstadien der Ackerkultur vor dem Blättertreiben der Bäume</li> <li>Hohe Diversität</li> <li>Allelopathie berücksichtigen</li> </ul>	<b>Konkurrenzzone</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bei sich ergänzenden Eigenschaften der Bäume und Ackerkultur können Konkurrenzeffekte minimiert werden</li> <li>→ Wasser-/Nährstoffkonkurrenz</li> <li>→ Lichtverfügbarkeit</li> </ul> <b>Konkurrenz- &amp; Synergiezone</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Resilienteres System gegenüber Umwelteinflüssen durch höhere Diversität</li> </ul>	



sinnvoll, um die Bodenfruchtbarkeit für die Zukunft zu erhalten. Denn auch hier fördert die intensive, großflächige Bewirtschaftung den Bodenabtrag durch Wind und Wasser und die Risiken für Ertragsverluste aufgrund des Klimawandels nehmen zu. Daher ist es gerade auch auf solchen Gunststandorten sehr wichtig, den Boden durch Maßnahmen wie Agroforstwirtschaft langfristig zu schützen.

## Beispielsysteme

Im Folgenden werden einige Beispielsysteme vorgestellt, um zu zeigen, wie Synergien gemehrt und Konkurrenzen minimiert werden können.

### Schnellwachsende Gehölze und Getreide

Unter anderem können Pappeln oder Weiden in beispielsweise vierreihigen Streifen in Nord-Süd-Ausrichtung mit 50 m breiten Abständen etabliert werden, zwischen denen Getreide angebaut wird. Der Abstand bietet genügend Platz, um das Feld mit großen Maschinen zu bewirtschaften und es schafft ein diverseres Einkommen, mit einem schnellen Return-on-Investment, da die Bäume bereits nach wenigen Jahren das erste Mal geerntet werden können und Pappeln vergleichsweise günstig im Einkauf sind. In einem System wie diesem werden die zuvor beschrie-

benen Konkurrenzeffekte möglichst gering gehalten und Synergien maximiert. Durch die Nord-Süd-Ausrichtung, aber auch durch die regelmäßigen Ernteintervalle ist die Konkurrenz durch Beschattung vergleichsweise gering, da die Bäume bis zur nächsten Ernte meist nur bis zu 10 m hoch werden. Trotz dessen werden Synergieeffekte erreicht, wie ein verbessertes Mikroklima sowie eine verbesserte Bodenstruktur und Nährstoffversorgung innerhalb und im Nahbereich der Gehölzstreifen. Zudem besteht durch die relativ niedrige Durchlässigkeit, der Ausrichtung entgegen der Hauptwindrichtung und den nicht zu breiten Abständen zwischen den Streifen ein sehr effektiver Windschutz.



Des Weiteren können durch die Integration von Bäumen, mehr Nährstoffe aufgefangen werden. Bei intensiver Düngung eines Feldes ist die Auswaschung von Nährstoffen ins Grundwasser oder in angrenzende Gewässer ein großes Problem. Gerade bei Feldern, die direkt an Gewässer angrenzen, kann ein mehrreihiger, entlang des Gewässers befindlicher Gehölzstreifen Wasserverschmutzung verhindern. Gewässerschutzstreifen zeigen eine Filtrierung von Stickstoff bis zu 100% und von Phosphor und anderen Nährstoffen von bis zu 85% [5]. Diese könnten beispielsweise aus schnellwachsenden Baumarten bestehen,

woraus wiederum Einkommen generiert wird. Aber auch die (ggf. ergänzende) Etablierung von Wert-/ Stammholz (z.B. Eiche) sorgt für eine langfristige und konstante Pufferzone und dient als Kapitalanlage. Aus wirtschaftlicher Sicht sollte generell berücksichtigt werden, dass viele der genannten Synergieeffekte, die zu einer langfristigen Erhaltung und Verbesserung des Bodens beitragen, meist nicht in einfachen Kostenkalkulationen enthalten sind, genauso, wie die Kosten, die den Landwirtschaftsbetrieben ohne Agroforstsystemen und nicht zuletzt der Gesellschaft durch Bodenerosion, Trockenheit und Vielem mehr entstehen.

### Schnellwachsende Gehölze und Sonderkulturen

Anstelle ausschließlich einer Kultur neben den Gehölzstreifen, könnten die Konkurrenzonen genutzt werden, um besonders schattentolerante Arten auf beispielsweise bis zu 10 m Breite anzubauen. Hierzu könnten einige Kräuter und Gemüsesorten (z.B. Liebstöckel oder Kerbel) verwendet werden, die nicht nur gut unter Beschattung wachsen, sondern auch vom Windschutz und dem verbesserten Mikroklima profitieren. Bei einem Abstand von circa 50 m, ist daraufhin noch ausreichend Platz, um eine anspruchsvollere klassische Kultur anzubauen, wie Getreide. So werden Synergien maximiert, aber der Aufwand für die Bewirtschaftung gesteigert. Manche dieser schattentoleranten Arten bedürfen händischer Pflege und Ernte oder sehr spezieller Geräte, wodurch häufig deutlich höhere Kosten entstehen. Andererseits ist mit solchen Sonderkulturen potenziell aber auch eine höhere Wertschöpfung zu erzielen (siehe auch Themenblatt Nr. 2 "Mehrfachnutzung von Böden in Agroforstsystemen").



#### Weiterführende Information:

- > Regionale Wildpflanzen könnten ebenfalls eine mögliche Sonderkultur darstellen, die je nach Region sogar neue Produktnischen besetzen. Im Rahmen der Initiative Land-Innovation-Lausitz ist der verstärkte Anbau und die Nutzung von regionalem Saatgut von Wildpflanzen das Ziel der [Projekte InnoWild und InnoWert](#).
- > Der gemeinnützige Verein zur Erhaltung und Rekultivierung von Nutzpflanzen ([VERN e. V.](#)) in Angermünde, Brandenburg, setzt sich dafür ein, dass alte Nutzpflanzensorten erhalten und wieder verstärkt genutzt werden. Diese können direkt beim Verein auch bezogen werden.



## Agroforstgehölze und Tierhaltung

Agroforstsysteme sind ebenfalls eine gute Möglichkeit, um das Tierwohl zu erhöhen und gleichzeitig Kosten einzusparen. Beispielsweise können auf Grünland ein bis mehrreihige Streifen oder auch Einzelbäume etabliert werden, die den Tieren Schatten, Unterschlupf und Rückzugsmöglichkeiten bieten. Für Rinder ist die Nutzung von Futterlaubstreifen aus beispielsweise Linden oder Maulbeerbäumen sinnvoll. So ermöglichen diese nicht nur



bessere Bedingungen für die Tiere, sondern auch eine Einsparung an Futtermittel. Außerdem hat eine Studie gezeigt, dass Milchkühe, die weniger Hitze durch Beschattung ausgesetzt sind, mehr Milch produzieren [23]. Hühner- und Geflügelhaltung unter Gehölzen ist ein weiteres, immer häufiger angewendetes Beispiel für Agroforstwirtschaft. Die Praxis zeigt auch hier, dass die Gehölzflächen sehr gut von den Tieren angenommen werden und sie sich besser über die Fläche verteilen als bei klassischer Freilandhaltung. Bei Hühnerhaltung eignen sich besonders mehrreihige Gehölzstreifen, da diese einen besseren Rückzugsort für die natürlich waldlebenden Tiere bieten. In diesem Modell treten keine Konkurrenzeffekte auf, da die Tierhaltung ausschließlich vom Agroforstsystem profitiert.



### Weiterführende Information:

- > Es gibt bereits viele Betriebe, die Agroforst und Tierhaltung kombinieren, viele davon sind in der [Agroforst-Landkarte](#) des DeFAF e.V. zu finden.
- > Im mittlerweile abgeschlossenen [Projekt AGFORWARD](#) mit Projektpartnern aus ganz Europa wurden Factsheets erarbeitet, die u.a. auch Futterlaub für Rinder und Ziegen in Agroforstsystemen behandeln:
- > Zum Thema Futterlaub für Rinder gibt es auch das [Infoblatt Nr. 4](#) des DeFAF e.V..
- > Das [Projekt FuLaWi](#) untersucht außerdem die Eignung von Futterlaub aus Agroforstsystemen für kleine Wiederkäuer wie Ziegen.



## Struktur- und artenreiche Agroforstflächen

Agroforstsysteme mit einer hohen Diversität besitzen eine besonders große Resilienz. So wäre eine Möglichkeit eines diversen, aber ertragsbringenden Systems, die Etablierung eines Streifens, welcher in der Mitte eine



Abb. 4: Artenreiches System. Von links nach rechts: Getreide, Salweide, Eiche, Aronia, Getreide

Reihe hohe Wertholzbäume enthält (Abbildung 4). Auf einer Seite der Reihe können schnellwachsende Gehölze, wie Weiden als niedrigere Art etabliert werden. Auf der anderen Seite können (Wild-) Obststräucher gepflanzt werden (z.B. Aronia). Die Obstbäume und -sträucher können bereits nach kurzer Zeit das erste Mal geerntet werden. Das Stammholz ist eine Langzeitinvestition.

Die äußeren Reihen, wie Weiden auf einer Seite, können

in regelmäßigen Intervallen geerntet werden und Beerensträucher wie Aronia auf der anderen Seite, könnte man beispielsweise als Selbstpflücker-Modell anbieten. In der Konkurrenzzone können ebenfalls besonders schattentolerante Arten angebaut werden. Alternativ könnte man diesen Bereich auch für regionale Wildkräuter nutzen. Daraufhin kann in der Synergiezone eine anspruchsvollere klassische Kultur angebaut werden. Hierbei lohnt sich ein Blick auf längst vergessene Sorten, die häufig besser an die Anbauregion angepasst sind als moderne Sorten. Ältere Sorten erwirtschaften meist geringere Erträge als gezüchtete Hochleistungssorten, aber können häufig auch zu höheren Preisen verkauft werden. Hierzu zählen zum Beispiel verschiedene Emmer- und Dinkelsorten [19]. In solchen Agroforstsystemen führt insbesondere die Steigerung der Biodiversität durch eine höhere Pflanzenarten- und Strukturvielfalt sowie der Anbau von besonders gut an den Standort angepassten Kulturen zu einem zusätzlichen Synergieeffekt, was in einem resilienteren System resultiert.

## Fazit

Abschließend ist festzuhalten, dass ein Agroforstsystem verschiedenste Formen annehmen kann und viele Vorteile bringt. Jeder Betrieb muss das für sich passende System finden, um optimale Resultate zu erzielen. Konkurrenzeffekte sind teilweise zwar möglich, diese können aber durch die richtige Gestaltung und gutes Management minimiert werden. Außerdem können die Vorteile von Agroforstsystemen die Konkurrenzeffekte überwiegen. Es ist wichtig zu verstehen, dass viele der genannten positiven Effekte eines Agroforstsystems nicht sofort auftreten, sondern sich das System erst einmal entwickeln muss. In der Umstellung auf eine nachhaltigere Landwirtschaft ist daher eine langfristige Sicht essenziell.



### Praxistipp:

- > Ein Leitfaden zur Etablierung von Agroforstsystemen ([Pflanzen\(Bau\)Kasten](#)), der sich an den Standortbedingungen, sowie den Produktions- und Umweltzielen eines Betriebes orientiert, um ein betriebsspezifisches Agroforstsystem vorzuschlagen, wird derzeit im Projekt AgroBaLa erarbeitet.
- > Weitere Leitfäden zur Anlage, Pflege und Bewirtschaftung von Agroforstsystemen sind in der Infothek des DeFAF e.V. unter "[Handbücher, Leitfäden, Broschüren](#)" zu finden.



## Quellennachweise

Das Literaturverzeichnis zu den im Text angegebenen Referenzen finden Sie [digital auf unserer Webseite](#).



## **Der Deutsche Fachverband für Agroforstwirtschaft**

Sie interessieren sich für die Agroforstwirtschaft, haben aber noch Fragen dazu?

### **Sprechen Sie uns gerne an!**

Der DeFAF e.V. steht als zentraler Ansprechpartner zu allen Themen rund um die Agroforstwirtschaft in Deutschland zur Verfügung und setzt sich dafür ein, dass die Agroforstwirtschaft als nachhaltiges Landbausystem verstärkt umgesetzt wird. Ziel ist es, die ver-

schiedenen Akteure aus Land- und Ernährungswirtschaft, Politik und Verwaltung, Naturschutz und andere Interessierte zum Thema Agroforstwirtschaft besser zu vernetzen. Nur so können gemeinsam praktikable und nachhaltige Lösungen für die zukünftige Agrarwirtschaft gefunden werden.

Der gemeinnützige Verein wirkt in mehreren Fachbereichen, die sich u. a. mit Themen wie Beratung, ökonomischen, ökologischen und rechtlichen Aspekten beschäftigen. Bei Fragen oder Anregungen kommen Sie gerne auf uns zu!

[www.defaf.de](http://www.defaf.de)

