

# Biodiversität und Produktivität im Ackerbau

Peter Stamp, Institut für Agrarwissenschaften, ETH Zürich, 8092 Zürich, Schweiz

Auskünfte: Peter Stamp, E-Mail: peter.stamp@usys.ethz.ch



Ein Weizen/Mohn Feld im Elsass: Schöne Landschaft! Unachtsamer Landwirt?

## Einleitung

Die Biodiversität innerhalb und um unsere Ackerflächen herum nimmt in besorgniserregendem Umfang ab. Doch auf diesen Flächen muss auch genügend Nahrung produziert werden, um einen angemessenen Beitrag zu unserer Eigenversorgung zu bewahren. Beide Ziele sollten in einem optimierten Gleichgewicht stehen, das die auf naturwissenschaftlichen und ökonomischen Erkenntnissen beruhende Machbarkeit im Auge behält. Die Klimaxvegetation der gemässigt kühlen Gebiete Europas ist der Mischwald. Kurzlebige Kulturpflanzenbestände wie im Ackerbau üblich repräsentieren dagegen eine Vegetation im Pionierstadium. Somit verhindern wir stabile Ökosysteme in Permanenz. Zudem befindet sich der Ackerbau selbst seit Jahrhunderten im ständigen fundamentalen Wandel, bedingt durch die sich verändernden biologischen, soziologischen und technologischen Bedürfnisse und Bedingungen. Nach der Einführung des Wendepflugs im Mittelalter belohnten Arten wie Weizen und Gerste die temporär erhöhte Bodenfruchtbarkeit mit Mehrertrag. Im 18ten Jahrhundert wurde dann

die Dreifelderwirtschaft, deren drittes Glied eine ein- bis mehrjährige ungesteuerte Brache war, durch kontrollierte Fruchtfolgen abgelöst. Kartoffeln und Rüben sowie Rotklee erhöhten den Gesamtertrag. Aber bald entstanden starke Defizite in der Nährstoffversorgung. Diese wurden erst agrochemisch verstanden, nachdem Justus von Liebig 1840 sein grundlegendes Werk über Agrikulturchemie publiziert hatte. Nach der Wiederentdeckung der Mendelschen Regeln vor über einem Jahrhundert entstanden dann aus Landsorten sehr rasch ertragreiche Hochleistungssorten, deren Ertragspotenzial seit Jahrzehnten durch Einsatz wissenschaftlich optimierter Hilfsmittel effizient ausgenutzt werden kann. Mit der Motorisierung und Technisierung hat sich zudem die Bodenbearbeitung stark geändert. Über Jahrtausende war der Ackerbau in Eurasien durch flache Pflugarbeit mit Zugtieren gekennzeichnet. Mittlerweile stehen den Landwirten viele regional angepasste Bodenbearbeitungsmethoden bis zur Direktsaat zur Verfügung, die auch Floren des Ackers stark verändern können (Streit

et al. 2003). Daher das Fazit, dass langlebige ackerbauliche Ökosysteme kaum präzise zu definieren, geschweige denn deren zugehörige Komponenten exakt einzuschätzen sind.

Im 19ten Jahrhundert erreichte die Artenvielfalt mit kleinen Feldern und vielgliedrigen Fruchtfolgen einen Höhepunkt, um dann in unseren heutigen Ackerbausystemen stark abzunehmen. Einige Gründe liegen auf der Hand. Dank der chemischen Optimierung der Böden kommen sehr niedrige pH-Werte sowie geringe Phosphor- und Kaliumgehalte kaum noch vor. Optimal auf die jeweilige Kulturart abgestimmte Stickstoffdüngung sowie effiziente Kontrolle der Unkräuter verringern deren Vorkommen und deren Chancen für eine Aussaung. Für die Biodiversität hat die Konvention von Rio Masstäbe gesetzt und vor allem eine umfassende Definition geliefert; demnach ist die *Biologische Diversität*, abgekürzt *Biodiversität*, die Variabilität aller lebenden Organismen und der ökologischen Komplexe zu denen sie gehören. Dies schliesst die Diversität innerhalb von Arten, zwischen Arten sowie von Ökosystemen ein (<https://www.cbd.int>).

Gemäss Henle et al. (2008) bestehen drei grosse Konflikte zwischen Landwirtschaft und Biodiversität in Europa, für die Lösungen gefunden werden müssen: Erstens Intensivierung der Anbausysteme, zweitens Verlassen biodiverser aber marginaler Standorte und drittens Vergrößerung der Betriebe. Von diesen drei Konflikten wird vor allem die Aufgabe marginaler Standorte wenig beachtet, da deren Umwandlung meist in Forstflächen auf Landschaftsebene zur Einförmigkeit beiträgt. Gemäss den Autoren sind biodiverse Ökosysteme oft abhängig von arbeitsintensiven traditionellen Anbausystemen, die wenig ertragreich sind. Diese nehmen aber drastisch ab, da global vor allem die «Grossen Vier», Weizen, Reis, Mais und Soja die Ackerflächen bedecken. Sie decken 64% unseres Kalorienbedarfs direkt ab. Gerste und der Raps nehmen bei uns die Stellung von Reis und Soja ein. Daher sind die Möglichkeiten, im Ackerbau ökologisch diverse aber ökonomisch tragfähige Fruchtfolgen zu gestalten limitiert. Rasche Lösungen sind hier nicht in Sicht. Wir brauchen klare Eckwerte zum erwarteten Bedarf an Primärprodukten im Inland sowie zum ökologischen und ökonomischen Anbauwert von Ackerkulturen, damit Landwirte motiviert zum Wandel aber nicht mit unsinnigen Erwartungen alleine gelassen werden.

Die Schweiz hatte eine Vorreiterrolle übernommen, als vor mehr als 25 Jahren die Gesetzesgrundlage geschaffen wurde, Direktzahlungen an ökologische Leistungen zu binden. Momentan laufen europaweit Debatten, welche direkten Massnahmen ergriffen werden sollen,

## Zusammenfassung

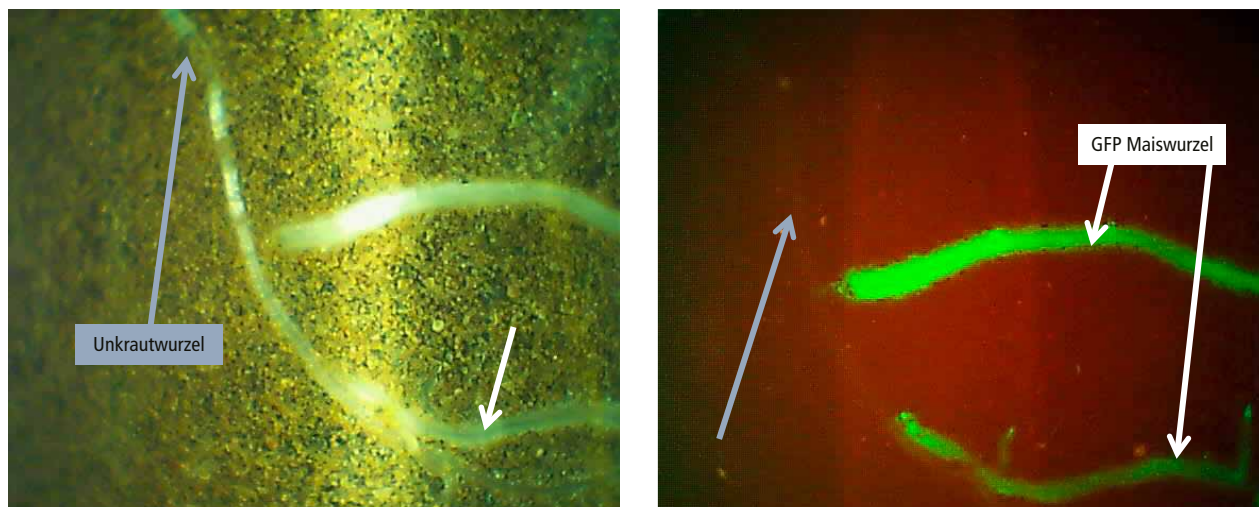
Die Biodiversität in Agrarökosystemen nimmt in besorgniserregendem Umfang ab. Unsere Äcker und die damit verbundenen Landschaften müssen jedoch einen hohen Anteil zur Grundversorgung der Bevölkerung beitragen. Im Ackerbau wird meist nur ein Teilorgan der Pflanze geerntet, dessen Anlage durch spezifische Anbaumassnahmen gefördert wird, daher weisen Reinbestände von Kulturarten die höchste Ausnutzung des realisierbaren Ertragspotenzials auf. Bei der Suche nach überzeugenden Kompromisslösungen müssen alle Stufen der Biodiversität beachtet werden: Innerhalb der Sorte, des Ackers, des Ackerrandes und der Landschaft. Durch Genetische Diversität kann innerhalb von Sorte und Art der Bedarf an Pflanzenschutz minimiert und der realisierbare Ertrag gesteigert werden. Aber heutige Landnutzungssysteme begrenzen die Möglichkeiten, innerhalb des Ackers eine Vielfalt der Organismen auf dem Niveau der prämodernen Landwirtschaft zu erhalten. Am Ackerrand und innerhalb der umgebenden Landschaften wurden Chancen erkannt und in Förderprogrammen umgesetzt, um Biodiversität gezielt zu fördern. Neue Wege müssen auf sozioökonomischem und naturwissenschaftlichem Wissen basiert sein und bedürfen eines Umdenkens innerhalb der Gesellschaft. Nur so können Regeln geschaffen werden, die unsere Primärproduktion steigern, Ökosysteme mit hoher Selbstregulierung ermöglichen und nachhaltige Kulturlandschaften gestalten.

um die Biodiversität zu sichern. Einigkeit besteht darin, dass viele Arten verschwinden, aber keineswegs darin, was zu tun ist um dies zu verhindern beziehungsweise zumindest den Artenschwund zu verlangsamen. Ist der Mensch ein Teil der natürlichen Evolution in Europa, oder ein gefährlicher Störenfried?

## Stufen der Biodiversität

### Genetische Diversität auf der Stufe Sorte und Art

Heutige Handelssorten sind aus unseren lokal angepassten Landsorten hervorgegangen. Sie sind auf hohes Ertragspotenzial und breite Anpassung an abiotische Faktoren wie Böden und Witterung gezüchtet. Hieraus



**Abb. 1** | Wir haben an der ETH einen gentechnisch veränderten grün fluoreszierenden (GFP) Mais hergestellt. Dessen Wurzeln fluoreszieren bei entsprechender Beleuchtung grün, siehe Foto rechts, und können damit von den nur bei normalem Licht sichtbaren Unkrautwurzeln getrennt erfasst werden, siehe Foto links. Nach Britschgi *et al.*, 2013.

resultiert heute eine sehr hohe Ertragsicherheit auf hohem Ertragsniveau. Die genetische Diversität moderner Sorten hängt in erster Linie vom Sortentyp ab. Populationsorten von Mais und Roggen sind heterozygot und heterogen, also mit zahllosen Genotypen im Feldbestand vertreten. Selbstbefruchtersorten von Weizen und Gerste zumindest theoretisch vollkommen homozygot und homogen. In diesem Fall ist die genetische Diversität auf der Ackerfläche gleich Null, ein Manko für die Resistenz gegen Schaderreger und die Toleranz gegenüber abiotischem Stress. Hingegen sind bei Hybridsorten zwar auch alle Pflanzen in einem Bestand vollständig homogen, aber sie sind heterozygot und damit gegen ungünstige Umwelteinflüsse gut abgepuffert.

Es ist seit Jahrzehnten ein Hauptanliegen der Pflanzenzüchtung, biotische Resistenzen durch gezielte Neukombinationen von Allelen zu verstärken. Grosse Hoffnungen werden seit langem auf vorhandene Variabilität in den Genbanken gesetzt. Diese waren bislang schwierig zu nutzen, da es etwa 15 Jahre von der ersten Einkreuzung einer Krankheitsresistenz aus Landsorten bis zur Zuchtsorte dauert. An der Universität Zürich konnten modellhaft effiziente neue Wege aufgezeigt werden, wie mit Hilfe der molekularen Genetik gezielt neue Resistenzgene aufgefunden werden können, ein wesentlicher Schritt zur Verringerung des Pflanzenschutz-einsatzes und zu sicheren Erträgen (Bhullar *et al.* 2009). Aber der Weg zu stabilen Resistenzen muss schneller werden. Hierfür bieten sich neue cisgenetische Methoden der Gentechnologie an, die in den vergangenen Jahren um ein Vielfaches effizienter geworden sind. Falls

eine Pyramidisierung von wichtigen Allelen innerhalb einer Sorte nicht möglich ist, könnten auch verschiedene Resistenzallele eines Gens in Isolinien ein und derselben Ausgangssorte platziert werden, die dann für den Anbau gemischt werden. Diese Strategie würde eine Wiederauferstehung der in der DDR so erfolgreichen Sortenmischungen von Braugerste auf heutigem Wissensstand erlauben (Narziss und Back 2012) und damit nachhaltig pflanzenschutzarme Bestandesführungen bei standardisierter Qualität vor allem auch bei Brotweizen ermöglichen (Fried und Winzeler 1990).

#### Biodiversität auf der Stufe Acker

Der Acker ist laut der Bibel ein besonderer Ort: «Dornen und Disteln soll er dir tragen, und sollst das Kraut auf dem Felde essen (Mose 3)». Leider wissen wir immer noch sehr wenig über die Wechselbeziehungen zwischen Unkräutern und Kulturpflanzen. In eigenen Untersuchungen haben wir diese vor wenigen Jahren für den Wurzelraum exemplarisch untersucht (Abb. 1 und 2, Britschgi *et al.* 2013). Maispflanzen waren durch das Vorhandensein der Unkräuter stärker im Wurzelraum beeinträchtigt als im Sprosswachstum. Die Unkräuter besaßen hingegen die Fähigkeit, die Wurzelproduktion trotz Konkurrenz aufrecht zu erhalten. Der Rückgang der Artenvielfalt innerhalb der Unkrautflora wirft die Frage auf, wieweit ihr Vorkommen an vielfältige Fruchtfolgen gebunden war, die nicht mehr in den modernen Ackerbau passen. Blühende Unkräuter können positiv zum Schutz von Kulturpflanzen beitragen, indem sie Parasitoide als «Nektar-Tankstellen» bis zum Erreichen



des Bestandesinneren unterstützen (Hausmann *et al.* 2005). Jedoch ist zu bedenken, dass heutige Hoherträge nur möglich sind, wenn die Kulturbestände in ihren empfindlichen Jugendphasen vor Konkurrenz geschützt sind, und auch später – in der Hauptwachstumsphase – jegliche Konkurrenz unterdrücken.

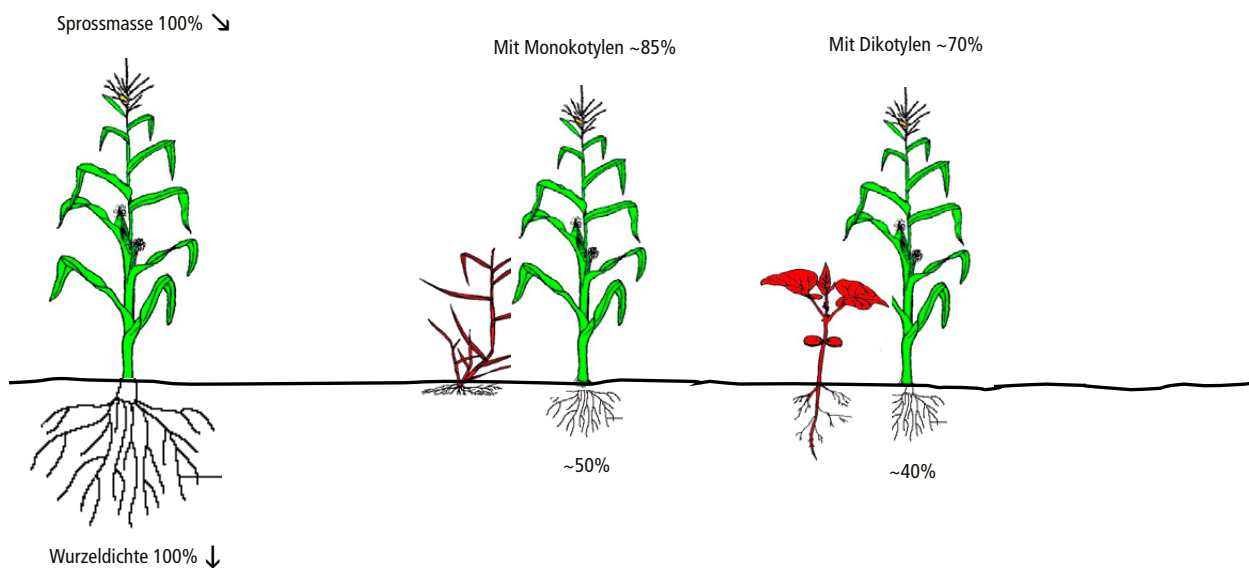
Bei kleinkörnigem Getreide kommen Mischungen deren Wildbeständen am nächsten, die während ihrer Evolution perfekt an Konkurrenz mit ihren nächsten Verwandten angepasst wurden. Sie sind ertragsicher, aber im Durchschnitt schwach an erntbarem Ertrag. Gemenge- oder Mischelanbau war in den 1950er Jahren in Deutschland und der Schweiz noch üblich, mit den Komponenten Sommerroggen, Sommerhafer, Ackerbohne und Erbse. Dies war eine Ertragssicherung für nasse wie für trockene Jahre. Heute ist jedoch das Grundwissen zu den Ansprüchen einzelner Arten und damit zu spezifischer Bestandesführung so gross und die Technisierung vor allem der Ernte soweit fortgeschritten, dass Artenmischungen auf dem Acker eine Ausnahme sind.

Zwischenfrüchte sind seit Jahrzehnten ein wichtiger ökologischer Baustein des Ackerbaus. Bei kluger Planung kann der phytosanitäre Effekt einseitiger Fruchtfolgen abgepuffert werden und Nährstoffverluste minimiert werden. An der ETH Zürich wurden in Zusammenarbeit mit AGROSCOPE über die letzten 25 Jahre zahlreiche Dissertationen zur Wirkung von Zwischenfrüchten durchgeführt. Beispielsweise wurde das Konkurrenzverhalten von Mais auf eine Einsaat in einen Lebendmulch aus Italienisch Raigras mit gleicher Methodik untersucht

wie in Abbildung 1 gezeigt. Diese Konkurrenz verzögerte die Wurzelentwicklung von Mais sehr stark, aber die Relation zwischen Wurzelmasse und Blattfläche, den Organen für Assimilation von Nährstoffen und Kohlenstoff, blieb gleich (Faget *et al.* 2012). Das allgemeine Fazit über diesen Forschungszeitraum hinweg ist gemischt. Die Bodenbedeckung schützt den Boden vor Erosion und vor dem Wasserablauf von Nähr- und Schadstoffen. Allerdings ist der Mehraufwand des Anbaus erheblich und das Management von Wasser und Stickstoff im Jahresablauf wird komplex. Unser maritimes Klima schränkt zudem die Modellierung und Verallgemeinerung von Ergebnissen stark ein, da ackerbauliche Versuche mit Zwischenfrüchten sehr aufwendig sind, und selten mehrjährig und mehrortig durchgeführt werden. Ein Vorbild für eine koordinierte künftige Forschungsplanung zur Eignung von Zwischenfrüchten kann die internationale Praxis der Sortenprüfung sein mit der vieljährigen und vielortigen Prüfung jeder neuen Sorte. Im Vergleich zur Sortenwahl ist die Entscheidungssicherheit für den Landwirt beim Zwischenfruchtanbau sehr beschränkt.

#### Biodiversität auf der Stufe Ackerrand

In früheren Zeiten spielten Hecken als Feldränder eine wichtige agroforstwirtschaftliche Rolle als Lieferanten von Brennholz, Nüssen, Beeren etc. Heute steht die ökologische Bedeutung von Ackerrändern im Vordergrund als wichtige Komponente in der auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Agrarpolitik. Bei mehrheitlich kleinen Flächen in der Schweiz machen diese prozentual einen



**Abb. 2 |** Sprossmasse und Wurzelmasse von Mais in Konkurrenz mit monokotylen (Hühnerhirse, Erdmandel) und dikotylen (Weisser Gänsefuss, Zurückgebogener Amarant) Unkräutern. Nach Britschgi *et al.*, 2013.

grossen Anteil an der gesamten Ackerfläche aus. Sie können unter anderem Rückzugsgebiete für viele Nützlinge aber auch für viele Schädlinge der Ackerkulturen sein. Eine Nutzen-/Schadensbewertung hängt daher auch sehr stark davon ab, auf welche Weise und wie weit Nützlinge, Schädlinge und deren Parasitoide in ein Feld eindringen. Zielkonflikte zwischen Biodiversität und Pflanzenschutz müssen beachtet oder gelöst werden, beispielsweise möglicher Schneckenbefall, erhöhtes Auftreten von Mutterkorn und Ackerkratzdistel etc. (Ruchti und Studer 2015). Der Ackerrand als ökologische Komponente könnte theoretisch der, früher häufiger vorkommenden, Flora und Fauna nährstoffarmer Habitats als Rückzugsort dienen. Aber in der intensiven Landwirtschaft der vergangenen Jahrzehnte wurden diese Ränder als Fahrstreifen verdichtet und bei der Ausbringung von Düngemitteln und Pestiziden selten ausgespart. Bei grösser werdenden Äckern stellt sich dann die Frage, ob der Ackerrand absolut oder relativ zur umgebenen Fläche gestaltet werden soll. Bei Kleinflächen fehlen Ränder traditionell leider fast ganz, bei Grossflächen begrenzt oft nur die Topografie das Feld. Hier ergibt sich immer noch Spielraum für Massnahmen, Äcker und umgebende Landschaften in angemessener Weise zu vernetzen.

### Biodiversität auf der Stufe Agrarlandschaft

Wenn in Mitteleuropa von natürlichen oder naturnahen Landschaften geschrieben wird, ist Fachleuten bewusst, dass Land- und Forstwirtschaft (fast) alle Flächen bei uns gestaltet hat. Hugo Steinhauser, ehemaliger Professor für Agrarökonomie, hielt 1987 in München vor Pflanzenbauwissenschaftlern einen weitsichtigen Vortrag zum Thema «Vom Landwirt zum Landschaftswirt». Es ist eine Aufgabe für Landwirtschaft UND Gesellschaft, ein Gleichgewicht biodiverser und produktiver Flächen zu erreichen, dass nicht nur museal ausgerichtet ist sondern die Entwicklungen in Agrar- und Umweltwissenschaften in die Konzeption einbezieht. Nur so kann die Biodiversität direkt in oder neben produktiven Agrarökosystemen gesichert werden. Viele saure oder nährstoffarme Böden sind in den letzten 150 Jahren chemisch melioriert worden, Feuchtgebiete wurden entwässert. Eine Umkehrung dieser Verhältnisse ist technologisch und rechtlich sehr schwierig.

Ackerflächen sind Teil der Landschaft, aber deren Komponenten entscheiden, ob z. B. Bäume als Nistplätze für Sing- und Raubvögel geschätzt werden oder ob Vogelzug nach Aussaat oder vor Ernte gefährdet wird. Der Schutz von Landschaftselementen ist wichtig aber auch teuer, darf jedoch nicht allein den Landwirten aufgebürdet werden.

## Produktivität und Biodiversität

Im Gegensatz zum Futterbau ist im Ackerbau das Ertragsziel ein definiertes Ernteorgan der Kulturpflanze, das – selbst im einfachsten Fall einer Rübe – in mehreren Phasen angelegt werden muss bevor Assimilate und deren Derivate eingelagert werden können. Diese Entwicklungsschritte können durch diverse Anbaumassnahmen optimiert werden, um eine hohe Realisierung des genetischen Ertragsmaximums sowie eine optimale Produktqualität zu gewährleisten. Durch einen Mischanbau oder in Koexistenz zu Unkräutern können – vor allem ohne chemischen Pflanzenschutz – Risiken von Epidemien (Krankheiten, Schädlinge) sehr gut minimiert werden, und die Auswirkungen von Witterungsextremen (zu heiss und trocken, zu nass und kalt) abgepuffert werden. Allerdings sind unsere modernen Kultursorten die Erben der besten Allele alter Landsorten für Resistenzen und Toleranzen in «allen Lebenslagen», sie sind wahre Wunder an Flexibilität, die am Ende ihrer Wachstumsperiode beständig sehr hohe Erträge liefern. Daher ist davon auszugehen, dass im Regelfall Reinbestände von Kulturarten die höchste Ausnutzung des realisierbaren Ertragspotenzials aufweisen. Dies steht in keinem Widerspruch dazu, dass bei bewussten Verzicht auf das höchstmögliche, realisierbare Ertragspotenzial auch andere Ziele im Vordergrund stehen können, beispielsweise minimierter Einsatz von nicht erneuerbaren Ressourcen – eine Zukunftsoption bei knapper werdendem Phosphor- oder bei Vermeidung potentiell umweltschädlicher Chemikalien.

## Schlussfolgerungen

Wir brauchen ein Gleichgewicht zwischen der Qualität der Landschaft und der Betriebsgrösse. Hierfür muss Klarheit geschaffen werden, welche Landschaftsbilder die Gesellschaft zukünftig möchte und welche im modernen Ackerbau ökonomisch und ökologisch möglich sind. Für unsere meist klein strukturierten vielfältigen Landschaften in topographisch sehr anspruchsvollem Gelände stellt sich die Frage, ob bei grösser werdenden Betrieben die Landschaftspflege eine hoheitliche Aufgabe werden muss. Wenn dies nicht erwünscht beziehungsweise finanzierbar ist, dann muss die Betriebsgrösse überschaubar bleiben. Vor allem reine Ackerbaubetriebe müssten Flächenbegrenzungen unterworfen sein, die noch «Bodenhaftung» erlauben. Ansonsten überfordern Massnahmen zur Biodiversität beruflich stark angespannte Landwirte. ■

**Riassunto****Biodiversità e produzione in campicoltura**

Negli ecosistemi agrari la biodiversità diminuisce in modo preoccupante. Tuttavia, i nostri campi e il loro paesaggio devono coprire gran parte del fabbisogno di alimenti di base della popolazione. Contrariamente a quanto avviene nella foraggicoltura, nella campicoltura l'obiettivo del raccolto è costituito da un determinato organo della pianta, la cui coltura è facilitata da specifiche misure colturali. Perciò le monocolture consentono di sfruttare al massimo il potenziale del raccolto. La ricerca di compromessi sostenibili deve tener conto di ogni livello della biodiversità: varietà, campo, bordi campo e paesaggio. La diversità genetica consente di ridurre la necessità di protezione fitosanitaria di una specie e delle sue varietà, aumentandone la produttività. Tuttavia, i sistemi attuali di uso del terreno limitano le possibilità di ripristinare, su un campo, il livello di diversità di organismi che esisteva agli albori della moderna agricoltura. Le potenzialità esistenti nei bordi dei campi e nel paesaggio circostante sono state identificate e messe in opera mediante programmi finalizzati alla promozione della biodiversità. Le nuove opportunità devono basarsi sulle conoscenze socioeconomiche e scientifiche e richiedono un cambio di mentalità in seno alla società. È il solo modo di creare regole che consentano di aumentare la nostra produzione primaria, di promuovere ecosistemi in grado di autoregolarsi e di garantire la sostenibilità dei paesaggi prevalentemente rurali.

**Literatur**

- Bhullar N.K., Street K., Mackay M. & Keller B., 2009. Unlocking wheat genetic resources for the molecular identification of previously undescribed functional alleles at the *Pm3* resistance locus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **106** (23), 9519–9524.
- Britschgi D., Stamp P. & Herrera J.M., 2013. Root growth of neighboring maize and weeds studied with minirhizotrons. *Weed Science* **61** (2), 319–327.
- Faget M., Liedgens M., Feil B., Stamp P. & Herrera J.M., 2012. Root growth of maize in an Italian ryegrass living mulch studied with a non-destructive method. *European Journal of Agronomy* **36**, 1–8.
- Fried P.M. & Winzeler H., 1990. Variation of characters in near-isogenic lines of wheat with added genes for leaf rust resistance. *Euphytica* **48**, 87–92.
- Hausmann C., Wackers F.L. & Dorn S., 2005. Sugar convertibility in the parasitoid *Cotesia glomerata*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* **60** (4), 223–229.

**Summary****Biodiversity and productivity in agriculture**

Concerns exist about the rapid decline of biodiversity in agroecosystems. However, we need arable land and the related landscapes to cover a high percentage of basic food supply in our society. Contrary to feed production in grasslands, arable crops need to develop specified harvestable organs before harvest is possible. Thus, the cultivation of crops in pure stands allows farmers not only to implement supporting production measures but also to reach the highest possible level of the realizable yield potential. In the search for sustainable trade-offs between productivity and biodiversity, all levels of biodiversity must be considered: the crop variety, the field, the field borders, and the landscape. Genetic diversity within variety and species can help minimize the need for plant protection and increase the yield. However, current land use systems limit the potential to maintain the species richness at the level of premodern agriculture. Options were recognized and translated into public programs for a targeted support of biodiversity at the levels of field borders and landscapes. New approaches to agriculture have to be based on knowledge generated in socioeconomy and natural sciences and require a rethinking in our society. Only with the latter can we implement new rules that will increase our primary production, promote ecosystems with high self-regulatory potential, and create sustainable farming-dominated landscapes.

**Key words:** arable fields, biodiversity, spatial levels from variety to landscape.

- Henle K., Alard D., Clitherow J., Cobb P., Firbank L., Kull T., McCracken D., Moritz R.F.A., Niemelä J., Rebane M., Wascher D., Watt A. & Young J., 2008. Identifying and managing the conflicts between agriculture and biodiversity conservation in Europe – A review. *Agriculture Ecosystems & Environment* **124** (1–2), 60–71.
- Narziss L. & Back W., 2012. Gerstenanbau. In: Die Bierbrauerei Band 1: Die Technologie der Malzbereitung. Wiley-VCH, 17 ff.
- Ruchti K. & Studer C., 2015. Zielkonflikte zwischen Biodiversitätsförderung und Pflanzenschutz. *Agrarforschung Schweiz* **6** (4), 174–177.
- Streit B., Rieger S.B., Stamp P. & Richner W., 2003. Weed populations in winter wheat as affected by crop sequence, intensity of tillage and time of herbicide application in a cool and humid climate. *Weed Research* **43** (1), 20–32.