

# Gesunde Böden – gesunde Pflanzen

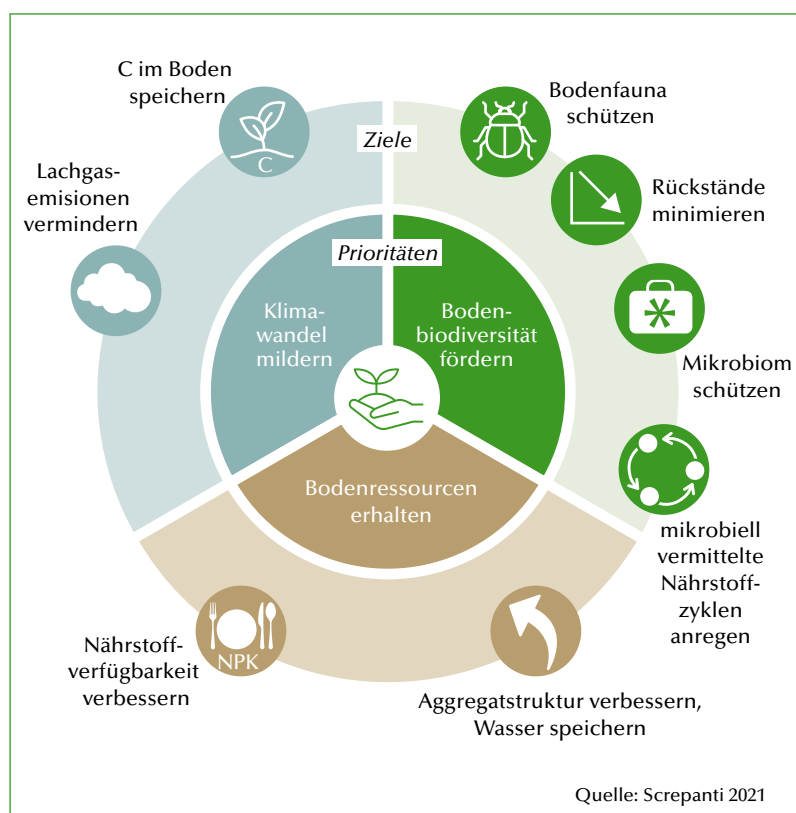
Zwischen Wurzel und Boden passiert viel mehr, als es sich die landwirtschaftliche Schulweisheit träumen lässt. Daraus entsteht gerade eine neue Disziplin in Forschung und Entwicklung: die »Bodengesundheit«. Ihr Ziel ist es, die Vorgänge im Boden besser zu verstehen und anschließend zu verbessern.



*Was sich zwischen Boden und Wurzel  
abspielt, ist das wirklich Interessante!*

Landwirtschaftlich genutzte Böden leiden. Nicht nur gehen in der EU jährlich 400 km<sup>2</sup> davon für Siedlungs- und Verkehrszwecke verloren und 1 Mrd. t als Folge von Erosion. Bodenfunktionen werden durch Verdichtungen beeinflusst, durch den Abbau von Humus, durch den Eintrag von Schadstoffen und (auch als Folge davon) den Verlust von Biodiversität. 60 bis 70% der Böden in Europa seien in keinem guten Zustand, befindet die EU-Kommission. Dabei ist der Boden eine nicht erneuerbare Ressource, von dem (trotz aller alternativen Konzepte) immer noch und wahrscheinlich noch ziemlich lange fast 100% der Nahrungsmittel erzeugt werden. Die EU arbeitet an einer Richtlinie, die den Boden in einen Rechtsrahmen wie bereits Luft und Wasser setzen soll. Auch in der wissenschaftlichen Diskussion taucht immer häufiger der Begriff »Bodengesundheit« auf. Selbst Landwirte, denen man lange einen Bezug zum Boden nur insoweit nachgesagt hatte, als fette Schlepper darauf stehen können, schauen jetzt vermehrt unter die Oberfläche. Ein Anzeichen dafür ist das zunehmende Interesse an regenerativen Verfahren oder an Biostimulanzien.

## Bodengesundheit: Ein Rahmen für die Forschung



**Aber was versteht man konkret unter Bodengesundheit?** Eine etwas komplizierte Definition bezeichnet sie als die Kapazität eines lebenden Bodens, innerhalb von natürlichen oder gemanagten Ökosystemgrenzen zu funktionieren, die Produktivität und Gesundheit von Pflanzen und Tieren ebenso zu erhalten und zu verbessern wie die Qualität von Luft und Wasser. Auch bei der Bodengesundheit reden wir also von Knappheit (des Bodens an sich) und Effizienz (seiner Nutzung). Im Grunde lässt sich Bodengesundheit betrachten wie die menschliche Gesundheit. Diese lässt sich ebenso wenig dauerhaft durch Medikamente sicherstellen wie (im Falle der Pflanzengesundheit) die Leistung einer Kulturpflanze durch Pflanzenschutzmittel. Dennoch sind gelegentlich Medikamente bzw. Pflanzenschutzmittel nötig. Da steckt nun von allem etwas drin, und deshalb lassen sich für die Bodengesundheit keine einfachen Kennzahlen verwenden. Sie ist eher ein relativer Begriff, der beschreibt, inwieweit auf der Grundlage der gegebenen Boden- und

Umweltfaktoren das jeweilige Potential ausgenutzt wird.

Der Begriff »Bodengesundheit« ist allerdings umstritten, eben weil die Messung der damit verbundenen Eigenschaften so schwierig ist. Er soll eigentlich vor allem zeigen, dass Boden keine leblose Materie ist, sondern ein lebendiges System, das viele Funktionen in Richtung Wasser, Klimawandel und menschliche Gesundheit

*Bodengesundheit ist ein neuer und nicht sehr scharf definierter Begriff.*

hat. In der landwirtschaftlichen Bodenkunde war bisher eher der Begriff »Bodenfruchtbarkeit« gebräuchlich. Damit wird aber die Funktion des Bodens exklusiv im Hinblick auf die Produktion gesehen.

**Geschichte und Zukunft.** Als wir nun eingeladen wurden, das erst seit ein paar Jahren bestehende Institut für Bodenge-

sundheit (Soil Health Centre) der Firma Syngenta im schweizerischen Stein zu besuchen, haben wir uns deshalb gefragt: Was steckt dahinter? Ein neues Etikett für Aktivitäten, die seit jeher laufen? Gar eine Art von »Greenwashing«? Gelernt haben wir: Bodengesundheit hat in diesem Unternehmen (bzw. seinen Vorgängern) eine lange Geschichte, auch wenn der Begriff relativ neu ist. Aber viel wichtiger und interessanter ist die Zukunft, die man sich mit Blick auf neue Geschäftsfelder davon erhofft.

Die Auswirkungen von Pflanzenschutzmittelrückständen sind dort der traditionelle Teil des Themas Bodengesundheit. Keimzelle der heutigen Aktivitäten ist die auf die 1980er Jahre zurückgehende Umweltbegleitforschung für Atrazin, das bei der Syngenta bzw. ihren Vorgängerfirmen eine besondere Bedeutung hatte. Eine solche Begleitforschung spielt natürlich auch heute noch eine große Rolle, nur hat sich die Herangehensweise verändert. In der Vergangenheit wurden konkrete Vorgaben der Zulassungsbehörden abgearbeitet. Heute versucht man, darüber hinaus ein breiteres Bild der Vorgänge im Boden zu gewinnen.



Vieles im Labor ist automatisiert. Hier eine Wiegeeinrichtung zur Bestimmung der Pflanzentranspiration nach unterschiedlichen Düngergaben.

Foto: Syngenta

**Dahinter stehen zwei Ziele mit durchaus auch wirtschaftlichem Antrieb.** Erstens die künftige Regulatorik im Pflanzenschutz mit neuen Erkenntnissen zu unterstützen: Begleitforschung soll relevant und nicht nur für den Aktenordner gut sein. So werden Bodengesundheitsdaten bei der Entwicklung neuer Wirkstoffe von vornherein berücksichtigt. Und zweitens die faszinierende Idee, aus einem besseren Verständnis der Vorgänge im Boden heraus neue Produkte zu entwickeln. Wie die Haber-Bosch-Synthese von Düngemitteln aus Luftstickstoff oder die Entwicklung chemischer Pflanzenschutzmittel im 20. Jahrhundert könnte dies zur agrarischen Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts werden.

Deshalb ist bei der Syngenta aus anfänglichen »Visionen aus der Garage« mittlerweile eine Unternehmensstrategie geworden, die auch gut zu den eigenen Nachhaltigkeitszielen passt. Es geht um nicht weniger als eine neue Generation von Produkten. Nicht mehr oder weniger austauschbare »Mittel« stehen im Fokus solcher Überlegungen, sondern auf einer Fülle von Daten beruhende, fast schon personalisierte »Farm-Medizin«. Es gibt

unendlich viele Ansatzpunkte für derartige Lösungen. Bei der Syngenta hat man einen Rahmen geschaffen, der drei Prioritäten der Bodengesundheit mit den dazu gehörenden Zielen verbindet (siehe Grafik). Boden als Ressource bedeutet vor allem: Nährstoffe und Wasser festhalten und kleinräumig der Pflanze zur Verfügung stellen. Klimawandel heißt Kohlenstofffestlegung und weniger Lachgas. Auf die Bodenbiodiversität zählen u. a. verminderte Rückstände in Boden und Wasser, der Schutz von Bodentieren und Mikrobiom sowie die Förderung mikrobiell getriebener Nährstoffzyklen ein. Um diesen Rahmen mit Inhalten zu füllen, arbeiten Experten aus ganz unterschiedlichen Bereichen zusammen: aus der Ökologie, dem Pflanzenschutz, der Physiologie und nicht zuletzt der praktischen Landwirtschaft.

**Derartige Produkte verlangen der Praxis deutlich mehr ab als klassische Pflanzenschutzmittel.** Bei denen gibt es klare »Wenn-dann«-Beziehungen und als Folge

eine im Zuge der Zulassung bei bestimmungsgemäßer Anwendung garantierte Wirkung. Ob sich die Einsatzbedingungen eines Phytohormons an der Wurzel jemals so klar definieren lassen wie die eines Fungizides? Wahrscheinlich nicht. Geld kosten diese Produkte aber trotzdem. Es gibt nur eine Möglichkeit, ihren Einsatz berechenbar zu machen: so viele individuelle Umgebungsinformationen zu sammeln wie möglich und daraus Wirkungsbeziehungen abzuleiten. Das ist eindeutig ein Fall für »Big Data«. Es verlangt aber gerade deshalb wahrscheinlich ein neues Miteinander von Anbieter und Kunde: Solche Produkte kauft man nicht von der Stange. Vielleicht kauft man auch irgendwann nicht mehr das Produkt, sondern eine Produktleistung als Systemlösung.

**Das »geheime Leben der Pflanzen«.** Es ist, so hören wir in Stein, mit diesen Arbeiten ein wenig so wie vor 60 Jahren mit der Mondlandung: Wir wissen nicht genau, wie wir es im Detail bewerkstelligen, aber wir wissen, dass es möglich ist. Im Fall der Mondlandung hat es nur wenige Jahre gedauert... Auch wenn die Wissenschaft über die Vorgänge zwischen Wurzel und Boden täglich dazulernt, weiß sie doch schon ziemlich viel. Rhizosphäre (der schmale Bereich zwischen Wurzeloberfläche und Boden), Mikrobiom (die Ge-

*Was wie Zukunftsmusik klingt, könnte alltägliche Praxis werden.*

samtzahl der Mikroorganismen in diesem Bereich) oder Mykorrhiza (die Symbiose von Wurzel und Pilzen) sind mehr als nur Schlagworte.

Wissenschaftler sprechen tatsächlich von einer »Kommunikation«, die sich im Bereich zwischen Boden und Pflanze abspielt. Sie meinen jedoch nicht (in Anlehnung an einen Bestsellertitel) »das geheime Leben der Bäume« oder ähnlichen

esoterischen Unfug. Sondern sie reden im Kern von Chemie. Pflanzen »sprechen« Chemie. Denn wirksam bei den Vorgängen im Boden sind chemische Stoffe, zum Beispiel Pflanzenhormone. Sie bestimmen die Abwehrmechanismen gegenüber Pathogenen, reagieren auf Trockenheit oder Nährstoffmangel. Bis zu 50 % der aus der Photosynthese hervorgegangenen Stoffe gehen als »Metabolite« in die Rhizosphäre! Mikroorganismen (pathogene und nützliche) produzieren dort wiederum andere Substanzen. Wenn man weiß, wie sie zusammen- oder gegeneinander wirken, kann man die Vorgänge (möglicherweise) gezielt steuern, indem man bestimmte Substanzen als »mikrobielle Aktivatoren« ergänzt.

**Praxistaugliche Lösungen.** Natürlich arbeiten die Forscher nicht einfach in der Hoffnung auf einen Glückstreffer vor sich hin. Die Suche nach Substanzen, die zum Beispiel nützlich für die Mykorrhizabildung sind, verläuft auf der Grundlage un-

endlich vieler Daten und Künstlicher Intelligenz sehr systematisch. Ausgangspunkt ist die mikrobielle Aktivität eines Bodens, das bedeutet: die Zusammensetzung und die physiologische Aktivität der Mikroorganismen. Mittels DNA-Metabarcoding lassen sich heute Tausende von Arten gleichzeitig bestimmen, indem standardisiert kleine Genfragmente parallel bestimmt (sequenziert) werden. Auf diese Weise lässt sich die Struktur des jeweiligen Mikrobioms rekonstruieren. An diesem wird dann eine Vielzahl von Komponenten getestet, die entweder hemmend, neutral oder stimulierend auf die Mikroorganismen wirken. Daraus entstehen dann Biostimulanzien, die sich positiv auf bestimmte Umwelten auswirken.

Es gibt z.B. Phytohormone (die Strigolactone), die auf die Zusammensetzung des Wurzelmikrobioms wirken und auch die Mykorrhizabildung anregen. Sie wirken gegen abiotischen Stress wie Trockenheit oder Nährstoffmangel. Damit hätte man eine Antwort auf viele Probleme, die

die Landwirtschaft derzeit und erst recht in Zukunft plagen. Es würde schon reichen, der Pflanze in kurzen, aber wichtigen Phasen (z. B. bei der Ertragsbildung) das »Gefühl« zu geben, keinen Stress zu empfinden.

**Die Herausforderung ist nicht nur, die passenden Substanzen zu finden.** Sie müssen auch stabil »arbeiten« können. Die Strigolactone zum Beispiel werden in einer natürlichen Umwelt sehr schnell abgebaut. Hier kommt es also auch auf die Formulierungskünste an. Das ist bei einem klassischen Pflanzenschutzmittel nicht grundlegend anders. Neu ist – wie schon gesagt –, dass künftige, moderne Biostimulanzien nicht mehr einfach in den Spritztank gefüllt und appliziert, sondern passend für eine durch Daten beschriebene agronomische Umwelt gezielt eingesetzt werden. Der Maßanzug wird damit zum Maß des Erfolges.

Thomas Preuß

## Bodengesundheit und Pflanzengesundheit gemeinsam betrachten

Bodengesundheit ist ein relativ neuer Begriff, auf den sich von Landwirten bis zu NGOs viele einigen können. Eine Definition spricht von einem »multidimensionalen Konzept, das den Boden in die Lage versetzt, als Ökosystem Tiere und Pflanzen zu erhalten und eine Nutzung durch den Menschen (Landwirtschaft, Wald) zu ermöglichen«. Dieser Zustand wird von einer Reihe landwirtschaftlicher Praktiken unterstützt: Bodenbedeckung mit Zwischenfrüchten, reduzierte Bodenbearbeitung oder Fruchtfolge sollen Erosion und Nährstoffverluste vermindern, Humus aufbauen und insgesamt eine nachhaltige Produktion ermöglichen. Diese Definition kommt der Beschreibung regenerativer Landwirtschaft ziemlich nahe.

**Wie ist die Abgrenzung zur Pflanzengesundheit?** Diese erreicht man durch Pflanzenschutz, also eher kurzfristige Maßnahmen. Es gibt einzelne, vor allem für Direktsaatverfahren relevante Berührungspunkte, so der Versuch, Zwischenfrüchte zur Unkrautunterdrückung einzusetzen. Aber bisher wurden Zusammenhänge zwischen Boden- und Pflanzengesundheit kaum hergestellt. Pflanzengesundheit erreicht man »reaktiv«, das heißt, wenn Schaderreger wahrscheinlich auftreten oder schon vorhanden sind. Bodengesundheit ist vorbeugend und zunächst ohne konkrete Zielorganismen. Aber die beiden Wege nähern sich an. Zunehmend sucht die Pflanzenschutz-

industrie nach Möglichkeiten, den Pflanzenschutz mit Bodengesundheitspraktiken kompatibel zu gestalten und die Funktionen der Bodenlebewesen nicht zu beeinträchtigen. Die Zulassungsaufgaben fordern dies bislang nur sehr verhalten, spielen in Zukunft aber sicherlich eine größere Rolle. Denn Pflanzenschutzmitteln wird oft eine schädigende Rolle in Bezug auf das Bodenleben vorgehalten, ohne dass dies im Einzelnen immer nachgewiesen werden muss oder kann.

**Eine Art Vorsorgeuntersuchung.** Daneben soll (wie im Beitrag beschrieben) die Abhängigkeit der Produktionssysteme von chemischen Pflanzenschutzmitteln sinken, indem Mikroorganismen im Boden einen Teil dieser Aufgabe übernehmen. Natürlich gilt das nur für die Wurzel und nicht für Stängel, Blatt oder Blüte. Zuvor braucht es Wissen darüber, wie sich Agrochemikalien (Pflanzenschutzmittel oder Biostimulanzien) auf Mikroorganismen in einer bestimmten Umwelt auswirken. Man untersucht dazu nicht deren Arten, sondern die Funktionen im Zusammenhang mit den N-, P- und C-Zyklen sowie biotischem und abiotischem Stress.

Das Ergebnis lässt sich, platt ausgedrückt, mit dem einer Vorsorgeuntersuchung beim Arzt vergleichen. Erst bei Bedarf können bzw. müssen dann Medikamente eingesetzt werden.

–pr–