

# Die Ressource Boden nachhaltig nutzen

## Nationales Forschungs- programm NFP 68 Gesamtsynthese

Urs Steiger, Paul Knüsel, Lucienne Rey | Herausgeberin: Leitungsgruppe des NFP 68



SCHWEIZERISCHER NATIONALFONDS  
ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG



**Ressource Boden**  
Nationales Forschungsprogramm NFP 68











# Inhalt

	Hauptbotschaften und Empfehlungen des NFP 68	6
	Vorwort	12
<b>1</b>	Einführung	13
<b>2</b>	Boden – die grundlegende Ressource	20
<b>3</b>	Der Boden – Basis wichtiger Leistungen	28
<b>4</b>	Boden und Raumplanung: Auf die Bodenqualität kommt es an	36
<b>5</b>	Ansätze für eine bodenschonende Landwirtschaft	44
<b>6</b>	Grosser Bedarf an Bodeninformationen	54
<b>7</b>	Die Schweiz – kleines Land mit hohem Bodenverbrauch im Ausland	60
<b>8</b>	Auf dem Weg zur nachhaltigen Nutzung des Bodens in der Schweiz	66
	Die Forschungsprojekte des NFP 68	72
	Glossar	76
	Impressum	80

# Hauptbotschaften und Empfehlungen des NFP 68

Das NFP 68 erarbeitete in den Jahren 2013 bis 2018 Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Ressource Boden. Fünf Autorenteams haben die Ergebnisse aus 25 Forschungsprojekten und vier Fokusstudien in fünf thematischen Synthesen gebündelt. Die vorliegende Gesamtsynthese stützt sich im Wesentlichen auf diese Publikationen (S. 72ff) sowie auf weitere beigezogene Literatur. Sie konzentriert sich dabei auf bestimmte Kernthemen, die sich sowohl aus den Forschungsarbeiten als auch dem intensiven Dialog mit den Akteuren innerhalb und ausserhalb der Forschung herauskristallisiert haben. Die einführenden Kernbotschaften und Empfehlungen des NFP 68 hat die Leitungsgruppe erarbeitet.

Das NFP 68 ist nach dem NFP 22 «Nutzung des Bodens in der Schweiz» (1985 bis 1990) das zweite Nationale Forschungsprogramm, das sich diesem Thema widmet. Seit dem NFP 22 wurde in der Landwirtschaftspolitik mit der Agrarreform Mitte der 1990er-Jahre ein Richtungswechsel hin zu einer ökologischeren Bewirtschaftung eingeleitet. In der Raumplanung wurden verschiedene wichtige Massnahmen jedoch erst in jüngster Zeit an die Hand genommen oder haben noch nicht die gewünschte Wirkung erzielt. Das NFP 68 zeigt auf, wie bisher vernachlässigte Aufgaben, etwa die Bodenkartierung, angepackt werden können und welcher Nutzen sich daraus ergibt. Es hat Instrumente und Strategien entwickelt, die es erlauben, eine nachhaltige Bewirtschaftung der Ressource Boden voranzubringen.

---

## Der Boden erfüllt vielfältige Funktionen.

Dank seiner physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften erfüllt der Boden vielfältige Funktionen für die Umwelt und die Gesellschaft. Nicht nur bildet er die Basis der Nahrungsmittelproduktion und der Biodiversität; der Boden filtert auch Wasser und gewährleistet so eine kostengünstige Trinkwasserversorgung. Er speichert Wasser und Kohlenstoff, vermindert dadurch das Hochwasserrisiko und spielt eine bedeutende Rolle für den Klimaschutz. Diese ökologischen Funktionen und gemeinwirtschaftlichen Leistungen des Bodens werden von der ökonomisch hochbewerteten Funktion als Träger von Bauten und Infrastruktur überschattet und deshalb von Politik und Gesellschaft ungenügend wahrgenommen. Boden ist in menschlichen Zeiträumen nicht erneuerbar. Beeinträchtigte Bodenfunktionen sind nur beschränkt und mit hohem (Kosten-)Aufwand wiederherstellbar. Eine nachhaltige Nutzung des Bodens bedingt deshalb, dass seine vielfältigen Funktionen, die in ihrer Gesamtheit die Bodenqualität bestimmen, geschont und erhalten werden.

### Das NFP 68 empfiehlt,

- beim Umgang mit Boden der Vorsorge Priorität einzuräumen,
- Bodennutzungsentscheide stets unter Beachtung der verschiedenen Bodenfunktionen und der darauf aufbauenden Ökosystemleistungen zu fällen,
- im Rahmen einer Interessenabwägung stets die Chancen und die Risiken für die einzelnen Bodenfunktionen und somit die Bodenqualität zu beurteilen.



Parabraunerde in der Hard, Birsfelden BL

---

## **Die bauliche Entwicklung ist die grösste Gefahr für Schweizer Böden.**

Mit der Versiegelung des Bodens als Folge des Bauens droht in der Regel der vollständige Ausfall der Bodenfunktionen und der damit verbundenen Leistungen. Eine nachhaltige Bodennutzung erfordert, dass dieser Verlust reduziert und mittelfristig limitiert wird. Möglichkeiten dazu bietet insbesondere die Raumplanung, indem sie die Bodenqualität berücksichtigt. Ein konsequentes Flächenmanagement (Rückzonungen, Abtausch von Bauzonen, Baulandumlegungen, Bekämpfung der Baulandhortung) ist als Bestandteil einer haushälterischen Bodennutzung unumgänglich. Die Auswirkungen heutiger Raumplanungsentscheide zeigen sich meist erst in zwei bis drei Jahrzehnten; gleichzeitig verengt sich der Handlungsspielraum rasant. Die Umsetzung muss deshalb heute starten.

### **Das NFP 68 empfiehlt,**

- die Bodenqualität als massgebliche Entscheidungsgrösse in die Raumplanungsgesetzgebung zu integrieren und dabei auch jene Böden zu berücksichtigen, die nicht als Fruchtfolgefleichen klassiert sind,
- den fortschreitenden Verlust qualitativ hochwertiger Böden unter Verwendung von Bodenindexpunkten als Steuerungsinstrument (inkl. Kontingentierung) zu begrenzen,
- den Druck zur Innenentwicklung aufrechtzuerhalten und Bauweisen zu fördern, die den Erhalt der Bodenfunktionen (z.B. Retention oder Filtration) ermöglichen.

---

## **Die Schweiz verfügt über leistungsfähige Böden.**

Dank bereits ergriffener agrar- und umweltpolitischer Massnahmen befinden sich die land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden der Schweiz in verhältnismässig gutem Zustand. Verdichtung, Erosion, der Verlust an organischer Bodensubstanz und Biodiversität sowie Schadstoffeinträge gefährden jedoch die Bodenqualität und damit die Leistungen des Bodens. Alle Akteure in der Wertschöpfungskette (Landwirte, Produzenten, Verarbeiter, Vermarkter, Konsumenten) tragen Verantwortung für die Bodenqualität und ihre nachhaltige Bewirtschaftung.

### **Das NFP 68 empfiehlt,**

- die Bodenbewirtschaftung im Sinne einer standortgerechten, regional angepassten Land- und Forstwirtschaft weiterzuentwickeln, die die Bodenfunktionen und Leistungen, die der Boden erbringt, optimal nutzt und Bodenschäden wie Erosion, Verdichtung, Schadstoffeinträge und Humusverlust vermeidet,
- den Gehalt an organischer Bodensubstanz und die Bodenverdichtung im Direktzahlungssystem der Landwirtschaftspolitik als zentrale Indikatoren für die Bodenqualität zu verwenden.

---

## **Die Böden spielen eine wichtige Rolle im Klimasystem.**

Die organische Bodensubstanz ist der grösste terrestrische Kohlenstoffspeicher und deshalb wichtig für das Klimasystem. Durch unangepasste landwirtschaftliche Nutzung und



Waldmeister-Buchenmischwald in der Hard, Birsfelden BL

insbesondere durch die Entwässerung von Moorböden, sogenannten organischen Böden, entweichen bedeutende Mengen Kohlenstoff in Form von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre. Eine klimaneutrale, nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung organischer Böden ist nicht möglich. Der Klimawandel wird deren Abbau weiter verstärken. Die hohe Stickstoffdüngung in weiten Teilen der Schweizer Landwirtschaft bewirkt zudem hohe Emissionen von klimawirksamen Lachgas (N<sub>2</sub>O) aus dem Boden.

**Das NFP 68 empfiehlt,**

- grundlegende gesellschaftspolitische Entscheidungen zur Rolle der organischen Böden zu treffen; dabei sind soziale, ökonomische und Umweltaspekte zu berücksichtigen; aus Sicht des Klimaschutzes und unter Berücksichtigung der gesellschaftlichen Kosten des Klimawandels ist auf eine weitere landwirtschaftliche Nutzung organischer Böden zu verzichten,
- die Bemühungen zur Reduktion der Stickstoffbelastung zu verstärken.

---

### **In der Schweiz fehlen flächendeckende Bodeninformationen.**

Für eine nachhaltige Nutzung des Bodens ist die Verfügbarkeit relevanter Bodeninformationen jedoch unabdingbar. Die Investitionen in eine flächendeckende Bodenkartierung erlauben datenbasierte Analysen und Aussagen zum Zustand des Bodens und verbessern die Grundlage für die Vorsorge. Sie ermöglichen Kosteneinsparungen, die einem Mehrfachen der Investitionen entsprechen.

**Das NFP 68 empfiehlt,**

- prioritär zu kartierende Gebiete zu bestimmen und die Schweizer Böden etappenweise flächendeckend zu kartieren,
- den Aufbau einer Bodeninformations-Plattform Schweiz, die einheitliche Erhebungsmethoden erarbeitet, die landesweite Harmonisierung von Bodeninformationen gewährleistet, interaktive Produkte wie Anwender- und Bodenfunktionskarten zur Verfügung stellt und den Zugang zu ihnen für Wissenschaft, Behörden und Praxis sicherstellt.

---

### **Die Produktion von Landwirtschafts- und Industriegütern im Ausland beansprucht ein Mehrfaches der Schweizer Landesfläche.**

Politische Entscheidungen, aber auch Entscheide von Unternehmen und Konsumentinnen und Konsumenten hierzulande beeinflussen die Nutzung des Bodens auf der ganzen Welt. Die Schweiz trägt eine Mitverantwortung für die Bodennutzungen und -belastungen im Ausland und deren soziale Auswirkungen.

**Das NFP 68 empfiehlt,**

- Konsumentinnen und Konsumenten Informationen zur nachhaltigen Nutzung des Bodens im In- und Ausland bereitzustellen,
- bei grossen Landakquisitionen und Verträglichkeitsprüfungen Bodenaspekte zu berücksichtigen und die negativen Auswirkungen so gering wie möglich zu halten.

---

**Die Bodenqualität ist eine von der Politik und der Gesellschaft vernachlässigte Grösse.**

Für eine nachhaltigere Nutzung des Bodens sind ein grösseres Engagement seitens der Politik und eine intensivere und koordinierte Zusammenarbeit der involvierten Akteurinnen und Akteure notwendig.

**Das NFP 68 empfiehlt,**

- baldmöglichst die politische Weichenstellung für eine nachhaltige Nutzung des Bodens vorzunehmen – unter anderem durch Berücksichtigung der Bodenqualität in der Gesetzgebung und den Aufbau einer Bodeninformations-Plattform,
- die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Anspruchsgruppen – insbesondere zwischen Umwelt-, Landwirtschafts- und Raumplanungsfachleuten – auf allen Staatsebenen zu vertiefen und zu koordinieren,
- die diskutierte Bodenstrategie Schweiz zu verabschieden, deren Umsetzung zügig voranzutreiben und die Gesellschaft für Bodenfragen zu sensibilisieren.

# Vorwort

Es ist uns kaum bewusst, in welchem Masse wir tagtäglich von den vielfältigen Leistungen des Bodens profitieren, sei dies beim Konsum von Nahrungsmitteln und Trinkwasser, beim Ausspannen im angenehmen Mikroklima eines Stadtparks, dank der Wasserretention bei Hochwasser oder in Trockenzeiten usw. Wir nutzen dabei ein Ökosystem, das sich über Jahrtausende entwickelt hat, dessen Qualität aber durch vielfältige Beanspruchungen gefährdet ist. Kümmern wir uns nicht intensiv um den Schutz der Bodenqualität, nehmen wir hohe Verluste in Kauf, die uns teuer zu stehen kommen können.

Die Forschenden des NFP 68 haben in den vergangenen Jahren grundlegend neues Wissen zum «System Boden» erarbeitet und ein breites Spektrum an Konzepten und Instrumenten entwickelt, das dazu beiträgt, die Herausforderungen zum Schutz der Bodenqualität anzugehen. Sie haben in dieser Zeit auch eine gemeinsame Sprache gefunden, um sich disziplinübergreifend über den Boden und seine Qualitäten auszutauschen. Besonders zwischen den Natur-, den Sozial- und den Ingenieurwissenschaften ist ein Dialog in Gang gekommen. Damit haben sie auch ein wichtiges Ziel des NFP 68 erreicht.

Die Forschungsgemeinschaft des NFP 68 hat einen intensiven Austausch mit Praxisakteurinnen und -akteuren gepflegt, unter anderem mit nationalen und kantonalen Verwaltungsstellen, mit Planerinnen und Planern sowie Landwirtinnen und Landwirten. Die Ergebnisse und Empfehlungen haben denn auch bereits laufende Konzept- und Gesetzgebungsarbeiten befruchtet. Das gewachsene Netz bildet eine Basis für deren Vertiefung und Weiterentwicklung. Nach Abschluss des Programms ist aber weiterhin ein grosses Engagement gefragt, um die Defizite im Bereich der Bodenpolitik und deren Vollzug zu beheben.

Die Gesamtsynthese des NFP 68 fasst die zentralen Empfehlungen zum Umgang mit dem Boden zusammen und rückt jene Themen ins Zentrum, die aus dessen Sicht besondere Aufmerksamkeit verdienen. Angesichts der grossen Bodenbeanspruchung der Schweiz auf der ganzen Welt ist auch der globalen Verantwortung künftig mehr Beachtung zu schenken.

Im Namen der Leitungsgruppe danke ich dem Bundesrat als Auftraggeber dieses Forschungsprogramms, dem Schweizerischen Nationalfonds für das entgegengebrachte Vertrauen, den Forschenden für ihre motivierte und inspirierende Arbeit und allen, die das Programm mit engagierter Kritik begleitet haben.

*Prof. Dr. Emmanuel Frossard*

*Präsident der Leitungsgruppe des Nationalen Forschungsprogramms  
«Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68)*

Das NFP 68 erarbeitete in den vergangenen sechs Jahren Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Ressource Boden. Es ist nach dem NFP 22 «Nutzung des Bodens in der Schweiz» (1985 bis 1990) das zweite Nationale Forschungsprogramm, das sich diesem Thema widmet. Seit dem NFP 22 wurden vor allem in der Landwirtschaftspolitik gewisse Fortschritte gemacht. In der Raumplanung wurden verschiedene wichtige Massnahmen jedoch erst in jüngster Zeit eingeleitet oder haben noch nicht die gewünschte Wirkung erzielt. Das NFP 68 zeigt auf, wie vernachlässigte Aufgaben, etwa die Bodenkartierung, angepackt werden können und welcher Nutzen sich daraus ergibt. Es hat Instrumente und Strategien entwickelt, die es erlauben, die nachhaltige Bewirtschaftung der Ressource Boden voranzutreiben. Das NFP 68 unterstreicht aber auch die Verantwortung der Schweiz für die Bodennutzung im Ausland.

Das Nationale Forschungsprogramm «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68) startete 2012 mit dem Ziel, interdisziplinär Grundlagen zu erarbeiten, um die Prozesse im Boden besser zu verstehen, seine Funktionen genauer zu quantifizieren und die Ressource Boden in der Schweiz nachhaltig bewirtschaften zu können. Im Vordergrund stand das Anliegen, die Kenntnisse über das System «Boden» zu verbessern, Werkzeuge zur Bewertung des Bodens als Ressource zu entwickeln sowie Konzepte und Strategien zu dessen nachhaltigen Nutzung zu entwickeln. Das NFP 68 verfügte über einen Finanzrahmen von 13 Millionen Franken. Weitere 4 Millionen Franken standen dem NFP 68 und dem NFP 69 («Gesunde Ernährung und nachhaltige Lebensmittelproduktion») gemeinsam für Projekte im Rahmen der «European Joint Programming Initiatives» (JPI) zur Verfügung, etwa für das Programm «Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Klimawandel» (FACCE-JPI).

Auf Basis von zwei Ausschreibungen starteten ab 2013 in einer ersten Phase 21 Forschungsprojekte. In einer zweiten Phase kamen ab 2016 vier Projekte hinzu, in denen die jeweiligen Teams Erkenntnisse aus der ersten Phase vertieften und konkretisierten. Zwölf weitere Projektteams engagierten sich in internationalen Forschungsk Kooperationen von FACCE-JPI. Als Schwerpunkte des Programms gingen aus der ersten Ausschreibung die Themen «Bodenbiologie», «Boden in der landwirtschaftlichen Nutzung», «organische Bodensubstanz» sowie «Bodeninformation und Steuerung des Bodenverbrauchs» hervor. Juristische und ökonomische Fragestellungen wurden aufgrund fehlender Projekteingaben ebenso wie soziokulturelle Aspekte der Bodennutzung nur begrenzt untersucht. Insgesamt sind dies schmerzhaft Lücken des Programms.

Ab 2016 lancierte das NFP 68 fünf thematische Synthesen (S. 74f) und die vorliegende Gesamtsynthese. Hinzu kamen vier Fokusstudien in Bereichen, in denen angesichts der Forschungsergebnisse mit relativ geringem Aufwand ein wichtiger zusätzlicher Erkenntnisgewinn zu erwarten war. Die Fokusstudien trugen wesentlich zu den thematischen Synthesen und zum NFP 68 insgesamt bei.

## Ganzheitlicher Bodenschutz

Ein zentrales Anliegen des NFP 68 war es, die verschiedenen Forschungs- und Praxisbereiche, die sich mit dem Boden befassen, miteinander zu verbinden, insbesondere die

Bodenwissenschaften, die den Boden in seiner Dreidimensionalität betrachten, und die Raumplanung, die ihn als Fläche behandelt. Bei diesem Dialog zwischen den Fachbereichen sollte vor allem das Verständnis für die verschiedenen Funktionen gestärkt werden, die der Boden aufgrund seiner physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften erfüllt (Kapitel 2 und 3).

Die vielschichtige Betrachtungsweise des Bodens hängt unter anderem von den unterschiedlichen Erwartungen ab, die von einzelnen Gesellschaftsgruppen an ihn gestellt werden. So unterscheiden sich auch die Vorstellungen, was ein «guter Boden» ist. In einem umfassenden Verständnis von Boden, wie es beim NFP 68 im Zentrum stand, ist es nicht nur die Produktivität in der Land- und Forstwirtschaft, die die Qualität eines Bodens ausmacht; ebenso wichtig sind Aspekte wie Wasserretention, Biodiversität und Stabilität. Der Begriff «Bodenqualität» beinhaltet in umfassender Weise, welche Funktionen ein Boden an einem bestimmten Standort wie gut zu erfüllen vermag und zu welchen Ökosystemleistungen er beiträgt (Kapitel 3).

### **Intensiver Austausch mit Akteurgruppen**

Das NFP 68 pflegte einen engen und intensiven Austausch mit Praxisakteuren aus Verwaltungen, Branchenorganisationen, Industrie, Beratungsunternehmen und Landwirtschaft. Verschiedene Forschungsteams organisierten den direkten Austausch im Rahmen von Begleitgruppen und Projektmeetings. Bei manchen Projekten engagierten sich die Praxisakteure mit Drittmitteln an der Finanzierung und waren so direkt in den Forschungsprozess involviert.

Die Synthesephase startete 2016 mit einer Serie von drei Workshops, in deren Rahmen die vorläufigen Ergebnisse und Empfehlungen der NFP 68-Projekte mit ausgewählten Akteuren diskutiert und bewertet wurden. Die Erkenntnisse daraus dienten den Projektteams zur Schärfung ihrer abschliessenden Empfehlungen und den Autorinnen und Autoren der fünf thematischen Synthesen als Grundlage für die Konzeption ihrer Syntheseprojekte. Begleitgruppen diskutierten zudem die Konzepte, Entwürfe und Empfehlungen der einzelnen thematischen Synthesen.

### **Gesamtsynthese: Mehr als die Summe der Einzelergebnisse**

Zur Vorbereitung der Gesamtsynthese führte das NFP 68 im November 2017 eine dreitägige «Malik Syntegration®» durch, eine Veranstaltung zur gezielten Verknüpfung von Ergebnissen und zur Wissensintegration. Die vierzig Teilnehmenden stammten aus wissenschaftlichen Institutionen (insbesondere Forschende des NFP 68), der Bundesverwaltung und aus kantonalen Verwaltungen, Verbänden und anderen Organisationen. Sie setzten sich mit der Frage auseinander: «Wie steuern, gestalten und entwickeln wir in der Schweiz die nachhaltige Nutzung der Ressource Boden?» Ziel war es, die Forschungsergebnisse des NFP 68 im Kontext der Praxiserfahrungen zu reflektieren, daraus eine Grundstruktur für die Gesamtsynthese zu gewinnen und prioritäre Handlungsfelder für eine nachhaltige Nutzung der Ressource Boden zu erarbeiten.



Stark veränderte und versiegelte Stadtböden

Entsprechend stellt die vorliegende Gesamtsynthese nicht einfach die Summe der Ergebnisse des NFP 68 dar. Vielmehr versucht sie, auf Basis der wissenschaftlichen Ergebnisse des NFP 68 wichtige Fragestellungen von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zu diskutieren. Sie ergänzt in diesem Sinne die fünf thematischen Synthesen, die Teilbereiche des NFP 68 behandeln.

### **Bodenforschung hat Neuausrichtung der Landwirtschaft in den 1990er-Jahren beeinflusst**

Das NFP 68 ist nicht das erste Nationale Forschungsprogramm in der Schweiz, das sich mit dem Boden befasste. 1983 wurde das Nationale Forschungsprogramm «Nutzung des Bodens in der Schweiz» (NFP 22) ins Leben gerufen. Es veröffentlichte 1991 den Schlussbericht unter dem Titel «Bodenkultur – Vorschläge für eine haushälterische Nutzung des Bodens in der Schweiz». Im Gegensatz zum NFP 68 befasste sich das NFP 22 auch intensiv mit den gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekten des Bodens. Es formulierte Massnahmenvorschläge in sieben Bereichen. Im Bereich «multifunktionale Landwirtschaft» leitete die Agrarreform der 1990er-Jahre einen Richtungswechsel hin zu einer ökologischeren Landwirtschaft ein. Mit landwirtschaftspolitischen Massnahmen – vor allem dem ökologischen Ausgleich – und der schrittweisen Inkraftsetzung der Biotopinventare nach dem Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) wurden auch im Bereich «naturnahe Flächen erhalten, wiederherstellen und regenerieren» markante Fortschritte erzielt. Mit den Bestimmungen zu den Belastungen des Bodens im Umweltschutzgesetz (USG) von 1995 und der darauf aufbauenden Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) von 1998 wurden zentrale Empfehlungen des NFP 22 umgesetzt.

In den übrigen Bereichen – «Siedlungsentwicklung nach innen», «Siedlungsbegrenzung», «Bodenmarkt und sozialer Ausgleich», «Forschung, Information, Animation, Koordination» – blieben die Vorschläge des NFP 22 jedoch weitgehend unbeachtet. In den raumplanungsnahen Bereichen bedurfte es des politischen Drucks von Volksinitiativen auf nationaler und kantonaler Ebene, um den Vorschlägen im Sinne des NFP 22 Nachachtung zu verschaffen. Mit der ersten Etappe der Revision des Raumplanungsgesetzes von 2012 (RPG 1) – ein indirekter Gegenvorschlag zur Landschaftsinitiative – fanden Bestimmungen zur «Siedlungsentwicklung nach innen» Eingang ins Gesetz, die nun umgesetzt werden. Auch der Erfolg der Zweitwohnungsinitiative und der kantonalen Kulturlandinitiativen an der Urne und die noch hängige Zersiedlungsinitiative können als Ausdruck des Missmuts über das mangelnde politische Handeln im Bereich des Bodenverbrauchs nach Abschluss des NFP 22 gewertet werden. Dank dieser Initiativen hat auch die Politik den Handlungsbedarf erkannt: 2016 wurde das Zweitwohnungsgesetz in Kraft gesetzt, und derzeit sind Bestrebungen im Gang, den Schutz des Kulturlandes und der Fruchtfolgeflächen zu stärken.

### **Bleibende Herausforderungen: Vollzugsdefizite und Politikversagen**

Im Massnahmenbereich «Information» des NFP 22 wurden in den 1990er-Jahren sogar Rückschritte in Kauf genommen: Aufgrund einer Reorganisation der Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau in Zürich-Reckenholz (FAP; heute Agroscope)

wurde 1998 der nationale Bodenkartierungsdienst eingestellt und die Aufgabe der Bodenkartierung den Kantonen übertragen. Zahlreiche Kantone haben ihre Kartierungsarbeiten seit damals aber kaum vorangetrieben.

Nicht nur hinsichtlich der Kartierung besteht im Bereich des Bodenschutzes ein Vollzugsnotstand. In einer Analyse des Bundesamtes für Umwelt von 2014 erwies sich der Bereich «Boden» unter 19 untersuchten Umweltbereichen als jener mit den insgesamt grössten Vollzugsdefiziten. 15 Kantone gaben an, den im Gesetz vorgesehenen Bodenschutzmassnahmen nicht oder nur teilweise nachkommen zu können. In manchen Kantonen steht für den Vollzug dieser Aufgaben weniger als eine halbe Stelle zur Verfügung. Dies steht im Kontrast zu anderen Umweltbereichen wie dem Gewässerschutz oder der Lufthygiene, in denen der Bund und die Kantone seit Jahrzehnten Grenzwerte eingeführt haben, differenziert Daten erheben und über Strategien, Massnahmenpläne und ausreichende personelle Ressourcen verfügen.

Angesichts der geringen Fortschritte im Umgang mit dem Boden ist für die vergangenen zwei Jahrzehnte ein Politikversagen zu konstatieren. Erst der Druck von Volksinitiativen führte in der Raumplanung zum verstärkten flächenmässigen Schutz des Bodens. Im Bereich des Bodenschutzes gemäss Umweltschutzgesetz fehlte bislang der politische Wille, die notwendigen Ressourcen für einen wirksamen Vollzug bereitzustellen.

### **Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden im In- und Ausland**

Hinsichtlich der Nachhaltigkeit verlangt die schweizerische Bundesverfassung (Art. 73 BV) ein auf Dauer ausgewogenes Verhältnis zwischen der Natur und ihrer Erneuerungsfähigkeit einerseits und ihrer Beanspruchung durch den Menschen andererseits. Böden entwickeln sich über lange Zeiträume und sind das Ergebnis jahrtausendealter natürlicher und anthropogener Prozesse. Sie sind in menschlichen Zeitmassstäben nicht wiederherstellbar. Bauliche Eingriffe und andere Belastungen wie Bodenverdichtung, Schadstoffeinträge oder Erosion sind in der Regel mit der Zerstörung des Bodens beziehungsweise seiner Funktionen und der damit zusammenhängenden Ökosystemleistungen verbunden. Die technische Wiederherstellung dieser Funktionen und Leistungen ist begrenzt und sehr aufwendig. Die Vielzahl der 17 Ziele der «Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung» der Vereinten Nationen, zu der sich die Schweiz bekannt hat und an der die «Strategie nachhaltige Entwicklung 2016–2019» des Bundesrates ausgerichtet ist, hat direkte oder indirekte Auswirkungen auf die Nutzung des Bodens und seine Funktionen. Noch mangelt es aber an Strategien und Kennwerten dazu, ab wann sich ein Boden für eine bestimmte Nutzung nicht mehr eignet beziehungsweise die Bodenfunktionen und -leistungen übernutzt werden. Mit dem Bodenqualitätsindikator SQUID schlägt das NFP 68 einen Ansatz vor, wie diese Lücke gefüllt werden kann (Kapitel 3).

Die Wirtschaftsproduktion und der Konsum der Schweizer Bevölkerung können angesichts der Globalisierung nicht losgelöst vom Rest der Welt betrachtet werden. Der Boden, der zur Versorgung der Schweizer Bevölkerung mit Gütern aller Art genutzt wird, liegt überwiegend – gemäss einigen Studien bis zu 80 Prozent – im Ausland. Auf diese Weise beeinflussen die Produktion und der Konsum in der Schweiz die Nutzung des Bodens im

Ausland. Mit der zunehmenden Globalisierung ist ausländischer Boden für den Schweizer Konsum in den letzten zwei Jahrzehnten noch wichtiger geworden. Das NFP 68 hat sich in zwei Forschungsprojekten den sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Konsequenzen grossflächiger Landinvestitionen im globalen Süden gewidmet.

### Zum Aufbau der Gesamtsynthese

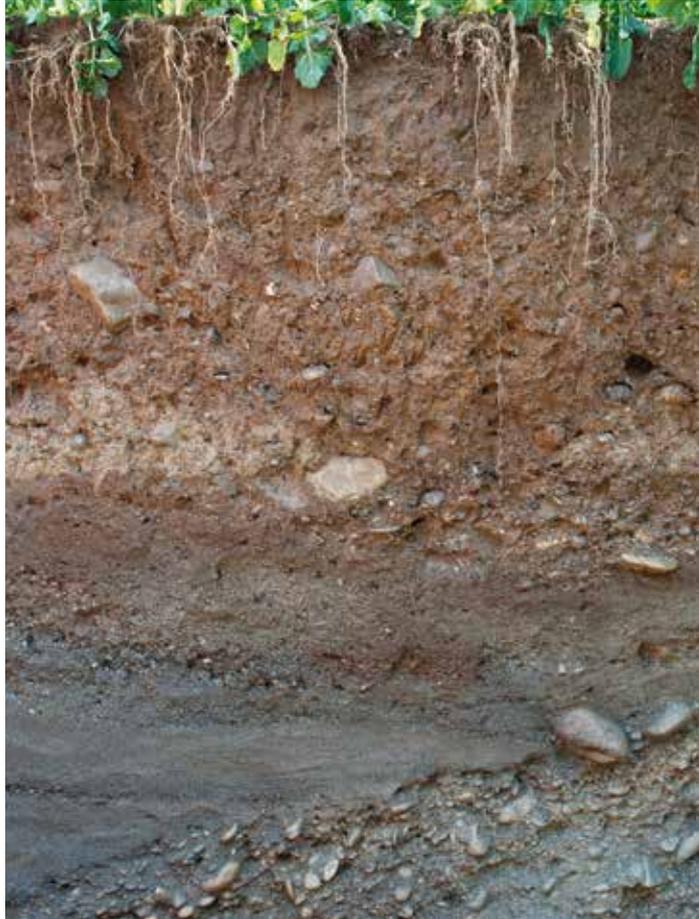
Die folgenden beiden Kapitel stellen den Boden und die bisherige Politik zum Schutz des Bodens (Kapitel 2) sowie seine natürlichen Funktionen und seine Leistungen für die Gesellschaft (Kapitel 3) vor. Kapitel 4 und 5 befassen sich mit Ansätzen für eine nachhaltige Nutzung des Bodens in der Raumplanung und der Land- und Forstwirtschaft. Die zentrale Grundlage dafür bildet eine bessere Datenbasis. Mit der Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH) zeigt das NFP 68 (Kapitel 6) einen Weg auf, wie die bestehende Lücke bei den Bodeninformationen in den nächsten zwei Jahrzehnten gefüllt werden kann. Kapitel 7 befasst sich mit den Auswirkungen, die die Nutzung von Boden im Ausland für Konsumzwecke in der Schweiz verursacht. Im Sinne einer Zusammenfassung der Handlungsansätze beleuchtet Kapitel 8 den Weg zu einer nachhaltigen Bodennutzung und wirft ein Licht auf die Notwendigkeit der Zusammenarbeit der verschiedenen Akteurinnen und Akteure im Bereich der Nutzung, der Bewirtschaftung und des Schutzes des Bodens.

Die Gesamtsynthese basiert wesentlich auf den fünf thematischen Synthesen des NFP 68. Weitere Quellen sind in den Endnoten des jeweiligen Kapitels aufgeführt. Die Bodenbeanspruchung im Ausland durch den Konsum in der Schweiz wurde in den thematischen Synthesen nur sehr begrenzt behandelt. Kapitel 7 basiert deshalb auf den entsprechenden NFP 68-Projekten LANDGRABBING und LANDNUTZUNGSENTSCHEIDE sowie zusätzlichen Recherchen.

---

### Quellen

- . Charles R. et al. (2018): Boden und Nahrungsmittelproduktion. Thematische Synthese 1 des NFP 68. Bern.
- . Hagedorn F. et al. (2018): Boden und Umwelt. Organische Bodensubstanz, Treibhausgasemissionen und physikalische Belastung von Schweizer Böden. Thematische Synthese 2 des NFP 68. Bern.
- . Grêt-Regamey A. et al. (2018): Eine Bodenagenda für die Raumplanung. Thematische Synthese 3 des NFP 68. Bern.
- . Keller A. et al. (2018): Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH). Thematische Synthese 4 des NFP 68. Bern.
- . Walter F. et al. (2018): Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik. Thematische Synthese 5 des NFP 68. Bern.
- . Häberli R., Lüscher C., Praplan Chastonay B., Wyss C. (1991): Bodenkultur – Vorschläge für eine häusliche Nutzung des Bodens. vdf, Zürich.
- . Rieder S., Landis F., Lienhard A., Schwenkel C., Dolder O. (2014): Stärkung des Völlzugs im Umweltbereich – Schlussbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Interface/Kompetenzzentrum für Public Management der Universität Bern. Luzern.
- . Schweizerischer Bundesrat (2016): Strategie Nachhaltige Entwicklung 2016–2019. Bern.
- . Vereinte Nationen (2015): Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 25. September 2015 (A/Res/70/1).



Parabraunerde, Rubigen BE

**Der Boden spielt im Naturhaushalt eine zentrale Rolle und trägt zu zahlreichen Ökosystemleistungen bei, die für die Menschen von grossem Nutzen sind. In der Schweiz hat sich das Siedlungswachstum zwar verlangsamt, es führt aber weiterhin zu einem unwiederbringlichen Verlust von Boden. Belastungen durch Nähr- und Schadstoffe, Bodenerosion und Verdichtung, aber auch der Verlust organischer Bodensubstanz und von Biodiversität vermindern die Fähigkeit des Bodens, seine Funktionen zu erfüllen. Der Bodenschutz ist in zahlreichen Erlassen verankert, vor allem im Raumplanungs- und im Umweltschutzgesetz. Es fehlt jedoch eine kohärente Politik, die die Flächenbeanspruchung im Zusammenhang mit dem Verlust an Bodenfunktionen betrachtet.**

Boden ist das Ergebnis natürlicher Prozesse. Er bildet die oberste Schicht der Erdkruste, die sich aus festen mineralischen und organischen Bestandteilen (Humus), Lebewesen, Gasen und Flüssigkeiten zusammensetzt. Das Grundgestein, die Topografie, das Klima, die Lebewesen und die Zeit sind die wesentlichen Faktoren für die Bodenbildung. Dieser Prozess ist langsam, aber stetig. Je nach den geologischen Gegebenheiten bildet sich eine Bodenschicht von 30 Zentimeter Mächtigkeit in einem Zeitraum von 1000 bis 10 000 Jahren. In der Schweiz haben sich die Böden im Wesentlichen seit der letzten Eiszeit, also in den letzten 10 000 Jahren, gebildet.

Der Boden stellt ein offenes System dar, das im ständigen wechselseitigen Austausch ist mit dem geologischen Untergrund, der Atmosphäre, der Hydrosphäre und der Biosphäre, mit den Pflanzen, Tieren und uns Menschen. Damit verbunden sind zum Teil enorme Stoff- und Energieströme – etwa der Kohlenstoffaustausch mit der Atmosphäre oder der Nährstoffaustausch mit den Pflanzen. Eine zentrale Rolle spielen dabei die Myriaden von Bodenlebewesen – Bakterien, Pilze und Algen, Milben, Würmer und Insekten –, die den Stoffwechsel antreiben. Allein ein Gramm Boden kann zwischen 2000 und 18 000 verschiedene Arten von Organismen beherbergen. Das Gewicht aller Bodenorganismen kann auf einer Hektare mehrere Tonnen betragen.

### **Boden erbringt wertvolle Leistungen für Mensch und Umwelt**

Aufgrund seiner physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften und der damit verbundenen Prozesse erfüllt der Boden zahlreiche Funktionen (Kapitel 3). Je nach seinen spezifischen Eigenschaften – Grösse der Bodenpartikel, Verteilung und Grösse der Poren, Luft-, Nährstoff- und Humusgehalt, Vielfalt und Anzahl der Bodenorganismen usw. – an einem Standort erfüllt der Boden diese Funktionen in unterschiedlicher Masse gleichzeitig.

Der Boden leistet einen wichtigen Beitrag zur Gesundheit, zum Wohlbefinden und zur Sicherheit des Menschen, zu wirtschaftlichem Wohlstand und zur Biodiversität. Er ermöglicht land- und forstwirtschaftliche Erträge, reduziert durch den Rückhalt von Wasser die Hochwassergefahr und sorgt durch seine Filterwirkung für sauberes Trinkwasser. Mit diesen Leistungen schafft Boden erhebliche wirtschaftliche und gesellschaftliche Werte.



Agrarlandschaft im Klettgau (SH)

## **Anhaltender Bodenverlust durch Siedlungsentwicklung**

Führen natürliche oder menschliche Einflüsse an einem Standort zu Veränderungen der Bodeneigenschaften, wirkt sich dies auf die Funktionen und Leistungen aus, die der Boden an diesem Standort erbringen kann – die Bodenqualität verändert sich.

Wird Boden für den Bau von Gebäuden oder Infrastruktur, insbesondere Strassen und Bahnen, entfernt oder versiegelt, zerstört dies in der Regel die Bodenfunktionen (mit Ausnahme der Trägerfunktion) oder beeinträchtigt sie zumindest stark. Gemäss schweizerischer Arealstatistik hat die Siedlungsfläche der Schweiz zwischen 1989 und 2009 um 584 Quadratkilometer oder 23,4 Prozent zugenommen – und damit schneller als die Bevölkerung. Diese Zunahme entspricht einem Flächenverbrauch für Siedlungen von 0,75 Quadratmeter pro Sekunde. Über 90 Prozent dieser Flächen wurden für Gebäude und Infrastrukturanlagen beansprucht, die restlichen für Erholungs- und Grünflächen. Auch dort dürfte der Boden durch Umlagerung und Eintrag von Fremd- und Schadstoffen tiefgreifend verändert sein. Der Bodenverlust als Folge der Siedlungsentwicklung hat zwar leicht nachgelassen, bleibt aber erheblich. So zeigen jüngste Erhebungen der Arealstatistik, dass die überbaute Fläche im westlichen Drittel der Schweiz zwischen 2006 und 2015 mit 0,7 Prozent pro Jahr in geringerem Masse als in der Vorperiode (1994–2006: 1,1 %/Jahr) ausgeweitet wurde.

Weil die Siedlungsentwicklung vor allem in Tallagen stattfindet, sind zumeist Böden betroffen, die für die Landwirtschaft zu den wertvollsten und produktivsten gehören. Dies kommt nicht von ungefähr, wurden die Siedlungen früher doch meist dort gegründet, wo die Bodenfruchtbarkeit für die Landwirtschaft am besten erschien.

Die Funktionsfähigkeit der Böden wird aber auch durch chemische und physikalische Belastungen beeinträchtigt. Flächendeckende Informationen dazu stehen nicht zur Verfügung. Der Bericht des Bundesamtes für Umwelt zum «Zustand und zur Entwicklung des Bodens in der Schweiz» von 2017, aus dem die nachfolgenden Informationen stammen, stützt sich deshalb auf punktuelle Informationen des Bundes, der Kantone und aus Forschungsprojekten. Der Bericht zeigt insgesamt, dass diese Belastungen die langfristige Erhaltung der Bodenfunktionen in Frage stellen.

## **Schäden durch Schad- und Nährstoffeinträge**

Auch wenn umwelt- und landwirtschaftspolitische Massnahmen den Austrag in die Umwelt in den letzten Jahrzehnten gebremst haben, gelangen noch immer Schadstoffe und zu viele Nährstoffe in den Boden. Vor allem die Schadstoffe beeinträchtigen die Bodenlebewesen und mindern damit die Bodenfunktionen, während übermässige Nährstoffe auch zu Gewässer- und Luftbelastungen führen. Die Stoffeinträge aus der Luft bewirken, dass es keine unbelasteten Böden mehr gibt. Jährlich gelangen durchschnittlich 16 Kilogramm reaktiver Stickstoff (Ammoniak und Stickoxide) über die Luft auf eine Hektare Boden, ein Vielfaches des natürlichen Eintrags von 0,5 bis 2 Kilogramm. Im zentralen Mittelland und in der Ostschweiz liegen die Werte bei 30 bis 50 Kilogramm pro Hektare und Jahr. Die zu hohen Stickstoffeinträge lassen die Böden versauern und verändern die Vegetation.

Bestimmte Nutzungen belasten Böden besonders: Entlang stark befahrener Strassen beispielsweise sind die Randbereiche mit Schwermetallen wie Blei, Cadmium, Zink sowie organischen Verbindungen belastet. Unter intensiv genutztem Grasland steigt der Zink- und Kupfergehalt wegen Verwendung von Gülle und Futtermitteln, in den Ackerböden jener von aus Mineraldüngern ausgewaschenen Schwermetallen wie Cadmium und Uran. Auch das im Rebbau verwendete Kupfer belastet beispielsweise den Boden zusehends. Pflanzenschutzmittel und deren Abbauprodukte sind auch längere Zeit nach ihrer Anwendung im Boden und Grundwasser nachweisbar. Teils unausgewogene Düngung in der Schweizer Landwirtschaft führt auch zu hohen Emissionen des klimawirksamen Lachgases sowie zur Freisetzung von Ammoniak, das wiederum nahegelegene Wälder und Feuchtgebiete belastet.

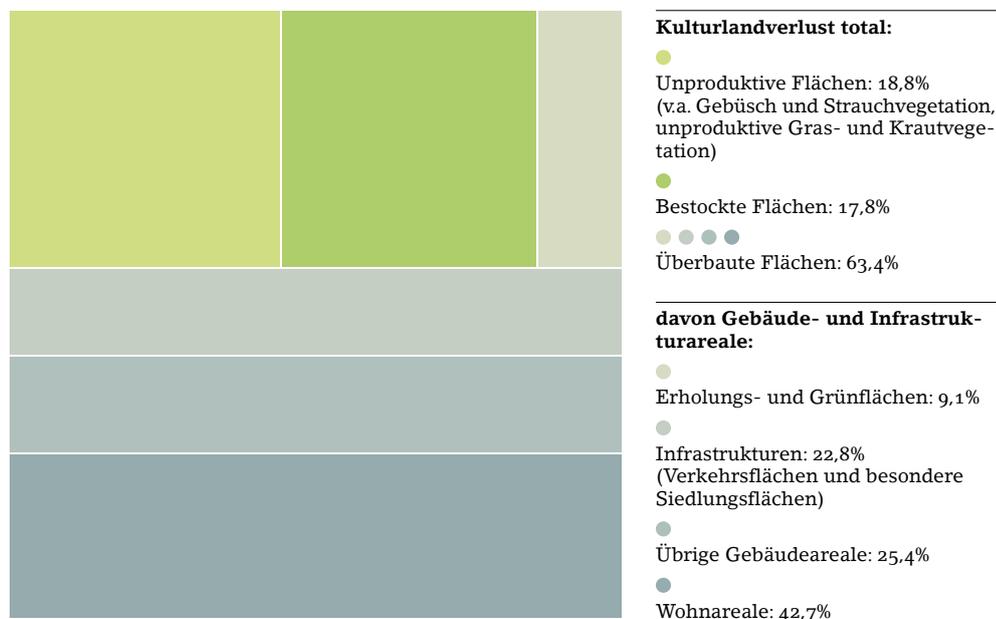
Böden von Haus- und Familiengärten sind von der Schadstoffbelastung nicht ausgenommen. Sie stammt aus dem Einsatz von Dünger, Pflanzenschutzmitteln, Asche und anderen Hilfsstoffen. Die Belastung erreicht oft höhere Werte als im Landwirtschaftsgebiet.

### Langzeitschäden durch Erosion und Verdichtung

Der Abtrag von Bodenteilchen durch Erosion beeinträchtigt unter anderem die Fähigkeit des Bodens, Kohlenstoff, Nährstoffe und Wasser zu speichern oder Wasser zu filtern.

#### Abbildung 1

Bilanz des Kulturlandverlusts gemäss Arealstatistik zwischen 1985 und 2009. Die Zunahme der überbauten Fläche ist für knapp zwei Drittel des Kulturlandverlusts verantwortlich.



An die abgetragenen Bodenpartikel sind Nährstoffe, Dünge- und Pflanzenschutzmittel gebunden. Abgeschwemmtes Material schädigt auf diese Weise Gewässer und andere Lebensräume. Über ein Drittel der Schweizer Ackerfläche gilt als potenziell erosionsgefährdet. Das Wissen über das Ausmass der Bodenerosion ist jedoch lückenhaft. In einem Untersuchungsgebiet im Kanton Bern wurde ein jährlicher Bodenverlust von durchschnittlich 0,7 Tonnen Bodenmaterial pro Hektare ermittelt. Abtragungsraten von 1 bis 2 Tonnen pro Jahr und Hektare reduzieren bereits die Fähigkeit des Bodens, seine Funktionen zu erfüllen.

In jüngster Zeit verstärkt in den Fokus gerückt ist die Verdichtung der Böden, die in erster Linie beim Befahren nasser Böden und beim Einsatz schwerer Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft auftritt. Das Befahren oder unsachgemässe Verschieben von Bodenmaterial bei Bauarbeiten kann den Boden verdichten. Dabei wird der Porenraum des Bodens massiv reduziert, was die Fähigkeit der Pflanzenwurzeln und der Bodenorganismen, den Boden zu durchdringen, beeinträchtigt. Der Gas- und Wasseraustausch im Boden wird gehemmt, sodass dieser wichtige Funktionen nicht mehr im gleichen Masse erfüllen kann. Wie das NFP 68-Projekt **BODENVERDICHUNG** aufzeigt, sind die damit verbundenen Schäden vor allem in tieferen Bodenschichten langandauernd und mit substantziellen Ertragsausfällen verbunden. Ein schweizweiter Überblick hierzu fehlt jedoch. Eine Studie aus der Zentralschweiz lässt den Schluss zu, dass die Verdichtung auf landwirtschaftlich genutzten Böden ein verbreitetes Phänomen ist. Der Trend hin zu schwereren Maschinen und der wirtschaftliche Druck, auch bei ungünstigen Verhältnissen, wenn die Böden nass sind, Felder und Wälder zu befahren, verschärfen das Problem.

### **Verlust an organischer Bodensubstanz und Biodiversität**

Die organische Bodensubstanz, die Gesamtheit aller kohlenstoffhaltigen Verbindungen biologischen Ursprungs im Boden (Humus), spielt eine zentrale Rolle: Sie beeinflusst direkt und indirekt die meisten Bodenfunktionen. Erhebliche Mengen organischer Bodensubstanz gehen bei der ackerbaulichen Nutzung und insbesondere durch die Entwässerung organischer Böden verloren. Der Verlust organischer Bodensubstanz aus Moorböden führt zu den meisten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Schweizer Landwirtschaft. Der Klimawandel – höhere Temperaturen und verstärkte Trockenheit – wird die Kohlenstoffverluste der Böden voraussichtlich noch verstärken.

Die Bodenorganismen und die Pflanzen sind die zentralen Akteure für die Stoff- und Energiekreisläufe im Boden. Über die Biodiversität, also die Menge und Vielfalt der Bodenorganismen, ist allerdings noch wenig bekannt. Klar ist, dass die Art der Bodenbewirtschaftung die Biodiversität entscheidend beeinflusst. Pflanzenschutzmittel und Dünger, Bodenerosion und Bodenverdichtung, aber auch einseitige Fruchtfolgen, intensive Bodenbearbeitung, sowie hohe Einträge an Stick- und Spurenstoffen beeinflussen das Bodenleben meist negativ. Systeme, die auf aktiven Bodenschutz ausgerichtet sind (Biolandbau, konservierende Landwirtschaft), fördern die mikrobielle Biomasse im Boden; dies dank der Bewirtschaftung der organischen Substanz (Betriebsdünger, Grünland, Kompost, reduzierte Bodenbearbeitung), der Vielfalt der Kulturen (Gründünger und Grünland in den Fruchtfolgen) und des Verzichts auf den Einsatz chemischer Stoffe oder dessen Reduktion.

## **Fehlende Gesamtsicht in der Gesetzgebung**

Die Schweiz verfügt derzeit über keine umfassende Bodenpolitik und kennt kein eigenständiges Bodenschutzgesetz, das den Boden ganzheitlich betrachtet. Der Bodenschutz wird durch die Gesetzgebung verschiedener Politikbereiche geregelt, im Wesentlichen durch das Raumplanungsgesetz (RPG) und das Umweltschutzgesetz (USG). Im Weiteren enthalten das Waldgesetz (WaG) und das Landwirtschaftsgesetz (LwG), das Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) und das Jagdgesetz (JSG), aber auch das Gewässerschutzgesetz (GschG) und das Chemikalienrecht Bestimmungen, die sich mit dem Boden und den Bodenbelastungen befassen und ihn vor Immissionen schützen.

## **Raumplanungsgesetz berücksichtigt Bodenqualität ungenügend**

Das Raumplanungsgesetz (RPG) verpflichtet zur haushälterischen Nutzung des Bodens. Obwohl dies eigentlich einen umfassenden Bodenschutz einschliesst und der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen explizit gefordert wird, folgen Gesetz und Vollzug im Wesentlichen einer Flächenbetrachtung. Weder bei der Festlegung von Bauzonen noch beim Bauen ausserhalb der Bauzonen wird explizit gefordert, die Bodenqualität zu berücksichtigen. Einzig beim Schutz der Fruchtfolgeflächen ist die Bodenqualität – eingeschränkt auf die Produktionsfunktion – ein wichtiges Kriterium.

Die durch die Bundesverfassung und das Raumplanungsgesetz geforderte Trennung von Baugebiet und Nichtbaugebiet hat zur Ausprägung zweier unterschiedlicher Bodenmärkte geführt. Sie unterscheiden sich in ihrer Wirkungsweise und hinsichtlich der Bodenpreise fundamental. Der Bodenmarkt ausserhalb des Baugebietes ist eigentlich ausschliesslich landwirtschaftlichen Kreisen vorbehalten. Zahlreiche Ausnahmestimmungen haben aber dazu geführt, dass auch dort viel gebaut und viel Boden verbraucht wird.

Die erste Etappe der Revision des RPG (RPG 1), in Kraft seit 2014, hat die Anforderungen an die Festlegung von Bauzonen präzisiert mit dem Ziel, den Bodenverbrauch durch Bautätigkeiten einzudämmen. Die Bodenqualität ist aber auch heute nicht zwingend zu berücksichtigen. Auch besteht die Regelung fort, dass Bauzonen für einen Bedarf von fünfzehn Jahren auszulegen sind. Nach Ablauf dieser Frist steht dann die Ausweitung des Baugebietes und damit weiterer Bodenverbrauch erneut zur Diskussion. Grenzen setzt hier das Siedlungsgebiet, das die Kantone im Richtplan für einen Zeithorizont von 20 bis 25 Jahren festzulegen haben.

Die anstehende zweite Etappe der Revision des Raumplanungsgesetzes (RPG 2) befasst sich insbesondere mit dem Bauen ausserhalb der Bauzonen. Der diskutierte Planungs- und Kompensationsansatz könnte helfen, die Qualität des Bodens im vornehmlich landwirtschaftlich genutzten Gebiet besser zu berücksichtigen. Die thematische Synthese 3 des NFP 68, «Eine Bodenagenda für die Raumplanung», unterbreitet Vorschläge, wie die Raumplanung dem kontinuierlichen Verlust an Bodenqualität besser begegnen kann, etwa mithilfe eines Bodenqualitätsindex, aber auch von Kompensationen, die die Bodenqualität berücksichtigen (Kapitel 4).

## **Vorsorglicher Bodenschutz breit verankert**

Die schweizerische Bundesverfassung verpflichtet zur Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen und zum Schutz des Kulturlandes (Art. 104 bzw. 104a BV). Das Umweltschutzgesetz (USG) thematisiert den Schutz des Bodens vor Belastungen. Der Erhalt der Bodenfunktionen und der Bodenqualität ist darin zwar nicht explizit erwähnt, wird mit dem Ziel, die Bodenfruchtbarkeit zu bewahren, jedoch implizit angestrebt. Der im Umweltschutzgesetz (USG) eingeführte und in der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö) konkretisierte Begriff «Bodenfruchtbarkeit» stützt sich auf die Funktionen des Bodens im Stoffkreislauf und deckt sich mit der Produktions-, Lebensraum- und Regulierungsfunktion. Der Schutz der Bodenfruchtbarkeit vor chemischen Belastungen wird durch Massnahmen angestrebt, die in anderen Bereichen des Umweltrechts (Gewässerschutz, Störfallrecht, Luftreinhaltung usw.) verankert sind. Die 1998 in Kraft getretene Verordnung über Belastungen des Bodens regelt deren Beobachtung, Überwachung und Beurteilung und formuliert vorsorgliche Massnahmen zur Vermeidung physikalischer Bodenbelastungen (Bodenerosion und Bodenverdichtung).

Das Landwirtschaftsgesetz verlangt von den rund 90 Prozent aller Landwirtschaftsbetriebe, die landwirtschaftliche Direktzahlungen beanspruchen, einen ökologischen Leistungsnachweis. Dieser umfasst nebst Anforderungen an die Bodenbedeckung und den Erosionsschutz («geeigneter Bodenschutz») eine geregelte Fruchtfolge, eine ausgeglichene Düngerbilanz und Bodenuntersuchungen, eine gezielte Verwendung von Pflanzenschutzmitteln und einen angemessenen Anteil an Biodiversitätsförderflächen. Insgesamt fordert der ökologische Leistungsnachweis in mancher Hinsicht eine bodenschonende Bewirtschaftung, was auf eine Verankerung des Bodenschutzes hinweist. Allerdings ist die konkrete Wirkung gering, und Kontrollen finden kaum statt. Noch nicht berücksichtigt sind im ökologischen Leistungsnachweis die organische Bodensubstanz und die Verdichtung, die aus Sicht des NFP 68 als Indikatoren für die Bodenqualität festgelegt werden sollten.

## **Mehr Kohärenz durch Zusammenarbeit**

Die Aufsplitterung der Bodenpolitik auf die verschiedenen Politikbereiche folgt einer sektoriell geprägten Logik. Sie führt dazu, dass die unterschiedlichen Perspektiven und Interessen der Akteurguppen dieser Politikbereiche relativ unabhängig voneinander und damit nicht kohärent verfolgt wurden. Die Anstrengungen des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) zusammen mit den Bundesämtern für Raumentwicklung (ARE) und Landwirtschaft (BLW) zur Entwicklung einer Bodenstrategie und die gemeinsame Überarbeitung und Stärkung des Sachplans Fruchtfolgeflächen (SP<sub>FFF</sub>) sind ein Schritt auf dem Weg zu mehr Kohärenz in der Bodenpolitik. Die thematische Synthese 5 des NFP 68, «Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik», zeigt weitere Elemente dazu auf (Kapitel 8).

Ein entscheidender Erfolgsfaktor für eine nachhaltigere Nutzung der Ressource Boden in der Schweiz wird sein, dass die verschiedenen Akteurinnen und Akteure einen gemeinsamen Weg einschlagen. Darauf weist auch die im Rahmen der «Malik Syntegration»<sup>®</sup> (Kapitel 1) durchgeführte Analyse hin. Sie liefert Erklärungen dafür, weshalb in der

Bodenpolitik über Jahre hinweg nur wenig Fortschritte erzielt wurden. Die Akteure und die Prozesse, die das untersuchte Gesamtsystem «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» bilden, sind durch lange Regelkreise vernetzt, die aktives Handeln erschweren oder verhindern. Der Kampf gegen den stetigen Bodenverlust gestaltet sich dadurch sehr träge. Um dieses System zu aktivieren, also die nachhaltige Nutzung in Gang zu bringen, müssen verschiedene Stellhebel simultan und koordiniert betätigt werden. Die wirksamsten – so die Analyse – sind starkes Engagement der Politik, Bewusstseinsbildung, interdisziplinäres Verständnis, systemverändernde Innovationen, effektive Anreize und die Koordination der Stakeholder.

## Quellen

- . Charles R. et al. (2018): Boden und Nahrungsmittelproduktion. Thematische Synthese 1 des NFP 68. Bern.
- . Hagedorn F. et al. (2018): Boden und Umwelt. Organische Bodensubstanz, Treibhausgasemissionen und physikalische Belastung von Schweizer Böden. Thematische Synthese 2 des NFP 68. Bern.
- . Grêt-Regamey A. et al. (2018): Eine Bodenagenda für die Raumplanung. Thematische Synthese 3 des NFP 68. Bern.
- . Keller A. et al. (2018): Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH). Thematische Synthese 4 des NFP 68. Bern.
- . Walter F. et al. (2018): Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik. Thematische Synthese 5 des NFP 68. Bern.
- . Jenny H. (1941): Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology. McGraw-Hill, New York.
- . Häberli R., Lüscher C., Praplan Chastonay B., Wyss C. (1991): Bodenkultur – Vorschläge für eine haushälterische Nutzung des Bodens. vdf, Zürich.
- . Bundesamt für Statistik (BFS) (2009): Arealstatistik 2004/09. Neuchâtel.
- . Bundesamt für Statistik (BFS) (2016): Neue Resultate der Arealstatistik für die Westschweiz. Medienmitteilung vom 24.11.2016. Neuchâtel.
- . Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Landwirtschaft (2016): Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen 1633. Bern.
- . Bundesamt für Umwelt (BAFU, Hg.) (2017): Boden in der Schweiz, Zustand und Entwicklung Stand 2017, BAFU Umwelt-Zustand 1721. Bern.
- . Presler J., Carizzoni M., Widmer D. (2013): Gemeinsame Bodenüberwachung der Zentralschweizer Kantone.
- . Pfiffner M., Schibli A., Sourlas M. (2017): Schweizerischer Nationalfonds. Nationales Forschungsprogramm «Ressource Boden» (NFP 68). Start zur Gesamtsynthese mit «Mallik Syntegration®». Brunnen, 1.–3. November 2017. Ergebnisbericht. St. Gallen.

**Im Boden stecken viele Qualitäten, auf die die Gesellschaft nicht verzichten kann. Sollen die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung erreicht werden, ist die Ressource Boden ganzheitlich zu betrachten. Das NFP 68 will das Verständnis für die Funktionen des Bodens und der darauf aufbauenden Ökosystemleistungen fördern. Mit der Veranschaulichung der Ökosystemleistungen rücken die natürlichen Bodenfunktionen in den Fokus. Sie sollen in den unterschiedlichen Landnutzungsformen berücksichtigt und langfristig geschützt werden.**

Der Boden ist eine «Schatztruhe» mit vielfältigen, beeindruckenden Werten. Die Landwirte schätzen vor allem Eigenschaften, die Acker- und Wiesenkulturen gedeihen lassen. Auch die Forstwirtschaft profitiert von fruchtbaren Waldböden: Jedes Jahr wächst der Holzvorrat des Schweizer Waldes um 10 Millionen Kubikmeter. Knapp die Hälfte des Zuwachses wird als Bau- oder Energieholz verwendet. Der Ertrag beläuft sich laut Bundesamt für Statistik auf über eine halbe Milliarde Franken. Land- und Forstwirtschaft zusammen erwirtschafteten laut Agrarbericht des Bundes 2016 eine Bruttowertschöpfung von insgesamt 4,3 Milliarden Franken, die zum grossen Teil auf den Produktionsleistungen des Bodens basiert. Auch die Wasserversorgung in der Schweiz macht sich die Schätze des Bodens zunutze: Er ist ein wirkungsvoller Filter im Wasserkreislauf. Gemäss Schweizer Umweltstatistik werden jährlich 700 Milliarden Liter Trinkwasser aus dem Grundwasser abgezapft. Sind die Böden unbelastet, ist der Aufwand für die Aufbereitung minimal. Ob für die Land- und Forstwirtschaft oder die Trinkwasserversorgung, der Boden erfüllt Funktionen, deren Nutzen augenscheinlich ist. Zudem leistet er wertvolle Vorsorgedienste im Zusammenhang mit Umweltbelastungen und Naturgefahren: Bei Unwettern beispielsweise verzögert er den Wasserabfluss. Und er spielt eine wichtige Rolle im Klimasystem: Er speichert enorme Mengen an Kohlenstoff – in der Schweiz mindestens siebenmal so viel, wie in der Atmosphäre enthalten ist.

Viele andere Funktionen des Bodens sind quantitativ nur schwer fassbar, obwohl sie zu Leistungen beitragen, die für die Gesellschaft von grosser Bedeutung sind. Man denke an die Erholungsleistung unversiegelter Böden: Unbebaute Grünflächen verbessern das Wohnumfeld und das Mikroklima. Auch die Biodiversität – im und auf dem Boden – wird wesentlich vom Zustand des Bodens geprägt. Die vielfältigen Funktionen des Bodens und ihr Beitrag zu Leistungen für die Gesellschaft sind unverzichtbar.

Das NFP 68 greift das Konzept der Ökosystemleistungen, also jener Leistungen, die die Natur für die Menschen erbringt, für den Boden auf und konkretisiert es. Damit soll das Verständnis dafür verbessert werden, dass die vielfältigen Funktionen des Bodens für die Gesellschaft von grossem Nutzen sind. Nur ein physikalisch, chemisch und biologisch intakter Boden kann zu den wertvollen Ökosystemleistungen beitragen – von der Ernährungssicherung über die Regulierung des Wasserkreislaufs und des Klimas bis hin zur Artenvielfalt.

Anhand der Ökosystemleistungen lässt sich auch konkretisieren, welche Beiträge der Boden und die Landnutzung zur nachhaltigen Entwicklung leisten könnten. Das Fazit mehrerer NFP 68-Projekte, die sich mit den Ökosystemleistungen des Bodens befasst haben, lautet: Um die politische und gesellschaftliche Bedeutung von Böden hervor-



**Auswahl von Schweizer Waldböden**  
von links:

Oben: Gley, Ermatingen TG – Pararendzina, Nationalpark GR – Stagnogley, Roggwil BE  
Unten: Tangel Rendzina – Podsol – Pararendzina, Birmensdorf ZH

zuheben, lohnt es sich, für übergeordnete Entscheidungen und konkrete Anwendungsfragen die auf den Bodenfunktionen basierenden Ökosystemleistungen verstärkt in den Blick zu fassen.

### **Böden und Ökosystemleistungen – nur bedingt erneuerbar**

Das Ökosystem Boden ist über Jahrtausende entstanden. Deshalb kann das natürliche Regenerationsvermögen schnell überfordert werden. Selbst über mehrere Generationen hinweg sind geschädigte Böden kaum wiederherzustellen. Um sie langfristig wieder funktionstüchtig zu machen, sind technische Ersatz- oder Reparaturmassnahmen erforderlich. Solche sind gemäss der thematischen Synthese 4 des NFP 68 mit hohen Kosten verbunden. Ein Beispiel dafür ist der «Ersatz» der Filterwirkung des Bodens durch spezielle Versickerungsanlagen, die das Strassenabwasser auf ähnliche Weise wie die organischen Bodenschichten reinigen. Die Kosten dafür belaufen sich auf bis zu drei Millionen Franken pro Hektare Entwässerungsfläche. Technische Verfahren zur Wiederherstellung von Böden besitzen zwar ein gewisses Potenzial. Sie sind aber ebenfalls mit sehr hohem Aufwand verbunden und kommen daher nur auf kleinen Flächen in Frage. Weiter zu erforschen sind natürliche Regenerationsmethoden; einen Beitrag dazu haben die landwirtschaftsbezogenen NFP 68-Forschungsprojekte BODENVERBESSERENDE ANBAUSYSTEME und MYKORRHIZA geleistet.

In den meisten Fällen aber gilt: Bauliche Eingriffe und Belastungen durch Verdichtung, Schadstoffeinträge oder Erosion verursachen irreversible Schäden im Boden. Die «Schatztruhe Boden» kann deshalb nur dann als Teil des erneuerbaren Naturkapitals begriffen werden, wenn die Gesellschaft eine bestimmte Ökosystemleistung und die zugrunde liegenden Bodenfunktionen nachhaltig nutzt. In der jüngeren Vergangenheit ist dieses Prinzip oft missachtet worden. Der Wert von Ökosystemleistungen wird oft erst dann erkannt, wenn deren Grundlagen – im konkreten Fall der Boden – bereits unwiederbringlich geschädigt sind.

Die Zeit drängt, den Boden in Einklang mit den wertvollen Ökosystemleistungen zu nutzen: Sollen auch die künftigen Generationen von den Ökosystemleistungen profitieren können, sind die natürlichen Bodenfunktionen zu bewahren. Auch ist ein Perspektivenwechsel nötig: Boden ist kein einseitig auf ein einzelnes Interesse bezogenes Gut, sondern eine multifunktionale Ressource. Zahlreiche auf dem Boden als Grundlage basierende Leistungen dienen nicht nur dem jeweiligen Grundeigentümer, sondern der ganzen Gesellschaft. Boden ist also nicht nur überbaubare Fläche oder Nahrungsmittelgrundlage; vielmehr ist das ganze Spektrum seiner Funktionen und der daraus resultierenden Ökosystemleistungen zu würdigen.

### **Guter Boden – eine multifunktionale Ressource**

Was guter Boden ist, bemisst sich traditionell an den Ansprüchen der Landwirtschaft. Der Sachplan Fruchtfolgeflächen (SP<sub>FFF</sub>) des Bundes beispielsweise beurteilt Böden allein aufgrund ihrer landwirtschaftlichen Nutzungsqualitäten und begrenzt auf ihre Eignung für den Ackerbau. So werden jene Böden als Fruchtfolgefläche registriert und geschützt,

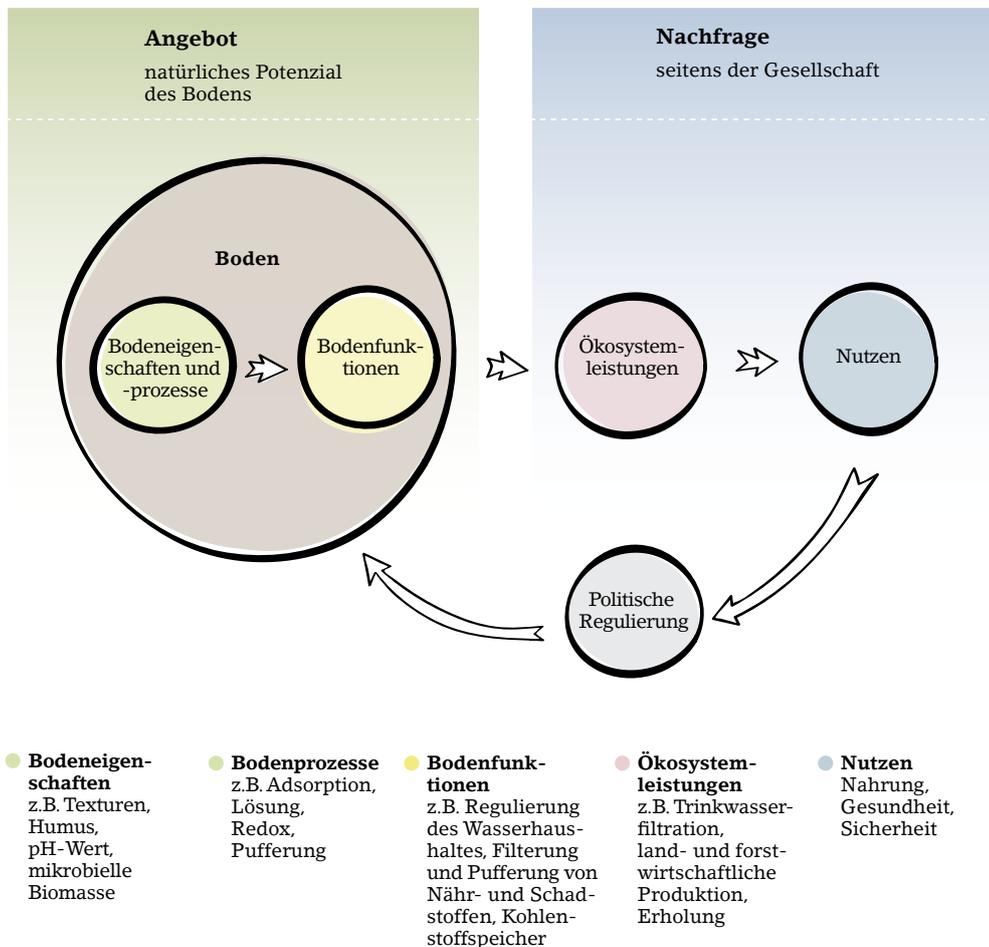
die eine möglichst autarke Ernährung der Schweizer Bevölkerung in Krisenzeiten sichern sollen. Aufgabe der Kantone ist es daher, die besten Landwirtschaftsböden in einem Inventar zu erfassen. Zurzeit wird der SP FFF überarbeitet. Bund und Kantone diskutieren dabei eine Aktualisierung und Harmonisierung des Erfassungskonzepts. Handlungsbedarf

**Abbildung 2**

Zusammenhang von Bodeneigenschaften, Bodenfunktionen und Ökosystemleistungen

Die Bodeneigenschaften umfassen die chemischen, physikalischen und biologischen Charakteristiken eines Bodens. Durch ihr Zusammenwirken vermag der Boden Bodenfunktionen zu erfüllen. Die Gesellschaft profitiert davon in Form von Ökosystemleistungen, aus denen sie vielfältigen Nutzen zieht. Die Nutzung wirkt, beispielsweise in Form der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung und reguliert durch politische Entscheidungen, auf die Bodeneigenschaften zurück.

Quelle: A. Grêt-Regamey, ETHZ/A. Keller, Agroscope



besteht nicht nur, weil das Siedlungswachstum den Bestand der kantonalen FFF-Kontingente gefährdet (Kapitel 4), sondern auch, weil die bisherigen Datengrundlagen uneinheitlich sind.

Doch bemisst sich der Wert der Ressource Boden wirklich nur am Ernteertrag? Damit sich die Qualitätsbewertung nicht auf partikuläre Aspekte oder Nutzungsinteressen beschränkt, schlägt das NFP 68 für die Überarbeitung des Sachplans Fruchtfolgeflächen eine konzeptionelle Verbesserung vor: Boden ist eine Ressource und ein Ökosystem zugleich. Qualität ist deshalb umfassend und ganzheitlich zu verstehen. Die Bewertungssysteme sind um qualitative Kriterien zu ergänzen, die über die landwirtschaftliche Nutzungseignung hinausgehen und gesellschaftlich relevante Ökosystemleistungen integrieren. Eine ganzheitliche Qualitätsbewertung ist deshalb von den Kriterien «Bodenfruchtbarkeit» und «beste Landwirtschaftsböden» zu entkoppeln und auf das gesamte Leistungsvermögen auszuweiten. Das NFP 68 legt dazu ein erweitertes Raster für die Erfassung und Bewertung der Bodenqualität vor, das die vielfältigen Eigenschaften und Funktionen des Bodens ins Zentrum stellt. Sind Ökosystemleistungen jene Bodenschätze, die von der Gesellschaft nachgefragt werden, widerspiegeln Bodenfunktionen das natürliche Angebot der Ressource Boden (Abb. 2).

Sechs Funktionskategorien werden unterschieden: die Lebensraumfunktion, die für die zahlreichen Organismen im und auf dem Boden wichtig ist; die Regulierungsfunktion, die der Boden als Schnittstelle der Stoff- und Energiekreisläufe einnimmt; die Produktionsfunktion, die das Pflanzenwachstum ermöglicht; die Trägerfunktion, die der Boden als nutzbarer Grund für Bauten und Infrastrukturen bietet; die Rohstofffunktion (Lieferant von Rohstoffen wie Sand, Lehm usw.) und die Archivfunktion (Speicher von Informationen der Natur- und Kulturgeschichte). Die Nutzung der Träger- und der Rohstofffunktion birgt das grösste Zerstörungspotenzial für den Boden. Die ökologischen Funktionen beeinflussen sich gegenseitig und stehen mit verschiedenen Bodeneigenschaften und Prozessen in enger Beziehung.

### **Organische Bodensubstanz – eine Schlüsselgrösse für die Bodenqualität**

Die organische Bodensubstanz – der Humus – ist die Basis für verschiedene Bodenfunktionen (Kapitel 2) und somit eine Schlüsselgrösse, um die Qualität eines Bodens zu erfassen. Sie ist damit grundsätzlich ein guter Indikator für die Bodenqualität. Es ist aber noch Anwendungsforschung nötig, um ihn zielgerichtet einsetzen zu können. Zum Beispiel müsste man wissen, ab welchem Schwellenwert die organische Bodensubstanz für die Bodenstruktur oder für eine andere Bodeneigenschaft optimal ist. Mithilfe flächendeckender Informationen zum Kohlenstoffvorrat im Boden lässt sich zudem untersuchen, wo sich sensible Standorte und Nutzungsformen befinden.

Verfeinerte Angaben über den Gehalt der Böden an organischer Substanz tragen somit dazu bei, Kulturland nachhaltig zu bewirtschaften. Die dazu notwendigen Bodeninformationen sind in der Schweiz allerdings noch nicht flächendeckend verfügbar. Sie würden erlauben, die Bodenfunktionen räumlich auszuweisen und in Bezug auf eine bessere Landnutzungspraxis zu bewerten.

## **Bewertung von Bodenfunktionen**

Das NFP 68 will dazu beitragen, dass die Bodenfunktionen in der Nutzungspraxis und im Gesetzesvollzug besser berücksichtigt und in die Entscheidungsprozesse integriert werden. Viele Akteurinnen und Akteure in den Bereichen Raumplanung, Ernährungssicherung, Naturgefahrenvorsorge, Klimaschutz und Wasserbewirtschaftung haben diesbezüglich Informationsbedarf. Die Aufgabe besteht darin, die Bodenfunktionen zu bewerten und als Kriterium für eine nachhaltige Landnutzung zu etablieren. Im NFP 68 sind erstmals Methoden zur Bewertung von Bodenfunktionen entwickelt worden, die auf gemessenen Daten zu den chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften und Prozessen im Boden beruhen. Das NFP 68-Projekt **BODENKARTEN** hat räumlich differenzierte Bodenfunktionskarten für zwei Pilotregionen erarbeitet, in denen bereits flächendeckende Bodeninformationen verfügbar waren. Die Auswahl relevanter Leistungskriterien und die Entwicklung einer Methode zur Bewertung von Bodenfunktionen bleiben auch nach Abschluss des NFP 68 für die bodenwissenschaftliche Arbeit relevant. Zu verbessern ist dringend auch das Vorsorgekonzept: Der bisherige Fokus der Gesetzgebung auf die Nutzungseignung soll durch die Berücksichtigung der Bodenfunktionen abgelöst werden.

Die Bodenqualität ergibt sich stets aus dem Zusammenspiel verschiedener Bodenfunktionen. Ein Ackerboden ist nur dann dauerhaft ertragreich, wenn seine Produktions-, Lebensraum- und Regulierungsfunktionen erhalten bleiben und zusammenwirken. Um zu gedeihen, benötigen Kulturpflanzen nicht nur Nährstoffe, sondern auch viele Kleinstlebewesen oder Pilze, die in enger Symbiose etwa die Nährstoffversorgung verbessern oder Schädlinge bekämpfen. Boden ist umso mehr auf die Wechselwirkung der verschiedenen Funktionen angewiesen, als sich im Zeichen der Erderwärmung die Umweltbedingungen verändern. Laut Prognosen muss sich die Schweizer Landwirtschaft auf längere Trockenperioden gefasst machen. Künftig wird deshalb vor allem der Wert jener ertragreichen Böden zunehmen, die auch als Wasserspeicher wichtig sind.

### **Der Bodenqualitätsindex SQUID**

Der im Rahmen der NFP 68-Fokusstudie **BODENINDIKATOREN** entwickelte Bodenqualitätsindex SQUID (Soil Quality Index) nutzt das Konzept der Ökosystemleistungen, um den Wert des Bodens für den Menschen (Erholungsleistungen, Produktionsleistungen usw.) darzustellen. Der SQUID wurde erstellt, indem auf Basis einer Expertenbefragung die Bodenfunktionskarten aus dem Projekt **BODENKARTEN** unter Berücksichtigung der Ökosystemleistungen gewichtet wurden.

Der SQUID stützt sich auf die vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) 2011 publizierten «Indikatoren für Ökosystemleistungen». Diese lassen sich zu einem Spektrum bestimmter Indikatoren – fokussiert auf Ökosystemleistungen im Zusammenhang mit Freizeitaktivitäten oder der Nahrungsmittelversorgung usw. – oder zu einem einzigen, allgemeinen Bodenqualitätsindex bündeln.

Der Boden ist vor allem aufgrund seiner Regulierungs- und seiner Produktionsfunktion klimarelevant. So kann Boden einerseits als Kohlenstoffspeicher einen dämpfenden Einfluss auf die Treibhausgasbilanz haben; andererseits kann die landwirtschaftliche Nutzung den Ausstoss von Lachgas und Kohlendioxid erhöhen und die Treibhausgasbilanz belasten.

### **Bodenqualitätsindex – ein Instrument zur Darstellung der Ökosystemleistungen**

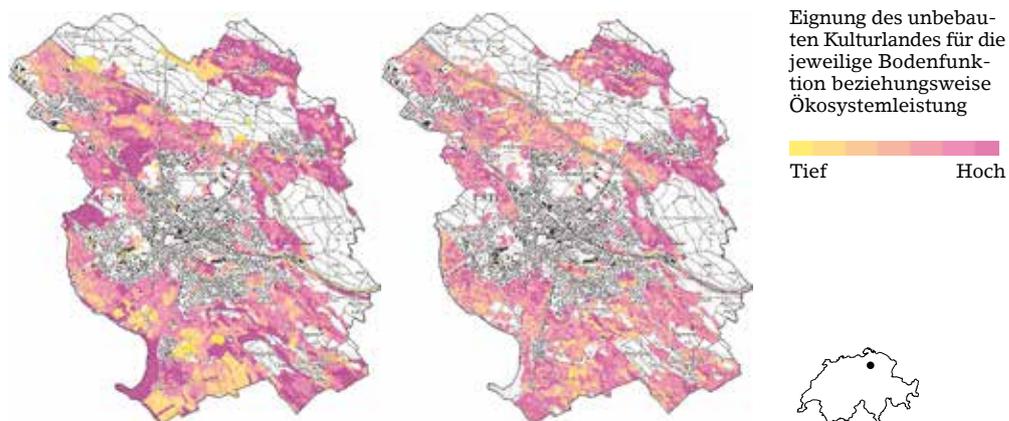
Landnutzungen und Landnutzungsänderungen machen sichtbar, wie eng die Wirkungskette zwischen den Bodenfunktionen und den Ökosystemleistungen ist. Veränderungen der Land- und Bodennutzung oder der gesellschaftlichen Ansprüche wirken sich unmittelbar auf das Gesamtsystem aus. Dringend ist deshalb, potenzielle Nutzniesser und Gefährdungspotenziale bei Landnutzungsfragen leichter erkennen zu können. Konkret müssen die auf den Bodenfunktionen basierenden Ökosystemleistungen, insbesondere bei der Abwägung raumplanerischer Interessen, mehr Gewicht erhalten.

Im Rahmen der NFP 68-Fokusstudie **BODENINDIKATOREN** wurden mithilfe des Bodenqualitätsindexes **SQUID** (Soil Quality Index) die Bodenfunktionskarten aus dem Projekt **BODENKARTEN** mit der Nachfrage nach Ökosystemleistungen verknüpft. Dies mit dem Ziel, die Bodenqualität als operationelle Grösse in die Raumplanung zu integrieren. So lassen sich die Ökosystemleistungen von Böden, beispielsweise die Erholungsleistungen der Grün- und Freiflächen und die Produktionsleistungen des Kulturlandes, mit dem **SQUID** räumlich präzise darstellen. Der **SQUID** ermöglicht damit, die Entscheidungsfindung in der Raumplanung, aber auch in anderen Disziplinen transparent zu gestalten. Der **SQUID** gibt

#### **Abbildung 3**

Vergleich einer Bodenfunktionskarte (Eignung für landwirtschaftliche Produktion; links) mit einer Karte, die eine Ökosystemleistung abbildet (Erholungsleistung durch städtische Grün- und Freiflächen sowie Nah- und Fernerholungsräume; rechts), am Beispiel der Gemeinde Uster ZH.

NFP 68-Projekt **BODENKARTEN**, NFP 68-Fokusstudie **BODENINDIKATOREN**



die unterschiedlichen Ökosystemleistungen, zu denen der Boden beiträgt, in feiner Abstufung wieder. Dies erlaubt sehr differenzierte und räumlich hochaufgelöste Aussagen und bietet den Vorteil, die Bodenqualität bei Standortentscheidungen auf lokaler und regionaler Ebene zu berücksichtigen.

Auf Bodenfunktionen basierende Indexmodelle finden im Planungsalltag einiger deutscher Bundesländer bereits Verwendung. Im Gegensatz zur Schweiz liegen in Deutschland einheitliche Informationen zu den Bodenfunktionen und zur Bodenqualität vor. Analoge Methoden werden auch in Österreich eingesetzt. Das NFP 68 empfiehlt, Bodenindikatoren auch in der Schweiz zu verwenden. Für die Verwendung solcher Bodenqualitätsindexmodelle, vor allem den flächendeckenden Einsatz des SQUID, ist noch Forschungs- und Entwicklungsaufwand nötig: So sind die im NFP 68-Projekt BODENKARTEN erarbeiteten Grundlagen für eine national harmonisierte Bewertung der Bodenfunktionen weiterzuentwickeln. Zudem müssen sich die bodenpolitischen Akteurinnen und Akteure darauf einigen, eine flächendeckende, thematisch auf die multidimensionale Bodenqualität ausgerichtete Erhebungskampagne für Bodeninformationen zu starten (Kapitel 6). Hängige und künftige Revisionen bodenrelevanter Gesetze, Sachpläne und behördlicher Vollzugsinstrumente bieten eine gute Gelegenheit, eine ganzheitliche Sicht der Bodenqualität und den nachhaltigen Umgang mit der multifunktionalen Ressource Boden zu fördern.

---

#### Quelle

. Grêt-Regamey A. et al. (2018): Eine Bodenagenda für die Raumplanung. Thematische Synthese 3 des NFP 68. Bern.

## 4 **Boden und Raumplanung: Auf die Bodenqualität kommt es an**

**Der Verlust von Kulturland zerstört die natürliche Ressource Boden. Damit nicht noch mehr seiner Funktionen und Ökosystemleistungen verloren gehen, muss die Raumplanung die Siedlungsentwicklung besser steuern. Mehrere NFP 68-Projekte zeigen auf, wie die Raumentwicklung nachhaltiger gestaltet werden kann. Die Bodenqualität muss dafür eine wichtige raumplanerische Entscheidungsgrösse werden.**

Die staatliche Regulierung der Landnutzung hinkt der realen Bedrohung hinterher: Zwar verpflichtet die schweizerische Bundesverfassung seit 1969 zum «haushälterischen Umgang» mit dem Boden. Studiert man aber die Arealstatistik der Schweiz, ist davon wenig erkennbar. Zwischen 1985 und 2009 hat die Siedlungsfläche um knapp ein Viertel zugenommen. Kulturland in der Grösse des Bodensees wurde überbaut. Weder das Raumplanungsgesetz (RPG) noch die Verordnung über die Belastungen des Bodens (VBBö) vermochten diesen Trend zu stoppen (Kapitel 2). Bereits das Nationale Forschungsprogramm NFP 22, «Nutzung des Bodens in der Schweiz» (1985–1990), schlug Massnahmen für einen haushälterischen Umgang vor. Trotzdem wirken die Hauptfaktoren für den stetigen Flächenverlust bis heute fort: Zwei Drittel des verlorenen Kulturlandes gehen auf Kosten des Siedlungswachstums, ein Viertel haben Infrastruktur- und Verkehrsanlagen beansprucht. Zudem hat die Landwirtschaft selbst den Boden ausserhalb der Bauzonen weiter zugebaut; rund ein Zehntel des Kulturlandverlusts geht auf deren Konto.

Ein wesentlicher Grund für den Bodenverbrauch ist die Flächenbeanspruchung durch die Bevölkerung. 2009 war in der Schweiz pro Einwohnerin und Einwohner eine Fläche von 407 Quadratmetern überbaut, knapp 10 Prozent mehr als noch 1985. Angesichts des anhaltenden Bodenverbrauchs drängt die Zeit. Der Konsens in Gesellschaft und Politik wächst, den Flächen- und Bodenverlust wirksam zu stoppen. Anhand qualitativer Szenarien bietet die thematische Synthese 5 des NFP 68 eine Abschätzung der Wechselwirkungen zwischen Landnutzung, Bodenfunktionen und Bodenpolitik. Die Analyse bestätigt den grossen Handlungsbedarf und zeigt, dass wirksame Mittel gegen den Verlust an Bodenqualität verfügbar wären.

### **Bodenqualität in die Raumplanung integrieren**

Der Konflikt zwischen Siedlungswachstum und Kulturlandschutz verschärft sich vor allem im Schweizer Mittelland, das einen Drittel der Schweizer Landesfläche mit den fruchtbarsten und produktivsten Böden der Schweiz umfasst. Gleichzeitig dehnen sich hier die Siedlungsräume besonders stark aus. So prallen teilweise unvereinbare Flächenansprüche aufeinander. Böden mit hoher Produktivität sind besonders gefährdet, aber auch solche mit anderen Qualitäten, die von der Raumplanung meist vernachlässigt werden (Kapitel 3). Damit die Multifunktionalität der Ressource Boden bei Landnutzungsentscheiden ein grösseres Gewicht erhält, müssen die Regeln für die Zuweisung von Nutzungen und die Interessenabwägung verbessert werden. Sowohl der Verlust von Landfläche als auch von Bodenqualität ist als Bedrohung zu werten. Bei raumwirksamen Planungsentscheiden, der Evaluation von Anlagestandorten und der Festlegung standortspezifischer Bewirtschaftungsmethoden soll deshalb gelten: Die qualitativen Aspekte des Bodens sind systematisch einzubeziehen. Angesichts des ungebremsten Flächenverlusts drängt die Zeit. Mehrere NFP 68-Projekte (u.a. ENTSCHEIDUNGSPLATTFORM, BODENINDEXPUNKTE,



**Auswahl von Landwirtschaftsböden**

von links:

Oben: Kalkbraunerde auf Schwemmland, Selzach SO – Braunerde auf Moräne, Grafenried BE – Braunerde auf Kalkstein, Laupersdorf SO

Mitte: Parabraunerde, Weiach ZH – Braunerde, Zürich ZH – Pseudogley auf Schwemmlehm, Selzach SO

Unten: Regosol, Radelfingen BE – Gley, Walchwil ZG – Auenboden, Brugg AG

LASTENAUSGLEICH, BODENINDIKATOREN, POLITIKINSTRUMENTE) haben untersucht, ob und auf welche Weise sich die Bodenqualität in der Raumplanung systematisch berücksichtigen lässt. Die Ergebnisse liefern zwar noch kein umfassendes Rezept, aber ermutigende Denkanstösse, wie Informationen zur Bodenqualität in raumplanerische Entscheide einfließen können. Die Forschungsteams haben Ideen für ein Planungsinstrumentarium entwickelt, das den Verlust von Bodenqualitäten mithilfe der Raumplanung vermindern soll. Es liegt an den zuständigen Behörden, diese Vorschläge zu einem anwendungsfähigen Instrument weiterzuentwickeln.

Das NFP 68 schlägt konzeptionelle Anpassungen für das Vollzugsinstrumentarium vor. Auf Gesetzesebene muss der Schutz von Bodenfunktionen in Betracht gezogen werden. Die Bodennutzungsentscheide sollten um das Kriterium «Bodenqualität» erweitert werden, damit nicht nur die landwirtschaftliche Nutzungseignung den Ausschlag gibt. Statt Boden von hoher Qualität für eine Überbauung zu opfern, sollte auf eine minderwertige Fläche ausgewichen werden. Dazu sind parzellengenaue Informationen über die Bodenqualität und die Bodenfunktionen Voraussetzung. Solche Bodeninformationen sind derzeit nicht verfügbar. Um sie zu beschaffen, bedarf es einer thematisch und räumlich weitreichenden Erhebung (Kapitel 6).

Die NFP 68-Projekte ENTSCHEIDUNGSPLATTFORM, FRÜHWARNSYSTEM UND BODENKARTEN haben für spezifische Testregionen Bodeninformationen aufbereitet. Somit konnten erstmals Qualitätsmerkmale von unversiegeltem Kulturland, die über die landwirtschaftliche Nutzungseignung hinausgehen, bei Landnutzungsentscheiden berücksichtigt werden.

Die Bodenqualität muss sowohl ausser- als auch innerhalb des Siedlungsgebiets stärker interessieren: Unbebaute Flächen im Siedlungsgebiet beziehungsweise innerhalb einer Bauzone erbringen Ökosystemleistungen wie Wasserretention und Erholung. Die negativen Auswirkungen der Siedlungsentwicklung auf die Bodenqualität sollen deshalb generell beschränkt werden.

### **Bodenindexpunkte: ein Schlüssel für den Umgang mit Bodenqualität**

Zwischen 200 und über 2500 Franken sind im Kanton Zürich durchschnittlich für einen Quadratmeter Wohnbauland zu bezahlen. Die vom kantonalen Statistikamt erfasste Spanne verdeutlicht den grossen Einfluss der Lage – etwa der Nähe zu einem Zentrum – auf den Bodenpreis. Noch eindrücklicher sind die Preisdifferenzen beim Vergleich zwischen Bauland und Kulturland. Ein Quadratmeter Land ausserhalb der Bauzone kostet auf dem stark regulierten ländlichen Bodenmarkt weniger als 20 Franken. Entsprechend gewaltig ist der ökonomische Anreiz, den Bodenwert im Zuge einer (rechtmässigen) Einzonung um das Hundertfache zu steigern. Der monetäre Gewinn eines Einzelnen bedeutet hier aber einen Verlust für die Gesellschaft, der meist erst sichtbar wird, wenn die Bagger auffahren.

Das NFP 68 sieht darum Korrekturbedarf und schlägt eine Methode zur Quantifizierung von Bodenqualität vor. Die Bodenfunktionen sollen anhand von Indexpunkten erfasst werden. Die Bewertung einzelner Funktionalitäten folgt einer Methode, die in den NFP 68-

Projekten **BODENKARTEN**, **BODENINDIKATOREN** und **POLITIKINSTRUMENTE** erprobt wurde: der Bodenqualitätsindex. Er führt die Fläche und die Qualität des beanspruchten Bodens zu einer einzigen Kennzahl zusammen. Bei einem Standortvergleich oder einem Vorhaben zur Siedlungserweiterung lässt sich mithilfe dieses Indexes steuern, wie viel Bodenqualität verloren gehen darf. So «kostet» eine Hektare qualitativ hochwertigen Bodens mehr Indexpunkte als Boden von geringerer Qualität. Im Gegenzug können für die Rekultivierung degradierter Böden Indexpunkte gutgeschrieben werden. Ein solches Punktesystem erlaubt, die Bodenbeanspruchung entsprechend der Bodenqualität flexibler zu steuern als allein mit einer quantitativen Vorgabe zur Begrenzung von Bauflächen. Der Indexmechanismus führt die qualitative Betrachtung automatisch in eine Planungsentscheidung ein: Die Akteurinnen und Akteure haben damit einen ausreichenden Anreiz, eine möglichst geringe Abnahme der Gesamtindexpunkte anzustreben. So lässt sich der Verlust an Bodenqualität effektiv mindern.

Das Anwendungsspektrum für das Indexsystem reicht von der Identifikation geeigneter Bauflächen über die Kompensation übergrosser Bauzonen bis hin zum Schutz von Fruchtfolgeflächen. Weitere Planungsaufgaben, die mit Bodenindexpunkten vereinfacht werden können, sind Standortevaluationen für Bau- und Infrastrukturvorhaben beziehungsweise der räumliche Vergleich von Entwicklungsvarianten unter Berücksichtigung der Bodenqualität. Allerdings besteht dabei die Gefahr einer einseitigen Betrachtung: Erfolgt die Ausscheidung neuer Bauzonen allein anhand des Bodenqualitätsindex, kann dies die Zersiedelung fördern. Denn Böden von hoher Qualität liegen häufig am Rand bestehender Siedlungen. Mittels einer Kombination des Bodenqualitätsindex und eines Zersiedelungsindikators haben die **NFP 68**-Projekte **LASTENAUSGLEICH** und **POLITIKINSTRUMENTE** auch Entwicklungsmodelle erprobt, die mit derartigen Zielkonflikten umgehen können, denn eine nachhaltige Siedlungsentwicklung muss sowohl die Zersiedelung als auch die Bodenqualität im Auge behalten. Aus Sicht des **NFP 68** bietet es sich an, das Bodenqualitätsindexsystem in das bestehende Raumplanungsinstrumentarium einzubetten und – wie im Fall der Zersiedelung – nach Bedarf mit Zielvorgaben für die Raumentwicklung zu ergänzen.

Ein wesentlicher Grund für den anhaltenden Bodenverlust ist der mangelhafte Vollzug der Gesetze und Vorschriften. Das **NFP 68**-Projekt **POLITIKINSTRUMENTE** hat deshalb die Wirkung zusätzlicher Vollzugsmassnahmen untersucht. Es gibt flexiblen Steuerungsmitteln den Vorzug vor rigiden Schutzmassnahmen oder restriktiven Nutzungsregeln. Strengere Regeln allein wären nicht die richtige Strategie, weil sie politisch und gesellschaftlich wenig Akzeptanz fänden. Vielversprechender sind Steuerungsinstrumente wie das beschriebene Indexsystem, das die Bodenfunktionen als operative Grösse einbezieht.

### **Bodenindexpunkte als Teil eines nachhaltigen Steuerungssystems**

Darüber, welche Ausdehnung der Siedlungsraum im Jahre 2035 hat, wird bereits heute entschieden, denn der Zeitraum der kantonalen Richtpläne erstreckt sich auf 15 bis 20 Jahre. Die Überlegungen der Kantone basieren auf Bevölkerungsszenarien des Bundesamts für Statistik. Allerdings ist der Interpretationsspielraum, wie die demografische Entwicklung den künftigen Flächenbedarf beeinflussen wird, gross. Die Zielkonflikte

zwischen dem bedarfsorientierten Bauflächenwachstum und dem haushälterischen Umgang mit Boden bleiben somit bestehen. Konkrete Flächenvorgaben für die Siedlungsausdehnung beziehungsweise eine räumliche Begrenzung werden erst ansatzweise diskutiert – etwa auf kantonaler Stufe im Richtplan und kommunaler Ebene in den Nutzungs- und Zonenplänen, aber auch als Übergangslösung für Kantone, die ihren Richtplan noch nicht dem revidierten Raumplanungsgesetz (RPG 1) angepasst haben. Auch die «Strategie nachhaltige Entwicklung 2016–2019» der Schweiz gibt keine quantitativen Empfehlungen ab, sondern macht qualitative Vorschläge. Eine Trendumkehr beim Bodenverbrauch in der Schweiz ist aber dringend einzuleiten. Das Indexsystem, mit dem sich der Verlust an Bodenqualität flexibel steuern lässt, ist eine Option. Mit einem Kontingent an Bodenindexpunkten lässt sich etwa festlegen, welcher Verlust an Bodenqualität (Verlust von Fläche oder Bodenfunktionen) in einer Planungsperiode maximal in Kauf genommen wird. Im Rahmen eines Bodenschutzkonzepts bedient sich die Stadt Stuttgart eines entsprechenden Kontingents zur Steuerung des Bodenverbrauchs. Das für eine bestimmte Periode zur Verfügung gestellte Punktekontingent lenkt die räumliche Entwicklung in die gewünschte Richtung, sodass die Siedlungsentwicklung in erster Linie auf Boden niedrigerer Qualität stattfindet.

Das NFP 68-Projekt POLITIKINSTRUMENTE hat neben den Bodenindexpunkten weitere Regulierungskonzepte analysiert, darunter eine Ausgleichs- und Lenkungsabgabe für die Beanspruchung von Bodenqualität sowie eine Bestandsgarantie für Flächen mit wertvollen Böden, analog zur Walderhaltungspflicht. Die Ergebnisse des Vergleichs zeigen: Mithilfe eines kombinierten Index- und Kontingentierungsinstruments lässt sich die Bodenqualität unter den gewählten Annahmen am effektivsten schützen, weil es sowohl lenkende Wirkung erzeugt als auch die Verbrauchsmenge verbindlich begrenzt. Eine Anpassung des Kontingents kann unter Umständen sogar eine Verbesserung der Bodenqualität einleiten.

Bodenindexpunkte leiten sich aus den Bodenfunktionen und den darauf basierenden Ökosystemleistungen ab. Sie erweisen sich als vielseitig einsetzbares Instrument. Sie erlauben, einen Zielwert für den Verbrauch an Bodenqualität und damit für die Bodennutzung festzulegen. Ihr Einsatz kann den Vollzug in der Raumplanung verbessern, und sie regen gleichzeitig eine generelle Debatte darüber an, ob und wie der Bodenverbrauch verbindlich begrenzt werden kann. In wissenschaftlichen und behördlichen Kreisen sind Bestrebungen im Gange, die Methode zur Bewertung der Bodenfunktionen und Ökosystemleistungen und die Berechnung von Bodenindexpunkten nach Abschluss des NFP 68 bis zur Praxisreife weiterzuentwickeln.

### **Bodenqualität in der raumplanerischen Interessenabwägung**

Umfassende Aushandlungsprozesse sind in der Schweizer Raumplanung zentral: Bei der Festsetzung raumwirksamer Nutzungsvarianten gilt es die verschiedenen Interessen abzuwägen: Welche Nutzungsformen sind rechtlich zulässig? Welche fördern die nachhaltige Entwicklung? Welche Flächen stehen unter besonderem Schutz? Alle Landnutzungsentscheide haben diese und weitere Fragen angemessen zu berücksichtigen. Bislang ist aber die Bodenqualität kaum ein Thema in der Raumplanung. Selbst bei stärkerer Ge-

wichtung, wie sie das NFP 68 vorschlägt, wäre sie nur eines von vielen Entscheidungskriterien. Daher ist grundsätzlich zu überlegen, wie ein solches Abwägungsverfahren einfach und nachvollziehbar ausgestaltet und auf die Zusatzkriterien für eine nachhaltige Nutzung des Bodens abgestimmt werden kann.

Mehrere NFP 68-Projekte (u.a. ENTSCHEIDUNGSPLATTFORM und ZERSIEDELUNG) haben sich mit der Raumplanung auf Ebene der Gemeinden und Regionen auseinandergesetzt und spezifische Entscheidungsmodelle und Visualisierungswerkzeuge entwickelt. Mit ihnen lässt sich für eine bestimmte Nutzungsvariante die Wirkung konkreter Bau- und Infrastrukturvorhaben, der räumlichen Umsetzung gesetzlicher Vorschriften und der Festlegung einer übergeordneten Raumstrategie auf die Bodenqualität lokal und regional simulieren und visualisieren. Die interessierten Akteurinnen und Akteure gewinnen auf diese Weise frühzeitig einen klaren Einblick in die Zielkonflikte geplanter Massnahmen und die Folgen bestimmter Entscheide.

### **Gemeindeübergreifende Planung – eine Notwendigkeit**

Zwei Erkenntnisse erscheinen besonders frappant: Zum einen ist die Zusammenarbeit der Gemeinden bei der Planung zu fördern. Arbeiten mehrere Gemeinden zusammen, vergrössert sich die Standortauswahl. Bei der Zuweisung von Bauflächen lässt sich so der Verlust an Bodenqualität minimieren. Zum anderen sind dank der Zusammenarbeit auch die Folgen für die Landwirtschaft deutlicher abschätzbar und das Siedlungswachstum kann auf Böden geringerer Qualität verlagert werden.

Kaum ein sachpolitischer Bereich ist so stark vom föderalistischen System der Schweiz geprägt wie die Raumplanung. Wesentliche Massnahmen für eine nachhaltige Bodenpolitik – etwa der haushälterische Umgang mit dem Boden und die Siedlungsentwicklung nach innen – liegen in kommunaler Hand. Die Herausforderungen auf lokaler Ebene sind beträchtlich. Manche Gemeinden und Städte stehen dabei unter wirtschaftlichem und politischem Druck von aussen. Sie kurbeln die lokale Nachfrage nach Bauland aber auch selbst an, beispielsweise über ihre Standort-, Steuer- und Infrastrukturpolitik. Das NFP 68-Forschungsprojekt ZERSIEDELUNG hat wichtige Wachstumstreiber auf kommunaler Ebene identifiziert: Eine gute Verkehrsanbindung, ein hoher Pendleranteil und hoher Wohlstand der Bevölkerung sind ihm zufolge die Hauptgründe für eine überdurchschnittliche Ausdehnung des Siedlungsgebiets.

Allerdings haben es die Gemeinden auch selbst in der Hand, etwas dagegen zu tun und eine nachhaltige Bodennutzung zu fördern, indem sie etwa in der kommunalen Nutzungsplanung vermehrt Rücksicht auf die Bodenqualität nehmen und hierbei die Zusammenarbeit mit den Planungsträgern verstärken. Sowohl das NFP 22 «Nutzung des Bodens in der Schweiz» als auch das NFP 54 «Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung» haben empfohlen, den Landverbrauch durch Anstrengungen auf regionaler Ebene zu stoppen. Neu zeigt das NFP 68-Forschungsprojekt LASTENAUSGLEICH auf, welche Synergieeffekte die raum- und themenübergreifende Zusammenarbeit auslösen kann. Weil eine Baulandumlegung überkommunal flexibler koordiniert werden kann, ist es einfacher, die Raumansprüche flächenmässig zu optimieren. Die Bodenfunktionen

sind in weit höherem Masse standortgebunden als die ökonomischen Standortbedingungen. Eine Ausweitung des Planungspimeters erhöht die Auswahl an Bodenstandorten, damit die Standortoptionen sowie den Entscheidungsspielraum. Dies belegt auch das NFP 68-Projekt POLITIKINSTRUMENTE mit gemeindeübergreifenden Entwicklungsszenarien im Zürcher Oberland. Es hat gezeigt, dass der Verlust an Bodenqualität weniger hoch ist, wenn die Gemeinden den Abtausch von Bauzonen koordinieren. Ohne die sozioökonomische Entwicklung einzuschränken oder den Raumbedarf einzugrenzen, bleiben wertvolle Böden effektiv vor Überbauung verschont.

### **Ausgleichsmechanismen einführen**

Wald- und Mooregebiete geniessen in der Schweizer Raumplanung einen besonderen Schutz. Hingegen ist der Zugriff auf Kulturland – selbst auf geschützte Fruchtfolgeflächen – auch landwirtschaftsfremden Interessen nicht grundsätzlich verwehrt. Die Raumplanung bietet hier einen gewissen Ermessensspielraum, wobei eine Abwägung zwischen den wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und ökologischen Interessen stattfinden muss. Eine nachhaltige Bodennutzung ist daher oft in übergeordnetem Rahmen, das heisst im Zusammenspiel einzelner standortgebundener Kompensationsmechanismen, anzustreben. Diese Bedingung ist in der Nutzungsplanung beispielsweise erfüllt, wenn Erweiterungen der Bauzone durch das Auszonieren gleichwertiger Flächen kompensiert werden können. Wie das NFP 68-Projekt LASTENAUSGLEICH zeigt, bietet eine regionale Siedlungsentwicklung strategische Vorzüge: Für gemeindeübergreifend definierte Ziele wie die Verdichtung oder Erhaltung der Bodenqualität lässt sich jeweils ein flexibler räumlicher Umsetzungsrahmen finden.

### **Bodenverlust und Zersiedelung**

Das NFP 68-Projekt ZERSIEDELUNG hat im Rahmen verschiedener Szenarien untersucht, wie sich Bodenverlust und Siedlungsentwicklung beeinflussen. Ginge die Entwicklung so weiter wie im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts, nähme das Siedlungsgebiet bis 2035 um ein Viertel zu. Gleichzeitig würde das intensiv genutzte Kulturland um 15 Prozent schrumpfen, was einer Verdreifachung der aktuellen Verlustrate entspricht. Würde dagegen politisch stärker interveniert – etwa durch anreizorientierte Vollzugsinstrumente oder mit der in den Szenarien noch nicht berücksichtigten Revision 1 des Raumplanungsgesetzes –, nähme die Siedlungsfläche zwar weiter zu, das Siedlungswachstum liesse sich dadurch jedoch bis auf 3 Prozent reduzieren. Der Verlust an Bodenqualität würde zwar gedämpft, aber nicht verhindert. Weiterhin wären die qualitativ wertvollsten Böden am stärksten gefährdet. Den Planungsträgern in den Kantonen und Gemeinden ist daher zu empfehlen, die Bodenfunktionen beim Erstellen von Richtplänen oder Nutzungsplänen vorsorglich in die Interessenabwägung einzubeziehen. Damit kann der Schutz der bestehenden Bodenqualität unmittelbar erhöht werden.

---

## Quellen

- . Grêt-Regamey A. et al. (2018): Eine Bodenagenda für die Raumplanung. Thematische Synthese 3 des NFP 68. Bern.
- . Keller A. et al. (2018): Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH). Thematische Synthese 4 des NFP 68. Bern.
- . Walter F. et al. (2018): Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik. Thematische Synthese 5 des NFP 68. Bern.

**Die schweizerische Agrarpolitik hat in den vergangenen zwanzig Jahren den ökologischen Anliegen zunehmend Beachtung geschenkt. Doch ausgerechnet die Anstrengungen für eine schonende Bewirtschaftung des Bodens, der die Grundlage schlechthin der land- und forstwirtschaftlichen Produktion ist, sind oft unzureichend. Das NFP 68 hat Vorschläge erarbeitet, die dazu beitragen sollen, dass die vielfältigen Funktionen des Bodens auch künftig intakt bleiben.**

Die Statistik bescheinigt der Schweizer Landwirtschaft einen respektablen Leistungsausweis. Seit Anfang der 1980er-Jahre erzeugt sie rund 60 Prozent der Nahrungsmittel, die hierzulande konsumiert werden – und dies, obwohl die Bevölkerung im gleichen Zeitraum um etwa 30 Prozent zugenommen hat. Möglich gemacht hat diese stetige Produktionssteigerung nicht zuletzt die kontinuierliche Spezialisierung der Betriebe. Ebenso trugen Fortschritte in der Pflanzen- und Tierzucht, in der Nutztierhaltung und neue Verfahren zur Düngung und Bekämpfung von Schädlingen, Krankheiten und Unkräutern dazu bei. Zugleich schufen sie neue Probleme, die den Böden besonders zu setzen.

Bereits das NFP 22 kam zum Schluss, dass die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und insbesondere der Einkommensrückstand der Landwirte einer Bodennutzung Vorschub leisten, «welche die langfristige Bodenfruchtbarkeit und die Erfüllung der weiteren Bodenfunktionen beeinträchtigt und die schleichende Bodenzerstörung fördert». Ein noch heute zutreffendes Fazit des NFP 22 lautete denn auch: «Die Landwirtschaftspolitik unterstützt die nachhaltige Bodennutzung zu wenig.»

### **Die Landwirtschaftspolitik auf dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit**

Seit Abschluss des NFP 22 hat sich allerdings einiges verändert. 1993 startete mit der integrierten Produktion ein Ökoprogramm für die Schweizer Landwirtschaft, an dem sich 1999 neun von zehn Landwirtschaftsbetriebe beteiligten. 1994 wurde das Direktzahlungssystem in der Schweizer Landwirtschaftspolitik ausgeweitet und an einen ökologischen Leistungsnachweis gebunden. Diese Neuausrichtung der Landwirtschaftspolitik, die im gleichen Jahr an der Urne die Zustimmung des Stimmvolkes fand, bedeutete eine Revolution in der Schweizer Landwirtschaft: Das bäuerliche Einkommen wurde nicht mehr allein mit den erzeugten Gütern erwirtschaftet. Die Direktzahlungen honorieren seither auch Leistungen, die der Umwelt zugutekommen, wie eine ausgeglichene Düngerbilanz, eine geregelte Fruchtfolge oder eine möglichst sparsame Verwendung von Pflanzenschutzmitteln. Weitere Beiträge und Programme entschädigen die Landwirte für ihren Aufwand zugunsten einer ökologischeren Bewirtschaftungsweise.

Die Neuausrichtung der Schweizer Landwirtschaftspolitik vermochte den Trend hin zu einer immer industrielleren Nahrungsmittelproduktion zu brechen. Heute kennt die Schweiz im Wesentlichen zwei landwirtschaftliche Systeme: Gemäss dem Bundesamt für Statistik wird auf den insgesamt 1,05 Millionen Hektaren landwirtschaftlicher Nutzfläche zu über 98 Prozent zumindest eine integrierte Produktion betrieben (ökologischer Leistungsnachweis). 142 000 Hektaren (ca. 14 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche) werden biologisch bewirtschaftet.

## Spezialisierung gefährdet die Balance

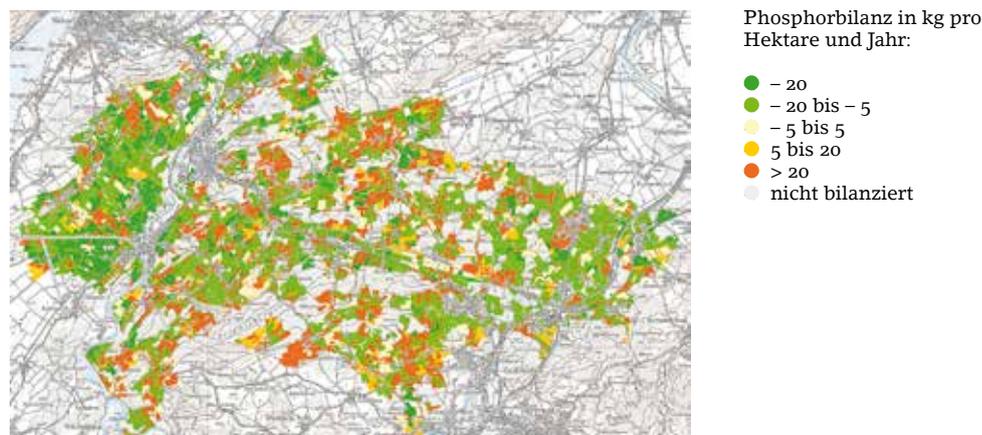
International betrachtet ist die Schweizer Landwirtschaft stark auf tierische Produkte ausgerichtet: Im Vergleich zu ihren Nachbarländern weist sie mit 1,7 Grossvieheinheiten (GVE) pro Hektare mit Abstand die höchste Nutztierdichte auf, an zweiter Stelle folgt Deutschland mit 1,07 Grossvieheinheiten pro Hektare. Innerhalb der Schweiz lassen die beiden Label IP-Suisse (integrierte Produktion) und Bio Suisse (biologische Bewirtschaftung) Spielraum für sehr unterschiedliche Formen der Landwirtschaft, sodass auch die Spezialisierung auf ausgewählte Erzeugnisse möglich ist.

Die regionale Ausrichtung auf bestimmte Produktionsmodelle ist zum Teil naturraumbedingt und widerspiegelt sich im Landschaftsbild – aber auch in der Umweltbelastung. So konzentriert sich etwa nahezu ein Drittel des gesamten Schweizer Schweinebestands im Kanton Luzern, auf den gerade mal rund 7 Prozent der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz entfallen. Als Folge davon weisen der Boden sowie zahlreiche Zuflüsse des Sempacher- und des Baldeggersees eine übermässige Phosphorkonzentration auf. Im Kanton Waadt hingegen dominiert der Ackerbau: Er erzeugt schweizweit am meisten Brotgetreide, Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben, Raps und andere Feldfrüchte. Dort halten zahlreiche Landwirtschaftsbetriebe gar keine Tiere, sodass es dem Boden an Hofdünger fehlt. Gesamtschweizerisch exportieren zudem 86 Prozent der viehlosen Betriebe ihr Stroh, und nur ein Drittel von ihnen gleicht diesen Verlust durch die Rücknahme von Mist aus und verschlechtert damit sowohl die betriebliche Dünger- als auch die Kohlenstoffbilanz.

### Abbildung 4

Bilanz des durchschnittlichen jährlichen Phosphorein- und -austrags in den Jahren 2010 bis 2014 für Fallstudiengebiete im Berner Seeland.

NFP 68-Projekt FRÜHWARNSYSTEM



Das zwischen den drei Jurarandseen gelegene Grosse Moos wiederum – ein melioriertes Moor- und Sumpfgebiet – gilt als «nationaler Gemüsegarten»: Die etwa 500 Bauernhöfe, die im bernischen und freiburgischen Seeland auf rund 2600 Hektaren Gemüse anbauen, produzieren rund einen Viertel des in der Schweiz konsumierten Freilandgemüses, wobei die Bewirtschaftung dieser organischen Böden zu sehr hohen Kohlenstoffverlusten führt und wesentlich zu den Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft beiträgt.

Es gibt indes auch Regionen, in denen Pflanzenbau und Viehwirtschaft in einem ausgewogenen Verhältnis stehen. Im Kanton Zürich etwa kombinieren die meisten Betriebe Tierhaltung mit Ackerbau, und die landwirtschaftlichen Nutzflächen werden gemäss ökologischem Leistungsnachweis bewirtschaftet. Das ausgewogene Verhältnis von Pflanzenbau und Tierhaltung wirkt sich auch auf die Qualität der Fruchtfolge positiv aus.

Als Folge der Spezialisierung zieht sich die Landwirtschaft zunehmend aus höher gelegenen Gebieten zurück. Für die letzten 24 Jahre weist das Monitoringprogramm «Landschaftsbeobachtung Schweiz» (LABES) einen Rückgang der Sömmerungsweiden um 5,4 Prozent nach. Auf vielen nicht mehr bestossenen Alpweiden kommt Wald auf. Bezogen auf die gesamte Schweiz ist der Waldzuwachs für einen Drittel des Kulturlandverlusts verantwortlich. Im Unterschied zur Versiegelung gehen die Bodenfunktionen dabei nicht verloren, verändern sich aber teilweise und steigern in mancher Hinsicht ihre Leistung. Schweizer Waldböden weisen etwa einen signifikant höheren Kohlenstoffgehalt auf als landwirtschaftlich genutzte Böden und sind daher für den Klimaschutz relevant.

### **Die ökologische Intensivierung vorantreiben**

Der Ansatz der integrierten Produktion hat sich in der Schweizer Landwirtschaft überwiegend durchgesetzt. Ihr Schwerpunkt liegt auf dem Pflanzenschutz. Mit Blick auf die Bodenbedrohungen gilt es allerdings die Bodenqualität ins Zentrum zu stellen. Zum einen sollte diesbezüglich das betriebliche Bewirtschaftungspotenzial verstärkt berücksichtigt werden. Zwar fordert die Direktzahlungsverordnung in Artikel 13 ausdrücklich eine ausgeglichene Düngerbilanz, wobei sich «die zulässige Phosphor- und Stickstoffmenge nach dem Pflanzenbedarf und dem betrieblichen Bewirtschaftungspotenzial» bemisst. Die Praxis trägt diesem Potenzial allerdings nicht Rechnung, weil die Nährstoffvorräte im Boden in der «Suisse-Bilanz», dem Instrument zur Erfassung der Düngerbilanz, nicht berücksichtigt werden. Zudem ist die Landwirtschaft wieder besser auf die Gegebenheiten des jeweiligen Standorts auszurichten. Das Konzept der «standortgerechten Landwirtschaft» trägt unter anderem auch dem Risiko der Gewässerverschmutzung vor Ort und den Auswirkungen landwirtschaftlicher Methoden auf die Biodiversität Rechnung.

Schliesslich müssten die Erkenntnisse aus der naturwissenschaftlichen und landwirtschaftlichen Forschung vermehrt in die betrieblichen Praktiken einfliessen. Das Konzept der «ökologischen Intensivierung» baut denn auch auf einer stark wissenschaftsbasierten Landwirtschaft auf, die auf die optimale Nutzung ökologischer Funktionen und Ressourcen abzielt. Die Forschungsergebnisse aus dem NFP 68 zeigen eine Reihe von Möglichkeiten auf, um mit standortgerechten und bodenschonenden Bewirtschaftungsweisen Erträge zu erzielen, die nicht wesentlich unter jenen der herkömmlichen integrierten Produktion liegen.



Organischer Boden auf Schwemmlehm im Berner Seeland

## **Im Konflikt zwischen Pflanzenschutz und schonender Bodenbearbeitung**

Seit alters ist der Pflug das symbolträchtigste Instrument, das in der Landwirtschaft zum Einsatz kommt. Er dient dazu, Unkräuter wirkungsvoll zu bekämpfen und Hofdünger in den Boden einzuarbeiten. Viele Landwirte setzen inzwischen aber auf eine reduzierte Bodenbearbeitung oder verzichten bei der Direktsaat sogar ganz auf den Pflug. Sie agieren so zwar bodenschonend, verzichten damit aber auf ein wirkungsvolles Mittel zur Unkrautbekämpfung und nehmen in Kauf, mehr Pflanzenschutzmittel einsetzen zu müssen. Vorsorgemassnahmen wie eine geeignete Fruchtfolge, insbesondere der Anbau von Zwischenkulturen, helfen, diesen Konflikt zu entschärfen.

Langfristige Beobachtungsreihen haben gezeigt, dass nach einigen Jahren der Umstellung die Erträge bei reduzierter Bodenbearbeitung ähnlich ausfallen wie beim Einsatz des Pflugs. Weil die reduzierte Bodenbearbeitung weniger Interventionen auf dem Feld erfordert, nehmen Arbeitsaufwand und das Risiko, Felder zu einem ungünstigen Zeitpunkt befahren zu müssen, ab. Dem Klimaschutz nützt die reduzierte Bearbeitung ebenfalls: So ergab ein Feldversuch, dass sich bei reduzierter Bearbeitung im Lauf von dreizehn Jahren gut acht Tonnen Kohlenstoff pro Hektare mehr im Boden anreicherten als auf konventionell bearbeiteten Flächen. Vorteilhaft wirkt sich auch aus, dass bei der reduzierten Bodenbearbeitung die organische Bodensubstanz nicht in die Tiefe verfrachtet wird, sondern in den oberen Bodenschichten verbleibt. Dort trägt sie dazu bei, der Erosion vorzubeugen, die Biodiversität zu fördern und Wasser besser versickern zu lassen.

## **Boden unter Druck**

In der Schweiz werden immer mehr schwere Landwirtschaftsmaschinen eingesetzt. Von 1990 bis 2015 hat der Anteil landwirtschaftlicher Traktoren mit über 5 Tonnen Gewicht um mehr als das Sechzigfache zugenommen – von 0,6 auf 34,8 Prozent des landwirtschaftlichen Fuhrparks. Werden die schweren Maschinen zum falschen Zeitpunkt eingesetzt, zumal bei feuchten oder nassen Verhältnissen, verdichten sie den Boden. Unter der hohen Belastung verformt sich das Bodengefüge bis in grosse Tiefe; seine Wasser- und Luftdurchlässigkeit verringert sich und seine Funktion als Lebensraum wird beeinträchtigt.

Es existieren keine Zahlen zur schweizweiten Bodenverdichtung. Schätzungen zufolge sind ein Drittel der Zentralschweizer Böden stark verdichtet; ausserdem ist bekannt, dass Flächen, auf denen Gemüse angebaut wird, stark von Verdichtung bedroht sind. Gefährdet sind insbesondere Hackfrüchtekulturen und Fruchtfolgen ohne Kunstwiesen. Waldböden werden durch den Einsatz von schwerem Gerät in der forstlichen Nutzung ebenfalls verdichtet.

Einmal verdichtete Böden zu regenerieren, erweist sich als äusserst schwierig. Maschinell erzeugte Makroporen sind ein vielversprechender Ansatz, weil sie die Bodenbelüftung verbessern. Zugleich unterstützen sie die Produktivität der Pflanzen, indem deren Wurzeln durch diese Poren wachsen. Insbesondere Zwischenkulturen mit Arten, die einen



Gemüsepflanzung im Berner Seeland

grossen Wurzeldurchmesser oder ein dichtes Wurzelsystem aufweisen, wie Winterrettich, Luzerne oder Sonnenblumen, eignen sich, leicht verdichtete Böden wieder aufzulockern.

Verdichtete Böden werfen weniger Ertrag ab und erholen sich nur langsam. Ihre Funktionen bleiben teilweise über Jahrzehnte eingeschränkt. Eine erste rasche Regeneration erfolgt im Oberboden in den ersten zwei bis vier Jahren. Danach flacht sie ab, sodass insgesamt mit einer Regenerationszeit um die zehn Jahre gerechnet wird. Auch nach zehn Jahren ist noch mit einer Ertragseinbusse von rund 1,5 Prozent zu rechnen. Bei einer Verdichtung des Unterbodens verläuft die Regeneration langsamer. Sie führt zudem zu einer dauerhaften Produktionsminderung.

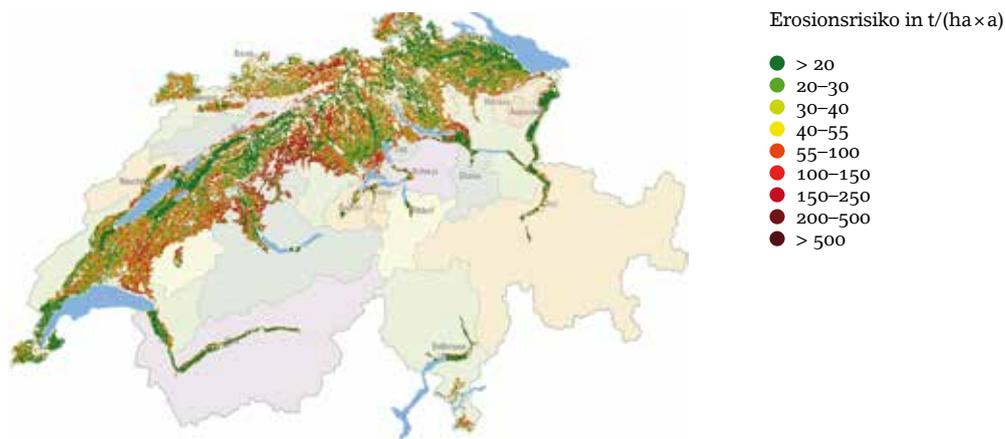
Angesichts solcher Langzeitschäden ist es dringend, Bodenverdichtungen zu vermeiden. Das Simulationsmodell «Terranimo» gestattet es, Verdichtungsrisiken von Vornherein zu erkennen und Schäden durch Massnahmen wie angepassten Reifendruck und optimalen Befahrungszeitpunkt vorzubeugen.

### Nackte Böden sind verwundbar

Eine weitere grosse Gefahr droht durch die Erosion: Werden Böden konventionell gepflügt und liegen dann brach, gehen auf einem knappen Sechstel der Schweizer Landwirtschaftsfläche jährlich 4 Tonnen Erde pro Hektare oder mehr durch Abtragung verloren. Zwischenkulturen schützen den Boden vor der Witterung und versorgen ihn mit wertvollen Nährstoffen. Damit die Gründüngung ihre Schutzwirkung entfalten kann, müssen die Zwischenkulturen den Boden mindestens zu 30 Prozent bedecken. Alle im NFP 68

**Abbildung 5**  
Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlich genutzten Fläche der Schweiz.

NFP 68-Projekt BODENKARTEN, NFP 68-Fokusstudie BODENINDIKATOREN



getesteten Pflanzenarten, die dazu üblicherweise in Frage kommen, erfüllen dieses Kriterium in kurzer Zeit.

Das Wurzelwerk der Zwischenkulturen stabilisiert den Boden. Da sie nicht geerntet werden, sondern Laub und Wurzelwerk auf dem Feld verbleiben, bereichern sie den Boden mit organischem Kohlenstoff. Überdies helfen sie, die Äcker von unerwünschter Begleitflora frei zu halten, die sonst auf dem unbedeckten Boden rasch aufkommt. Gemäss Ergebnissen des NFP 68 vermögen Zwischenkulturen bei reduzierter Bodenbearbeitung Unkräuter gleich effizient zu kontrollieren wie das Pflügen.

### **Vielfältige Fruchtfolge bringt Vorteile**

Im Kampf gegen Unkräuter und Schädlinge und zur optimierten Nutzung der Wasser- und Nährstoffressourcen erweist sich eine ausgewogene Fruchtfolge als äusserst vorteilhaft. In einem Langzeitversuch, den Agroscope 1967 in Changins bei Nyon gestartet hat, liessen sich Ertragsschwankungen zu zwei Dritteln auf die Fruchtfolge zurückführen. Die Forschenden sehen den Grund dafür in erster Linie bei den Bodenorganismen, die von den vielfältigen Ernteresten einer abwechslungsreichen Fruchtfolge profitieren. Eine geeignete Fruchtfolge reduziert aber auch den Bedarf an künstlich zugeführtem Stickstoffdünger und den Ausstoss von Treibhausgas. Eine globale Meta-Analyse ergab, dass eine vielfältige, mit organischer Stickstoffdüngung kombinierte Fruchtfolge in der Lage ist, die Lachgasemission aus dem Boden um 15 Prozent zu reduzieren. Ist das Verhältnis zwischen Tierhaltung und Pflanzenbau ausgewogen, erweisen sich Kunstwiesen mit tiefwurzelnden, mehrjährigen Futterhülsefrüchten in der Fruchtfolge für den Boden als besonders vorteilhaft, weil sie den Humusverbrauch einjähriger Marktfrüchte kompensieren.

Ferner unterstreichen verschiedene im Rahmen des NFP 68 durchgeführte Versuche, dass Bodenorganismen der Ernährung der Kulturpflanzen förderlich sind. Im Falle der nutzbringenden arbuskulären Mykorrhizapilze ist die Wahl der Fruchtfolge für ihr Gedeihen entscheidend: Werden öfter Pflanzen wie Raps angebaut, die keine Symbiose mit Mykorrhizapilzen eingehen, mindert dies die Vielfalt und Qualität der Pilzgemeinschaft. Die Wirkung arbuskulärer Mykorrhiza auf die Produktivität von Kulturen hängt zudem stark von den Gegebenheiten vor Ort ab. Insbesondere bei stark degradierten Böden sind sie für die Wiederherstellung der Bodenfunktionen sehr wichtig.

### **Vielversprechende Methoden natürlicher Schädlingsbekämpfung**

Pflanzenschutzmittel belasten Boden und Gewässer gleichermassen. Ihr Einsatz liesse sich reduzieren, würden mehr natürliche Biokontrollmethoden eingesetzt. So parasitieren Fadenwürmer eine Reihe von Schadinsekten im Boden und setzen im Innern der Wirte Giftstoffe produzierende Bakterien frei, die die Schadinsekten töten. Für einen wirkungsvollen Einsatz in der Schweiz ist diese Methode unter heutigen Bedingungen noch relativ teuer. Doch bei einer weiteren Ausdehnung von Schädlingen wie dem Maiswurzelbohrer könnten sich Fadenwürmer zum Schutz der einheimischen Maisernte bewähren, wie das NFP 68-Projekt NEMATODEN festhält. Exemplare des schädlichen Käfers konnten

inzwischen fast in der ganzen Schweiz nachgewiesen werden, dank der im ökologischen Leistungsnachweis obligatorischen Fruchtfolge hat er sich aber (noch) nicht vollständig etabliert.

Das NFP 68-Projekt **BODENBAKTERIEN** hat nachgewiesen, dass bestimmte Bodenbakterien (Pseudomonas) in der Lage sind, der Verbreitung von Pilzkrankheiten entgegenzuwirken, die über den Boden übertragen werden und die Pflanzenwurzeln angreifen. Unter geeigneten Voraussetzungen besiedeln diese Bakterien die Pflanzenwurzeln dicht und bilden einen gegen die schädlichen Pilze wirksamen Stoff, was die Abwehrmechanismen der Pflanzen in Gang setzt. Ob und wie sich diese natürlichen Pilzbekämpfungsmittel grossflächig nutzen lassen, muss weiter untersucht werden. Das NFP 68-Projekt **BIOLOGISCHE SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG** hat eine erste Anwendungsform entwickelt, mit der Fadenzwürmer zusammen mit bestimmten Pseudomonas-Arten, in Alginatkügelchen verpackt, mit den Maiskörnern ausgebracht werden können.

### **Dringender politischer Handlungsbedarf**

Die gegenwärtige Liberalisierung der Agrarmärkte erhöht den Druck auf den Boden – nicht zuletzt deshalb, weil sie einer weiteren Rationalisierung und Spezialisierung der Landwirtschaft Vorschub leistet. Dies erschwert es, eine ausgeglichene Fruchtfolge einzuhalten, was für die Balance zwischen produktiven und regenerativen Kulturen unabdingbar ist, und zu vermeiden, dass sich Betriebe, die einseitig auf tierische oder pflanzliche Produkte ausgerichtet sind, regional konzentrieren.

Landwirte, die den Boden mit Zwischenkulturen schonen, haben geringere wirtschaftliche Erträge. Es sind deshalb Instrumente zu entwickeln, um die Preisunterschiede zwischen den rentablen und den regenerativen Zwischenkulturen zu kompensieren. Dabei ist darauf zu achten, dass auch eine solche Form der Agrarstützung kompatibel ist mit den internationalen Bestimmungen, also beispielsweise der «Green Box» entsprechen, die die Welthandelsorganisation (wto) insbesondere für Umweltschutz- und regionale Entwicklungsmassnahmen vorsieht.

Damit die Landwirtschaft Parzellen gezielt bewirtschaften kann, ist sie auf aussagekräftige Bodeninformationen angewiesen. Gefragt sind detaillierte Bodenkarten, die auch über besonders empfindliche und verdichtungsgefährdete Standorte Aufschluss geben (Kapitel 6).

Die Kriterien des ökologischen Leistungsnachweises sind zu überprüfen und punkto Erhaltung und Förderung der Bodenqualität zu ergänzen (z.B. Gehalt an organischer Bodensubstanz oder Einsatz schwerer Maschinen). Bei der Gewährung von Direktzahlungen wäre auch das Gewicht der eingesetzten Traktoren und übrigen Maschinen zu berücksichtigen. Zudem empfiehlt sich die Einführung einer Typen- und Zulassungsprüfung für Landmaschinen. Zu erwägen sind schliesslich auch Beratungen, Erfahrungsgruppen und Kontrollen, wie sie auf Baustellen in Form der bodenkundlichen Baubegleitung bereits erfolgreich Anwendung finden.

---

## Quellen

- . Charles R. et al. (2018): Boden und Nahrungsmittelproduktion. Thematische Synthese 1 des NFP 68. Bern.
- . Hagedorn F. et al. (2018): Boden und Umwelt. Organische Bodensubstanz, Treibhausgasemissionen und physikalische Belastung von Schweizer Böden. Thematische Synthese 2 des NFP 68. Bern.
- . Rey L., Hunziker M., Stremlo M., Arn D., Rudaz G., Kienast F. (2017): Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Umwelt-Zustand 1641, BAFU, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL). Bern und Birmensdorf.

**Boden wird intensiv genutzt, ist aber trotzdem oft unbekanntes Terrain. Um das Wissen über die Schweizer Böden und ihr Leistungsvermögen zu verbessern, empfiehlt das NFP 68 eine flächendeckende Bodenkartierung unter Beizug innovativer digitaler Erhebungsmethoden. Die Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH) soll künftig als Drehscheibe für Bodendaten dienen, um die vielfältigen Informationsbedürfnisse der Bedarfsgruppen interaktiv zu erfüllen und Bodengefährdungen sowie Bodenfunktionen zu bewerten. Sie soll die Zusammenarbeit zwischen der Bodenforschung und den verschiedenen Politikbereichen und Nutzungsdisziplinen fördern.**

Die Schweiz hat grossen Nachholbedarf bei der Erhebung der Bodeneigenschaften und der Bodenqualität. Der vor über 60 Jahren eingerichtete nationale Kartierungsdienst für Landwirtschaftsböden wurde 1996 aufgelöst. Die folgenden Bemühungen der Kantone zur Bodenkartierung haben die Lücken keineswegs geschlossen: Weniger als ein Drittel des Schweizer Kulturlandes ist heute bodenkundlich erfasst. Einzig die Kantone Zürich, Baselland und Zug verfügen über flächendeckende Bodenkarten, die zumindest die Landwirtschaftsflächen vollständig abbilden. Weitere Kantone haben ihre Böden teilweise kartiert. Zu den blinden Flecken gesellen sich inhaltliche Lücken früherer Erhebungen. So sind viele Daten kaum miteinander vergleichbar.

Die Geschichte der Bodenkartierung in der Schweiz reicht relativ weit zurück. 1925 wurde eine erste landesweite Bodentypenkarte im Grobmassstab 1 zu 600 000 erstellt. Bis heute fehlen jedoch räumlich und thematisch breit gefächerte Daten zur Qualität und zu den Funktionen der Schweizer Böden. Um diesen Mangel in absehbarer Zeit zu beheben, benötigt die Schweiz eine koordinierte Strategie mit dem Ziel, die Bodeneigenschaften umfassend und parzellenscharf zu erheben. Die thematische Synthese 4 des NFP 68 empfiehlt deshalb, eine erstmalige flächendeckende Bodenkartierung zu starten. Die erhobenen Informationen über Bodenaufbau, -eigenschaften und -funktionen sollen ebenso wie Anwenderkarten den unterschiedlichen Fachdisziplinen, Bedarfsgruppen und Vollzugsbereichen als Basiswissen zur Verfügung stehen. Damit würde die Grundlage geschaffen, damit die Raumplanung und andere Fachdisziplinen die Bodenqualität umfassender berücksichtigen können (Kapitel 3).

Ein Blick über die Landesgrenzen hinaus hat der NFP 68-Fokusstudie BODENINFORMATIONSSYSTEME wertvolle Anregungen gebracht. Im Vergleich zur Schweiz sind Deutschland, Dänemark, die Niederlande und Österreich wesentlich besser über die Eigenschaften ihrer Böden und deren räumliche Verbreitung informiert.

### Bedarf an Bodeninformationen

Damit aber die Schweiz von vergleichbaren Grundlagen profitieren kann wie die Nachbarländer, ist in einem ersten Schritt das Spektrum an benötigten Bodeninformationen zu definieren. Dazu gilt es den Bedarf der verschiedenen Fachdisziplinen zu eruieren. Welche Bodeninformationen sind notwendig, um die Leistungen des jeweiligen Bodens und die darauf basierenden Ökosystemleistungen abzuschätzen? Auf welche Bodeninformationen sind die Nutzungsgruppen angewiesen? Die Landwirtschaft interessieren in erster Linie der Nährstoff- und Humusgehalt, die Gründigkeit des Bodens,

der Wasserhaushalt sowie die Textur des Bodens, damit der Einsatz von Düngemitteln und Fahrzeugen sowie die Fruchtfolge standortgerecht erfolgen können. Die Wasserspeicherkapazität des Bodens ist derweil für die Naturgefahrenvorsorge von Bedeutung, beeinflusst sie doch den Oberflächenabfluss bei intensivem Regen wesentlich. Auch das Biodiversitätsmanagement benötigt Informationen, etwa über die Artenvielfalt im Boden oder über Trocken- und Nassstandorte. Und wo immer der Boden als natürlicher Filter für das Grund- und Trinkwasser wirken soll, sind Informationen zur organischen Bodensubstanz und zum Bodenaufbau erforderlich. Aus ihnen lässt sich erschliessen, wie gut der Boden Schwermetalle oder andere unerwünschte Substanzen bindet.

Die Art, wie Boden genutzt wird, und die Ansprüche der Akteurinnen und Akteure können sich schnell ändern. Die NFP 68-Projekte *BODENKARTEN*, *LANDNUTZUNGSMODELL* und *FRÜHWARNSYSTEM* haben eine grosse, kaum überblickbare Dynamik zutage gefördert. Dabei wurde auch klar: Eine nachhaltige, generationengerechte Nutzung des Bodens kann nur gelingen, wenn sich die Akteurinnen und Akteure im Vollzug und in der Praxis damit befassen, wie sich die unterschiedlichen Nutzungen auf die Bodenqualität auswirken. In der Schweiz ist man davon aber weit entfernt. Trotz hohen Nutzungsdrucks ist die Bodenqualität vielerorts nicht bekannt und kein Thema. Viele Planungs- und Bewirtschaftungsentscheide werden ohne ausreichende Kenntnis der Bodenqualität getroffen (Kapitel 3). Die vorgeschlagene flächendeckende Bodenkartierung soll diese Lücke schliessen und Informationen liefern, die für die Anspruchsgruppen und Vollzugssektoren essenziell sind und den Kern einer Bodeninformations-Plattform Schweiz (*BIP-CH*) bilden.

### **Was ist eine Bodeninformations-Plattform?**

Die Bodeninformations-Plattform Schweiz (*BIP-CH*) soll als Informations- und Serviceplattform für Bodeninformationen die Ergebnisse der flächendeckenden Bodenkartierung und jene früherer Messkampagnen bündeln. Der Dateninput und das Datenmanagement werden hierfür bodenwissenschaftlich definiert – von der Standardisierung der technischen oder digitalen Messverfahren bis hin zur Harmonisierung des Erhebungsprogramms und der Kartierungsmethode. Die Plattform soll interaktive räumliche und themenspezifische Abfragen und Analysen von Bodeninformationen erlauben und Produkte wie Anwender- und Bodenfunktionskarten zur Verfügung stellen. Ein zusätzliches unabhängiges Dienstleistungsangebot, das auch den interdisziplinären Wissenstransfer sowie die sektorenübergreifende Fachkoordination stärken soll, erweitert die Plattform zu einem Kompetenzzentrum für Bodeninformationen. Die *BIP-CH* soll so den Daten- und Informationsaustausch und die Zusammenarbeit zwischen Bodenwissenschaften, Verwaltung und Praxis fördern und als zentrales Koordinationsinstrument für die nationale Bodenpolitik fungieren.

Die *BIP-CH* ist weder inhaltlich noch organisatorisch von Grund auf neu zu entwickeln. Bisherige Vorarbeiten lassen sich nutzen. Die Autoren der thematischen Synthese 4 «Bodeninformations-Plattform Schweiz (*BIP-CH*)» empfehlen, den bestehenden Verbund «Nationales Bodeninformationssystem» (*NABODAT*) zur harmonisierten Datendrehscheibe für Bodeninformationen zu erweitern. *NABODAT* wird im Auftrag des Bundesamts für Umwelt betrieben und steht heute schon verschiedenen Fachkreisen aus Verwaltung und Wissenschaft zur Verfügung.

Auf strategischer Ebene ist eine Vernetzung mit den verschiedenen Bereichen des Vollzugs anzustreben. So kann die BIP-CH auf Vorarbeiten zur Verbesserung der Bodenvorsorge aufbauen, etwa die Bodenstrategie Schweiz, die das Bundesamt für Umwelt in Zusammenarbeit mit anderen Bundesämtern erarbeitet und die den «Erhalt der vielfältigen Bodenfunktionen» zum Ziel hat. Ebenso ist der Aufbau eines Kompetenzzentrums Boden in Vorbereitung, das Bodeninformationen und weitere Dienstleistungen für Vollzug und Politik für den Bodenschutz, den Schutz vor Naturgefahren und die Landwirtschaft bereitstellen soll. Dabei handelt es sich um eine Initiative des Bundesparlaments, das den Bundesrat 2015 damit beauftragt hat, ein nationales Kompetenzzentrum Boden zu schaffen.

### **Digitale Erweiterung der Kartierungsmethoden**

Für eine national harmonisierte Bodenkartierung müssen die bewährten Erhebungsmethoden weiterentwickelt werden. Es stellen sich neue Qualitäts- und Objektivitätsanforderungen, insbesondere in Bezug auf die Homogenität und Vergleichbarkeit der über einen längeren Zeitraum in Grossregionen zu erfassenden Bodendaten. Das NFP 68-Projekt BODENKARTEN hat anhand von Pilotstudien aufgezeigt, wie digitale Kartierungs-, Modellierungs- und Bewertungsmethoden (Digital Soil Mapping, DSM) eingesetzt werden können. Sie fördern die Harmonisierung und Standardisierung der Bodenkartierung. Zudem versprechen sie eine wesentliche Effizienzsteigerung bei der Erfassung weiträumiger Bodeninformationen. Die harmonisierten Erhebungsstandards sind auch von rechtlicher Relevanz, besteht doch ein grosses Interesse an nachvollziehbaren Nutzungsentscheidungen.

Das Spektrum der digitalen Bodenkartierungsmethoden umfasst Fernerkundungsmethoden (Luft- und Satellitenaufnahmen), intelligente Beprobungsverfahren, moderne Infrastruktur für Feld- und Laborarbeiten sowie Interpolations- und Prognosemodelle. Sie ergänzen die etablierte bodenkundliche Feldarbeit, indem sie die räumliche und funktionale Auswertung erleichtern. Das NFP 68-Projekt BODENKARTEN hat nachgewiesen, dass sich selbst Jahrzehnte alte Datenbestände für künftige Bodenkartierungsprojekte nutzbar machen lassen und zusammen mit aktuellen Daten eine kontinuierliche und flächendeckende Verdichtung der Bodeninformationen erlauben.

Damit eine flächendeckende Bodenkartierung vergleichbare Datensätze und Informationsgrundlagen schaffen kann, bedarf es auch einer inhaltlichen Harmonisierung. Das Projekt BODENKARTEN identifizierte diesbezüglichen Bedarf bei den bodenphysikalischen und -biologischen Kennwerten – etwa der systematischen Erfassung von Porenvolumen und Wassergehalt –, damit die Regulierungs- und Speicherfunktionen des Bodens bewertet werden können.

Die Erhebung von Bodendaten soll sich im Vergleich zur bisherigen Kartierungspraxis stärker an den Bodenfunktionen und den daraus abgeleiteten Ökosystemleistungen orientieren, aber auch am Informationsbedarf der verschiedenen Bedarfsgruppen. Das Erhebungsprogramm muss aber auch langfristig ausgerichtet sein, damit die flächendeckende Bodenkartierung auch die Informationsbedürfnisse späterer Generationen erfüllen kann.



Braunerde, Zürich ZH

Der Klimaschutz veranschaulicht beispielhaft, wie schnell sich der Informationsbedarf verändern kann: Obwohl der Boden der wichtigste terrestrische CO<sub>2</sub>-Speicher ist, kann die entsprechende Speicherkapazität des Bodens in regionalen Klimaprognosen bislang nur ungenau berücksichtigt werden, weil dazu die standortspezifischen Daten fehlen.

### **Kosten und Nutzen einer flächendeckenden Kartierung**

Die Kartierung der Schweizer Böden sollte alle nicht überbauten, vielfältig nutzbaren Flächen – auch innerhalb der Siedlungsgebiete – erfassen: neben dem Kulturland auch Wälder, Moore und Restflächen. Eine entsprechende Bodenkartierung liesse sich wohl in Etappen innert zweier Jahrzehnte erstellen. Die Kosten dafür liegen in einer Bandbreite von 200 bis 500 Millionen Franken, abhängig von den technischen Innovationen, Skalierungseffekten, vom Einsatz digitaler Erhebungsmethoden und der Zusammenarbeit der Kantone untereinander. Für ein national koordiniertes und harmonisiertes Erhebungsprogramm müsste die öffentliche Hand je nach Etappierung und Zeithorizont künftig also 10 bis 25 Millionen Franken pro Jahr investieren. Eine solche zeitlich begrenzte Investition entspricht jährlich etwa den Kosten für den Bau von 40 bis 100 Metern Nationalstrasse. Flächendeckende Bodeninformationen würden – selbst unter sehr konservativen Annahmen – dazu beitragen, dank Effizienzgewinnen und vermiedener Umweltschadenskosten gegen 130 Millionen Franken pro Jahr einzusparen, also ein Mehrfaches der gesamten Kartierungskosten. Voraussetzung wäre allerdings auch, dass die greifbaren Informationen tatsächlich zur Prävention genutzt würden.

Als Beispiel sei der Schutz von Trinkwasserreserven erwähnt: Grundwasser natürlich im Boden zu filtern, statt es technisch aufzubereiten, spart Kosten von mehr als 100 Franken pro Hektare und Jahr ein. Solange der Aufwand für die Bodenkartierung gescheut wird, bleibt das Nutzungssystem «Boden» eine weitgehend unbekannte Grösse und kann nicht nachhaltig genutzt werden. Nur mit ausreichenden Bodeninformationen lassen sich die Bodenfunktionen und die daraus resultierenden, für die Gesellschaft unverzichtbaren Ökosystemleistungen bewahren.

---

#### **Quelle**

. Keller A. et al. (2018): Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH). Thematische Synthese 4 des NFP 68. Bern.



Viehweide im Moränengebiet Hirzel (ZH)

## Die Schweiz – kleines Land mit hohem Bodenverbrauch im Ausland

**Die Schweiz, die viele Lebensmittel und Konsumgüter importiert, lagert einen beträchtlichen Teil ihres Land- und Bodenverbrauchs aus. Die Fläche des im Ausland für den Schweizer Konsum beanspruchten Bodens umfasst ein Mehrfaches der Schweizer Landesfläche. Für die Bevölkerung in diesen Gebieten hat dies tiefgreifende Konsequenzen.**

Bereits das NFP 22 hat darauf hingewiesen, dass die Schweiz grosse Flächen im Ausland beansprucht. Die beiden NFP 68-Projekte LAND GRABBING und LANDNUTZUNGSENTSCHEIDE haben sich mit grossen Landakquisitionen, einem Teilaspekt der Bodenbeanspruchung im Ausland, beschäftigt. Angesichts seiner grossen Bedeutung beleuchtet die Gesamtsynthese dieses Thema vertieft. Relevant in diesem Zusammenhang sind der Import von Nahrungsmitteln, Konsumgütern, Rohstoffen und Dienstleistungen, aber auch Investitionen in Grundeigentum weltweit.

### **Nahrungsmittel zur Hälfte im Ausland produziert**

Die Schweizer Landwirtschaft vermag die inländische Nachfrage nach Fleisch zu 80 Prozent aus eigener Produktion zu decken. Zu berücksichtigen sind jedoch auch die Futtermittel, die nur zur Hälfte in der Schweiz produziert werden. Während das Raufutter für Rinder in der Schweiz wächst, stammen die Futtermittel für die Schweinehaltung und die Geflügelbranche grösstenteils aus dem Ausland. Die Futtermittelimporte sind in der jüngeren Vergangenheit stetig gewachsen: Von gut 270 000 Tonnen Trockensubstanz im Jahr 1990 haben sie um rund das Vierfache auf gut 1,1 Millionen Tonnen im Jahr 2015 zugenommen. Wird dieses eingeführte Futter mitberücksichtigt, beträgt der Selbstversorgungsgrad mit tierischen Produkten durchschnittlich noch 70 Prozent.

Wegen der zu grossen Tierpopulation fällt in vielen Regionen mehr Mist an, als eine standortgerechte Produktion verwenden kann. Teilweise werden die tierischen Exkremente in Gegenden der Schweiz als Dünger ausgebracht, wo wenig Vieh gehalten und vorwiegend Getreide oder Gemüse angebaut wird. Ein geringer Teil wird ins Ausland exportiert. Im Jahr 2015 wurden etwa aus dem Kanton St. Gallen 600 Tonnen Hühnermist nach Deutschland ausgeführt.

Bei den pflanzlichen Produkten ist die Schweiz noch viel stärker vom Import abhängig. Der Selbstversorgungsgrad liegt hier unter 50 Prozent. Auch als typisch schweizerisch geltende Nahrungs- und Genussmittel sind auf importierte Zutaten angewiesen. Schokolade beispielsweise liesse sich ohne Kakaobohnen und Kakaobutter aus Ländern des Südens nicht herstellen.

### **Alle Güter beanspruchen Boden**

Doch nicht nur die Landwirtschaft ist für die Produktion ihrer Güter auf Boden angewiesen. Auch Gewerbehallen, Fabriken, die Dienstleistungs- und Warentransportinfrastruktur sowie die Rohstoffgewinnung benötigen genug Flächen. Die Schweizer Bevölkerung und die hiesigen Unternehmen beziehen viele im Ausland produzierte Güter oder Rohstoffe. Auch indem Unternehmen ihre Produktion auslagern, beanspruchen sie Land im Ausland.

### **Fallbeispiel Addax Bioenergy: in Abhängigkeit vom Weltmarkt**

Das NFP 68-Projekt LAND GRABBING hat ein Projekt der Firma Addax Bioenergy unter die Lupe genommen. Es handelt sich dabei um ein grossflächiges, von der Schweiz aus getätigtes Landgeschäft mit dem westafrikanischen Staat Sierra Leone. Addax Bioenergy pachtete 2008 über 23 000 Hektaren Land nahe der Stadt Makeni für eine Dauer von 50 Jahren mit der Option, den Vertrag um weitere 25 Jahre zu verlängern. Auf rund 10 000 Hektaren liess die Firma Zuckerrohr in Monokultur anbauen, um daraus Bioethanol für den europäischen Markt herzustellen. Geplant war, mit den pflanzlichen Überresten einen Elektrogenerator zu betreiben, der theoretisch 20 Prozent des Stromverbrauchs von Sierra Leone decken sollte. Das Projekt erfüllte die Richtlinien des «Roundtable on Sustainable Biofuels» (RSB) und damit weitgehend auch die EU-Kriterien für Biotreibstoffe. Es wurde von zahlreichen europäischen und afrikanischen Ländern finanziell unterstützt. Auch aus der Schweiz flossen Mittel.

Die in Sierra Leone für mehrere Jahre von Steuern befreite Firma schloss mit den Landbesitzenden und staatlichen Stellen Verträge ab. Man vergass dabei, zu berücksichtigen, dass nur etwa der Hälfte der Bevölkerung wirklich Land gehörte. Die andere Hälfte dagegen bewirtschaftete Felder, die ihr von den Landeigentümern zu Bedingungen überlassen worden waren, die teilweise noch auf Rechtsgrundlagen der englischen Kolonialverwaltung aus den 1920er-Jahren beruhten. Die Umstellung von der traditionellen Landwirtschaft auf den exportorientierten Zuckerrohranbau hatte zur Folge, dass ein Grossteil der dort ansässigen Menschen von der selbstversorgenden Subsistenzwirtschaft auf Lohnarbeit umstellen musste.

Ein Untersuchungsergebnis des NFP 68-Projekts LAND GRABBING brachte zutage, dass Familien im Anbaugebiet der Addax Bioenergy bis zu 73 Prozent kleinere Flächen bewirtschafteten als Haushalte in der Nachbarregion, die vom Projekt nicht betroffen war. Im Vergleich zu ihr erhöhte sich im Einzugsgebiet des Projekts dank Lohnarbeit und Pachtzinsen zwar das Gesamteinkommen um 18 Prozent, die zusätzlichen Einnahmen wurden indes durch die Mehrausgaben für den Zukauf von Nahrungsmitteln nahezu aufgezehrt.

Die anfänglichen Vorteile, die das Projekt der Addax Bioenergy der betroffenen Bevölkerung in Form von Arbeitsplätzen und Einkommen bescherte, fielen im Herbst 2014 infolge der Ebola-Epidemie weg: Die Firma sah sich gezwungen, die Herstellung von Bioethanol zeitweilig zu unterbrechen, und im Juni 2015 zwangen die tiefen Erdölpreise zur gänzlichen Einstellung der Biotreibstoffproduktion. Die Zuckerrohrfelder wurden nicht mehr bewässert und vertrockneten; Flächenbrände waren die Folge. Die mittlerweile auf Lohnarbeit angewiesenen Landwirte traf es hart. Im Jahr 2016 wurde mit Sunbird Bioenergy, einem britisch-chinesischen Konsortium, ein neuer Investor gefunden, der den Betrieb wieder hochgefahren hat.

Eine im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) durchgeführte Studie zur Umweltbelastung des hiesigen Konsums hat ermittelt, dass im Jahr 2011 nahezu drei Viertel der gesamten Schweizer Umweltbelastung im Ausland anfielen. Andere Erhebungen beziffern den gesamthaften Landbedarf der Schweiz auf 110 000 Quadratkilometer, wovon über 80 Prozent im Ausland liegen, vor allem im EU-Raum. Einzig Japan beansprucht mehr Flächen in der EU als die Schweiz. Um ihren Nahrungsmittel- und Konsumgüterbedarf auf eigenem Staatsgebiet zu produzieren, müsste die Schweiz – je nach Modell – zwei- bis siebenmal so gross sein. Fruchtbarer Ackerboden ist aber eine global knapper werdende und entsprechend kostbare Ressource, und die wenigsten Länder verfügen über so fruchtbare Böden wie die Schweiz (Abb. 6).

### **Ausländischer Boden in Schweizer Hand**

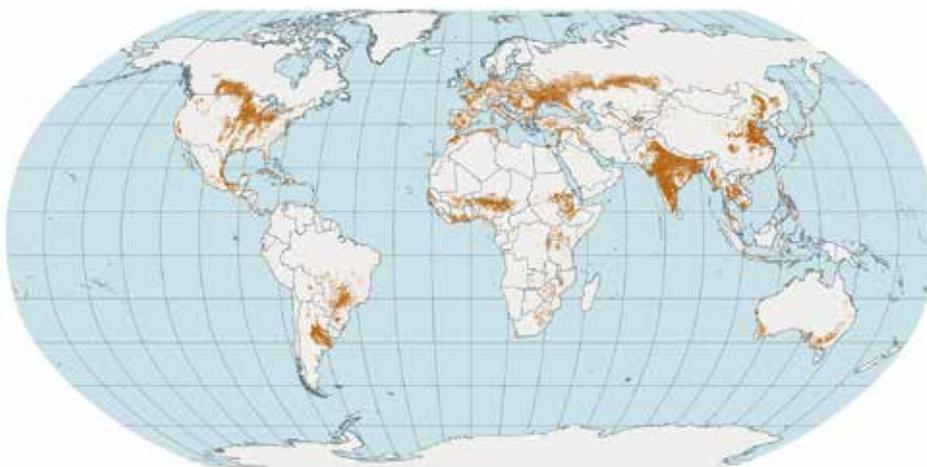
Manche in der Schweiz ansässige Firmen kaufen oder pachten Boden im Ausland nicht zur landwirtschaftlichen Produktion, sondern auch im Sinne eines Investitionsgeschäfts. Seit 2008 ist eine starke Zunahme des transnationalen grossflächigen Landhandels zu beobachten. Die Datenbank «Land Matrix» führt derzeit mehr als 1400 abgeschlossene internationale Landtransaktionen auf, die insgesamt etwas mehr als 50 Millionen Hektaren, also gut zwölftmal die Fläche der Schweiz, umfassen. Auf das Konto von in der Schweiz domizilierten Firmen gehen 17 der in der Datenbank erfassten Landdeals mit einem Gesamtvolumen von 150 000 Hektaren. Die weitaus meisten dieser Landgeschäfte – elf mit insgesamt 43 000 Hektaren – wurden mit südamerikanischen Ländern getätigt. An zweiter Stelle folgt flächenmässig Westafrika; in diesem Erdteil hat

---

#### **Abbildung 6**

Weltweit verfügbare Ackerböden.

Global Land Cover Share, aufbereitet von M. Nussbaum



zwar nur eine Schweizer Firma, die Firma Addax Bioenergy (Kasten), einen Deal abgeschlossen, allerdings einen flächenmässig gewichtigen (über 23 000 Hektaren).

### **Beurteilung von Landnahmen**

Das Beispiel der Addax Bioenergy in Sierra Leone illustriert beispielhaft, wie lokale Gemeinschaften von Projekten international tätiger Konzerne von weit entfernten Wirtschaftsakteuren abhängig werden. Das NFP 68-Projekt LAND GRABBING hat eine mehrstufige Methode entwickelt, um die komplexen sozioökonomischen Mechanismen zu analysieren, die zu solchen Autonomieeinbussen der lokalen Bevölkerung führen. Sie fokussiert auf die Verletzlichkeit der betroffenen Gesellschaft in wirtschaftlicher, politischer, sozialer und ökologischer Hinsicht, auf die regulativen Rahmenbedingungen auf verschiedenen Ebenen und auf die Entwicklungsdynamik (Treiber) des jeweiligen Projekts.

Solche Analyseinstrumente dürften künftig wichtiger werden, weil die Bedeutung sogenannter «flex crops», also von Pflanzen, die für viele Verwendungszwecke eingesetzt werden können, stetig zunimmt, was die Nachfrage nach Landwirtschaftsland im globalen Süden ankurbelt. Im Fokus stehen Soja, Zuckerrohr und Palmöl, die als Ausgangsmaterial für Biotreibstoff, industrielle Zusätze oder als Futter- und Nahrungsmittel dienen. Die steigende Nachfrage erhöht den Einfluss externer Investoren auf lokale Gemeinschaften, die durch das globale Konsumverhalten unter Druck geraten.

### **Mehr Risiken als Chancen für die lokale Bevölkerung**

Eine Metastudie des NFP 68-Projekts LANDNUTZUNGSENTSCHEIDE hat 66 Fallbeispiele aus 21 Ländern ausgewertet und dabei grundlegende Muster von Entwicklungsverläufen grosser Landkäufe identifiziert. Sie erlauben, die Folgen von Landnutzungsentscheidungen auf Mensch und Umwelt vor Ort im Voraus abzuschätzen.

Die häufigsten Muster mit negativen Auswirkungen sind der Verlust der Lebensgrundlagen der lokalen Bevölkerung, die Vetternwirtschaft der lokalen und staatlichen Elite, die Marginalisierung verletzlicher Bevölkerungsschichten und auseinanderklaffende Einschätzungen über die anzustrebende Entwicklung der betroffenen Region. Vorteile grosser Landnahmen können die Schaffung von Arbeitsplätzen und ein Know-how-Transfer (etwa neue Technologien und Produktionsverfahren) sein.

Langfristige und verbreitete Vorteile für Einheimische entstehen nur unter spezifischen Bedingungen: So darf der Verlust des von den Einheimischen genutzten Bodens nur minimal sein. Das Geschäftsmodell des investierenden Unternehmens sollte arbeitsplatzintensiv sein. Zudem müssen auch marginalisierte Gruppen glaubwürdig in die Aushandlung und Umsetzung des Geschäftsmodells eingebunden werden. Schliesslich muss die Bevölkerung eine dauerhafte Verbesserung gegenüber dem Status quo erkennen können. Nur wenn diese Voraussetzungen weitgehend erfüllt sind, bewirken internationale Landnahmen echte Vorteile für die betroffene Bevölkerung.

Die 66 Fallbeispiele der Metastudie des NFP 68 dokumentieren überwiegend nachteilige Konsequenzen für die Menschen vor Ort. Sehr oft wird ihr Zugang zu Land erheblich eingeschränkt. Die negativen Wirkungen sind wesentlich darauf zurückzuführen, dass den Einheimischen der Zugriff auf ihre bisherigen Produktionsgrundlagen verwehrt wird. Zudem besteht die Tendenz, dass internationale Landnahmen Ungleichheiten innerhalb der lokalen Bevölkerung noch verschärfen – etwa zwischen etablierten Landbesitzenden und landlosen Pachtenden oder Männern und Frauen, indem Letztere seltener eine Anstellung finden. Durch die neue Abhängigkeit von Lohnarbeit verlieren die lokalen Gemeinschaften oft ihre Anpassungsfähigkeit an veränderte Bedingungen. Dies zeigte unter anderem das Projekt der Addax Bioenergy, als die Ebola-Epidemie den Betrieb zum Erliegen brachte und die Angestellten ihr Einkommen ersatzlos verloren. Da Landnahmeprojekte den Zugang zu Boden und natürlichen Ressourcen wie Wasser oft infrage stellen, verursachen sie häufig neue Konflikte in ohnehin fragilen Gesellschaften.

### **Die Schweiz steht in der Verantwortung**

Mit den grundlegenden Mustern liefert das NFP 68 eine wichtige Grundlage, um die internationale Gemeinschaft, nationale und lokale Entscheidungsträger sowie weitere an grenzübergreifenden Landnahmen beteiligte Akteurinnen und Akteure rechtzeitig für häufig auftretende Probleme mit negativen sozialen Folgen zu sensibilisieren. Zugleich identifiziert das NFP 68-Projekt eine Reihe von Möglichkeiten, die die Schweiz als Finanzplatz und Sitz zahlreicher multinationaler Firmen nutzen kann, um auf globaler Ebene und in den Zielstaaten internationaler Landnahmen die Bodennutzung nachhaltiger zu machen. Als wohlhabendes Land steht die Schweiz in der Verantwortung, sich dafür einzusetzen, dass Landkäufe in Entwicklungsländern die ökologischen und sozialen Auswirkungen gebührend beachten und die Investitionen nachhaltig sind.

Der Schweiz stünde es gut an, sich dafür einzusetzen, dass bei der Ausarbeitung von Standards zur nachhaltigen Finanzierung internationaler Projekte im globalen Süden den Besitz- und Machtverhältnissen vor Ort von Anfang an stärker Rechnung getragen wird. Wichtig ist auch, dass die Akteurinnen und Akteure einen interkulturellen Umgang (Sprache, Gebräuche usw.) entwickeln, der Missverständnisse und falsche Erwartungen vermeiden hilft.

Der Umgang mit dem Schweizer Boden ist immer auch unter globalem Blickwinkel zu betrachten. Bedeutet ein Verzicht auf die Nutzung eines Bodens in der Schweiz tatsächlich einen Schutz, oder wird damit nur einer Verlagerung ins Ausland Vorschub geleistet? Welche Bodenqualität wird wo in Anspruch genommen? Angesichts der hohen Qualität der Schweizer Böden und ihrer Eignung für die landwirtschaftliche Produktion wächst im globalen Kontext auch die Verantwortung, sie umweltschonend und nachhaltig zu bewirtschaften.

---

## Quellen

- . Rist S. et al. (2018): NFP 68-Projekt LAND GRABBING, Executive Stakeholder Summary.
- . Rist S. et al. (2018): NFP 68-Projekt LANDNUTZUNGSENTSCHEIDE, Executive Stakeholder Summary.
- . Bundesamt für Umwelt (Hg.) (2016): Landwirtschaft und Ernährung. Magazin Umwelt 3/2016. BAFU. Bern.
- . Frischknecht R., Nathani C., Büsser Knöpfel S., Itten R., Wyss F., Hellmüller P. (2014): Entwicklung der weltweiten Umweltauswirkungen der Schweiz. Umweltbelastung von Konsum und Produktion von 1996 bis 2011. Umwelt-Wissen 1413. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- . Lugschitz B., Bruckner M., Giljum S. (2011): Europe's Global Land Demand. A study on the actual land embodied in European imports and exports of agricultural and forestry products. Sustainable Europe Research Institute, Wien.
- . Yu Y., Kuishang F., Hubacek K. (2013): Tele-connecting local consumption to global land use. In: Global Environmental Change 23, 1178–1186.
- . <https://landmatrix.org>

## Auf dem Weg zur nachhaltigen Nutzung des Bodens in der Schweiz

**Der Boden steht im Brennpunkt unterschiedlichster Interessen zahlreicher Akteurinnen und Akteure. Trotzdem wurde sein Schutz bisher vernachlässigt; ihm gebührt daher höchste Priorität. Eine nachhaltige Nutzung der Ressource Boden gelingt nur, wenn die Interessengruppen enger zusammenarbeiten und sich die Politik stärker engagiert. Zentral bleibt, den Boden nicht nur flächenmässig zu schützen, sondern auch seine Qualität.**

Die Bodenpolitik der Schweiz ist in zahlreiche sektorspezifische Regulierungen aufgesplittert. Es mangelt ihr damit an Kohärenz und Griffbarkeit (Kapitel 2). Die Klimapolitik beispielsweise verfügt über ein quantitatives, gut vermittelbares Ziel, auf das sich die Staatengemeinschaft mit dem Klimaprotokoll geeinigt hat: Die durchschnittliche weltweite Jahrestemperatur soll sich nicht um mehr als 2 Grad Celsius erhöhen. Eine vergleichbar starke Absichtserklärung den Boden betreffend fehlt sowohl auf globaler Ebene als auch in der Schweiz.

### Bodenqualität in den Fokus rücken

Zwar besteht hierzulande Einigkeit, dass fruchtbares Kulturland zu schützen und die Zersiedelung zu stoppen ist. Geht es aber darum, den Wunsch nach Bauland gegenüber dem Schutz der Ackerflächen oder des Lebensraums von Tieren und Pflanzen abzuwägen, setzen sich in der Regel die wirtschaftlichen Bauinteressen durch. Gemäss dem NFP 68-Projekt ZERSIEDELUNG nähme das Siedlungsgebiet bis 2035 um knapp ein Viertel zu, ginge die Bodennutzung wie vor der Revision des Raumplanungsgesetzes von 2012 weiter (Kasten, Kapitel 4). Die Revision hat der Ausweitung der Bauzonen zwar Grenzen gesetzt, ihre Wirkungen lassen sich aber noch nicht abschätzen.

Mit der Kategorie der Fruchtfolgeflächen, des für die Agrarproduktion besonders geeigneten Kulturlandes, hat der Gesetzgeber ein Instrument geschaffen, um Boden mit spezifischen Qualitäten zu schützen. Generell fehlt der Schweizer Bodenpolitik allerdings eine Gesamtsicht, die es ermöglicht, Boden nicht nur als Fläche zu sehen, sondern auch seine Qualitäten zu berücksichtigen.

### Herausforderungen ausserhalb der Bauzonen

Prinzipiell unterscheidet die Schweizer Raumplanung Parzellen innerhalb und Parzellen ausserhalb der Bauzonen. Diese Zweiteilung soll der Landwirtschaft die notwendigen Kulturlandflächen sichern; sie schafft aber auch ein Landpreisgefälle und somit wirtschaftliche Anreize, trotzdem ausserhalb der eigentlichen Bauzonen zu bauen. Die grundsätzliche Trennung von Bau- und Nichtbauzonen lässt sich nur aufrechterhalten, wenn verhindert wird, dass aufgrund von Ausnahmegestimmungen immer mehr Boden auch ausserhalb der Bauzonen überbaut wird.

Darauf zielt die zweite Etappe der Revision des Raumplanungsgesetzes ab. Sie eröffnet Chancen, die Bodenqualität zu berücksichtigen. So sollen Baubewilligungen ausserhalb der Bauzonen künftig von Gesetzes wegen dahinfallen, wenn der bewilligte Zweck einer Baute wegfällt. Die entsprechenden Gebäude müssten zurückgebaut werden, und der

natürliche Zustand wäre wiederherzustellen. Der Gesetzesentwurf spricht von einer «Beseitigungspflicht».

Zudem sieht die Revisionsvorlage einen grösseren Ermessens- und Handlungsspielraum für die Kantone vor. Sie könnten für das Bauen ausserhalb der Bauzonen im Richtplan eigene, vom Raumplanungsgesetz abweichende Regelungen festsetzen, sofern diese insgesamt nicht zu flächenmässig ausgedehnteren, intensiveren oder störenderen Nutzungen führen. Bauwillige, die solche Zusatznutzungen realisieren wollen, müssten den Nachweis für mindestens gleichwertige Kompensationsmassnahmen erbringen. Mit diesen Bestimmungen eröffnet die Revisionsvorlage Möglichkeiten, die Bodenqualität künftig vermehrt in planerische Entscheidungen einfliessen zu lassen.

Die vorgesehenen Neuerungen zielen darauf ab, flexibler auf die Bedürfnisse im ländlichen Raum einzugehen, wobei die Beeinträchtigung der Landschaft und der Bodenverbrauch insgesamt zurückgehen oder zumindest nicht zunehmen sollen. Die durch das NFP 68 gewonnenen Erkenntnisse und geschaffenen Instrumente unterstützen diesen Vollzug. Es wird Aufgabe der Kantone sein, die Regelungen so umzusetzen, dass sie tatsächlich die Bodenqualität verbessern und keine neuen Schlupflöcher für einen höheren Bodenverbrauch öffnen.

### **Orchestriertes Zusammenspiel erforderlich**

Auf die Nutzung des Bodens wirken Einflussgrössen, die schwer zu steuern sind. Zu nennen sind etwa die Entwicklung der Wirtschaft und der Kaufkraft, demografische Verschiebungen wie die Zunahme von Single-Haushalten, das Bevölkerungswachstum sowie die steigende Mobilität und der anhaltende landwirtschaftliche Strukturwandel.

Im Rahmen der «Malik Syntegration®» des NFP 68 (Kapitel 1) wurden 21 Schlüsselfaktoren ermittelt, die für die nachhaltige Nutzung der Ressource Boden relevant sind. Viele dieser Faktoren stehen in engen Wechselbeziehungen. Aufgrund der Struktur dieser Beziehungen kann sich kaum eine Dynamik hin zu einer nachhaltigen Nutzung der Ressource Boden entwickeln. Es bedarf deshalb einer Reihe gleichzeitiger und gut orchestrierter Aktivitäten. Dazu gehören unter anderem ein starkes Engagement der Politik, Bewusstseinsbildung, effektive Anreize und die Koordination der beteiligten Akteurinnen und Akteure. Viele von ihnen – von staatlichen Stellen auf unterschiedlichen föderalen Stufen über wirtschaftliche Interessengruppen (insbesondere in der Landwirtschaft) bis hin zu Beratungsstellen und Forschungsorganisationen und nicht zuletzt den Bodenbesitzenden – greifen in das Wirkungsgeflecht rund um die nachhaltige Nutzung der Ressource Boden ein. Um ihre Interessen und Aktivitäten aufeinander abzustimmen, gilt es sicherzustellen, dass sie ihr Wissen austauschen und für die Anliegen und Probleme der anderen sensibilisiert werden. Auch braucht es allseitig akzeptierte Verfahren, um Interessen abzuwägen und Konflikte zu entschärfen. Die vom NFP 68 entwickelten Modelle, Methoden und Instrumente – etwa der Bodenqualitätsindex SQUID oder das im Rahmen des Projekts FRÜHWARNSYSTEM entwickelte Monitoringinstrument – können zu einer besseren Verständigung beitragen.

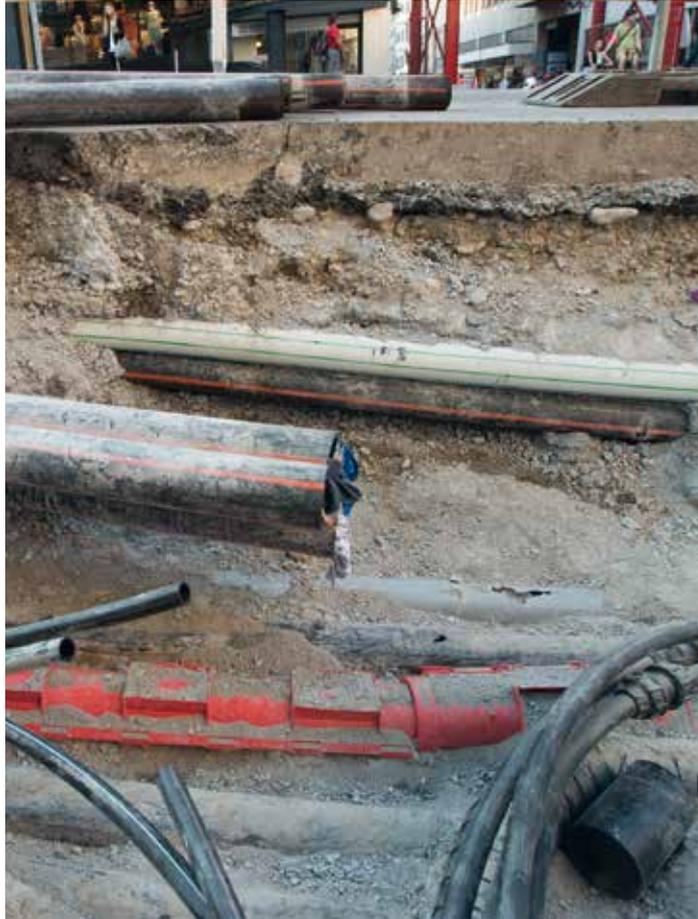
Dass sich die Akteurinnen und Akteure der Bodennutzung besser als bisher koordinieren, ist auch deshalb vordringlich, weil sie sich auch behindern können und stark auf externe Anreize reagieren. Mit anderen Worten: Wenn die Akteurinnen und Akteure aneinandergeraten, stockt der erwünschte Transformationsprozess oder wird gar blockiert.

Schliesslich zeigt die Analyse auch, dass das Engagement der Politik den eigentlichen Motor für eine nachhaltige Nutzung der Ressource Boden darstellt. Die Politik verfügt über die Kraft, einer nachhaltigen Gestaltung und Steuerung der Bodennutzung den Weg zu ebnen, sie muss sich aber aktiv dafür einsetzen.

### **Eine Wegleitung für eine neue Bodenpolitik**

Das Autorenteam der thematischen Synthese 5 hat die verschiedenen Bereiche der Bodenpolitik detailliert durchforstet und für verschiedene Handlungsfelder eine «Roadmap für eine nachhaltige Bodenpolitik» entworfen.

- Eine neue Bodenpolitik hat zunächst dem Umstand Rechnung zu tragen, dass der Boden nicht nur als Fläche, sondern auch in seiner Qualität, also seinen vielfältigen Funktionen, zu schützen ist. Es geht also darum, die flächenorientierte mit einer qualitativen Betrachtung zu verknüpfen. Planung mittels Bodenindikatoren oder Bodenindexpunkten könnte einen gangbaren – in der Praxis im Ausland bereits bewährten – Weg darstellen. Innovative Politikinstrumente müssen nicht zwingend an fehlender Akzeptanz scheitern. Wenn sie schrittweise eingeführt werden und ihre Umsetzbarkeit, ihre Wirksamkeit und ihr langfristiger Nutzen aufgezeigt werden können, stehen die Erfolgschancen gut.
- Boden ist eine endliche Ressource. Mittelfristig führt daher kein Weg an einer Begrenzung des Bodenverbrauchs vorbei. Die Bodenindexpunkte bieten als Instrument einen Ansatz, den maximal tolerierten Verbrauch und die jährlichen Verbrauchsraten zu regeln, ohne die Handlungsautonomie der Kantone und Gemeinden übermässig einzuschränken. Auch ein innerkantonaler Finanzausgleich wäre zu erwägen, um jene Gemeinden zu entschädigen, die auf die Ausweitung ihrer Siedlungsfläche verzichten oder sie verringern.
- Die Belastungen des Bodens durch den Bau von Siedlungen und die Land- und Forstwirtschaft müssen vermindert werden. Die bisherigen Massnahmen, insbesondere der Schutz von Fruchtfolgeflächen, gewichten einseitig die Produktionsfunktion und tragen anderen wichtigen Bodenfunktionen wie jener als Lebensraum von Tieren und Pflanzen oder als Wasserfilter zu wenig Rechnung. Der Verlust an organischer Bodensubstanz stellt eine grosse Bedrohung für die Bodenqualität dar, zumal er sich mit dem Klimawandel noch verstärken dürfte. Besonders betroffen von dieser Problematik sind die entwässerten und heute landwirtschaftlich genutzten Moorböden. Obschon deren Bewirtschaftung ökologisch und vor allem klimapolitisch nicht sinnvoll ist, werden sie derzeit als Produktionsflächen für Gemüse und Früchte intensiv genutzt. Da Sanierung und Ersatz der Anlagen zur Entwässerung dieser Böden anstehen, wird die Gesellschaft demnächst entscheiden müssen, wie mit den entwässerten Moorböden umgegangen werden soll.



Stadtboden in Zürich

- Die Schweiz importiert viele Güter aus dem Ausland und investiert selber in ausländische Produktionsanlagen. Sie trägt somit eine Mitverantwortung für die Bodennutzung und -belastung im Ausland. Sie sollte diesbezüglich auch ihrer Sorgfaltspflicht gegenüber den zahlreichen hier ansässigen international tätigen Unternehmungen nachkommen. Als Sitz vieler internationaler Umweltschutz- und Handelsorganisationen ist unser Land besonders gefordert, sich auch auf globaler Ebene für den Schutz der Ressource Boden einzusetzen.
- Die meisten der vom NFP 68 erarbeiteten Instrumente und Massnahmen zum Schutz des Bodens sind auf präzise Informationen über dessen Beschaffenheit angewiesen. Es sind daher flächendeckend entsprechende Datenerhebungen und Monitoringsysteme zu entwickeln, deren Finanzierung langfristig sicherzustellen ist.
- Alle an der Bodennutzung beteiligten Akteurinnen und Akteure sind für die Dringlichkeit des Bodenschutzes und die Herausforderungen im Umgang mit der Ressource Boden zu sensibilisieren. Zudem ist eine intensivere Zusammenarbeit zwischen Bund, Kantonen, Gemeinden und Fachverbänden und besonders zwischen Bodenschutz-, Raumplanungs- und Landwirtschaftskreisen sicherzustellen. Denn nur, wenn alle beteiligten Stellen am gleichen Strick ziehen, kann der Boden langfristig in seiner Quantität und Qualität bewahrt werden.

---

### Quellen

- . Walter F. et al. (2018): Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik. Thematische Synthese 5 des NFP 68. Bern.
- . Pfiffner M., Schibli A., Sourlas M. (2017): Schweizerischer Nationalfonds. Nationales Forschungsprogramm «Ressource Boden» (NFP 68). Start zur Gesamtsynthese mit «Malik Syntegration®». Brunnen, 1.–3. November 2017 – Ergebnisbericht. St. Gallen.



Rasante Agglomerationsentwicklung in Luzern Süd

## Die Forschungsprojekte des NFP 68

### Forschungsphase 1

---

- A ANFÄLLIGKEITSINDIKATOREN:** Indikatoren für die Störungsanfälligkeit von Bodenkohlenstoff (Eglinton T.)
- ANTIBIOTIKARESISTENZ:** Die Rolle der Bodenbewirtschaftung für Antibiotikaresistenzen (Duffy B., Smits T.)
- B BODENBAKTERIEN:** Gesunde Böden dank Bodenbakterien (Maurhofer Bringolf M., Keel C.)
- BODENKARTEN:** Kartierung von Bodeneigenschaften zur Beurteilung von Bodenfunktionen auf regionaler Skala (Papritz A.J., Baltensweiler A., Keller A., Presler J., Schaepman M.E., Walther L., Zimmermann S.)
- BODENSTABILITÄT:** Bodenstabilität und Naturgefahren: Vom Wissen zum Handeln (Graf F., Bebi P., Frei M., Rickli C., Rixen C., Springman S.M.)
- BODENVERDICHUNG:** Regeneration verdichteter Böden (Keller T., Or D., Schymanski S., Walter A., Weisskopf P.)
- ENTSCHEIDUNGSPLATTFORM:** Entscheidungsplattform für eine nachhaltige Bodennutzung (Grêt-Regamey A., Diggelmann H., Huber R., Keller A., Kübler D., Siegrist D., Zimmermann S.)
- F FRÜHWARNSYSTEM:** Regionales Boden-Monitoring-Tool für nachhaltige Stoffkreisläufe auf landwirtschaftlich genutzten Böden (Keller A., Mann S., Schaepman M.E., Schulin R.)
- G GRÜNDÜNGUNG:** Mit Gründüngung und konservierenden Anbausystemen die Umwelt schonen (Streit B., Charles R., Walter A.)
- K KOHLENSTOFFDYNAMIK:** Einfluss des Klima- und Landnutzungswandels auf den Bodenkohlenstoff in Schweizer Böden (Abiven S., Niklaus P.A.)
- KOHLENSTOFFEINTRAG:** Bodenkohlenstoffeintrag durch Kulturpflanzen (Mayer J., Abiven S., Hund A., Leifeld J.)
- L LACHGAS:** Auswirkungen der Bodennutzung auf lachgasproduzierende und -abbauende Bodenmikroorganismen (Gattinger A., Mäder P., Thonar C.)
- LAND GRABBING:** Land Grabbing mit Schweizer Beteiligung (Rist S., Cottier T., Mann S.)

- LASTENAUSGLEICH: Nachhaltiges Bodenmanagement durch den Ausgleich wirtschaftlicher und ökologischer Mehr- und Minderwerte (Nahrath S., Gmünder M., Grêt-Regamey A., Joerin F., Pflieger G.)
- M MOORBÖDEN: Nachhaltige Bewirtschaftung organischer Böden (Leifeld J., Engel S., Müller M.)
- MULTIKRITERIELLE KOMPENSATION: Berücksichtigung der Bodenqualität in Kompensationsmechanismen der Raumplanung (Joerin F., Boivin P., Ruegg J.)
- MYKORRHIZA: Wiederherstellung von Bodenfunktionen mit Hilfe arbuskulärer Mykorrhiza (Van der Heijden M., Oehl F., Wagg C.)
- N NEMATODEN: Einsatz von Fadenwürmern im Kampf gegen schädliche Bodeninsekten (Turlings T., Mascher F.)
- POLITIKINSTRUMENTE: Politikinstrumente für ein nachhaltiges Boden- und Landnutzungsmanagement (Walter F., Grêt-Regamey A., Sager F., Vatter A.)
- W WALDBÖDEN: Kohlenstoffvorräte in Schweizer Waldböden (Hagedorn F., Gimmi U., Thürig E., Walthert L.)
- ZERSIEDELUNG: Siedlungsentwicklung steuern – Bodenverbrauch verringern (Kienast F., Hersperger A.M., Schulz T., Seidl I.)

## Forschungsphase 2

---

- B BIOLOGISCHE SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG: Fadenwürmer und Bodenbakterien gegen schädliche Bodenorganismen (Turlings T., Keel C., Maurhofer Bringolf M.)
- BODENVERBESSERENDE ANBAUSYSTEME: Innovationszentren für bodenverbessernde Anbausysteme (Charles R., Keller T., Mayer J., Six J., Van der Heijden M.)
- L LANDNUTZUNGSENTSCHEIDE: Bessere Steuerung transnationaler Landkäufe (Rist S., Mann S., Messerli P.)
- LANDNUTZUNGSMODELL: Modell für die Landnutzung im Schweizer Mittelland (Keller A., Schaepman M.E., Schulin R.)

## FACCE-JP

---

Projektteams im Rahmen der Joint Programming Initiative «Agriculture, Food Security and Climate Change» (FACCE-JP1) sind aus Wissenschaftlern von mindestens drei Partnerländern zusammengestellt. Der Einfachheit halber werden nur die Projektleitenden aus der Schweiz aufgeführt.

- A AFGROLAND: Dynamik des Ernährungssystems in Afrika (Messerli P.)
- B BASIL: Biodiversität in Landwirtschaftssystemen (Olschewski R., Frey B., Gessler A., Hagedorn F., Seidl I.)
- C CLIMATE-CAFE: Klimaanpassungsfähigkeit landwirtschaftlicher Systeme in Europa (Six J., Charles R.)  
  
COMET-GLOBAL: Treibhausgas-Buchhaltung (Six J.)
- D DEVIL: Ernährungssicherheit bei begrenzten Landressourcen (Buchmann N.)
- E ECO-SERVE: Nachhaltige Bereitstellung vielfältiger Ökosystemleistungen in Agrarlandschaften (Mäder P., Gattinger A.)
- G GREEN RICE: Ressourcenschonende Reisproduktion (Six J.)
- M MAGNET: Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft (Leifeld J.)  
  
MODELS4PASTURES: Lachgas aus der Landwirtschaft (Merbold L., Buchmann N.)
- P PROMESSING: Förderung von Ökosystemleistungen in Rebbergen Zentraleuropas (Bacher S.)
- S STACCATO: Ökosystemleistungen in landwirtschaftlich genutzten Landschaften (Zimmermann N., Kienast F.)
- T TALE: Multifunktionale Landwirtschaft in Europa (Holzkämper A., Charles R.)

## Thematische Synthesen

---

Thematische Synthese TS<sub>1</sub>: Boden und Nahrungsmittelproduktion (Charles R., Wending M., Burgos S.)

Thematische Synthese TS<sub>2</sub>: Boden und Umwelt (Hagedorn F., Krause H.-M., Studer M., Schellenberger A., Gattinger A.)

Thematische Synthese TS3: Eine Bodenagenda für die Raumplanung (Grêt-Regamey A., Kool S., Bühlmann L., Kissling S.)

Thematische Synthese TS4: Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH) (Keller A., Franzen J., Knüsel P., Papritz J.A., Zürrer M.)

Thematische Synthese TS5: Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik (Walter F., Hänni E.)

### Fokusstudien

---

- B **BODENINDIKATOREN:** Bodenindikatoren für eine nachhaltige Raumplanung (Grêt-Regamey A., Bühlmann L.)  
  
**BODENINFORMATIONSSYSTEME:** Bodeninformationssysteme und (digitale) Bodenkartierung (Papritz A.J., Burgos S., Carizzoni M., Keller A., Wegmann F.)
- L **LANDWIRTSCHAFTLICHER BODENMARKT:** Landwirtschaftlicher Bodenmarkt im Brennpunkt von Regionen mit Siedlungserweiterung (Giuliani G., Flury C.)
- T **TREIBHAUSGASBILANZ:** Treibhausgas-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden in der Schweiz (Gattinger A., Bretschger D., Schellenberger A.)

## Glossar

Quelle: Thematische Synthesen 1 bis 5 des NFP 68

### **B Bauzonen**

Zonen, die in der Nutzungsplanung der Grundnutzung «Bauzonen» zugewiesen werden. Dazu gehören die Hauptnutzungen Wohnzonen, Arbeitszonen, Mischzonen, Zentrumszonen, Zonen für öffentliche Nutzungen, eingeschränkte Bauzonen, Tourismus- und Freizeitzonen, Verkehrszonen innerhalb der Bauzonen und weitere Bauzonen.

### **Boden**

Äusserste, belebte Schicht der Erdkruste an der Schnittstelle zwischen der Atmo-, der Hydro-, der Geo- und der Biosphäre. Im Boden findet ein reger Austausch von Stoffen und Energie zwischen Luft, Wasser und Gestein statt. Als Teil des Ökosystems nimmt der Boden eine Schlüsselstellung in lokalen und globalen Stoffkreisläufen ein. In der deutschen Sprache werden die Begriffe «Boden» und «Land» (†) oft als Synonyme verwendet.

### **Bodendaten**

Direkt messbare oder schätzbare Eigenschaften von Böden (z.B. Tongehalt), die für die Beschreibung von Bodeneigenschaften entweder direkt benutzt werden können oder zu abgeleiteten Bodenkennwerten aggregiert werden müssen.

### **Bodenerosion**

Abtragung von Boden durch Wind und Wasser.

### **Bodeneigenschaften**

Bezeichnung für die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften von Böden wie Humus- und Tongehalt, Porenvolumen oder pH-Wert usw.

### **Bodenfruchtbarkeit**

Ausdruck für alle das Pflanzenwachstum beziehungsweise die Biomasseproduktion beeinflussenden mineralogischen, physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften und Prozesse.

*Boden gilt gemäss der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) als fruchtbar, wenn:*

- a. die biologisch aktive Lebensgemeinschaft, die Bodenstruktur, der Bodenaufbau und die Mächtigkeit für seinen Standort typisch sind und er eine ungestörte Abbaufähigkeit aufweist;*
- b. natürliche und vom Menschen beeinflusste Pflanzen und Pflanzengesellschaften ungestört wachsen und sich entwickeln können und ihre charakteristischen Eigenschaften nicht beeinträchtigt werden;*
- c. die pflanzlichen Erzeugnisse eine gute Qualität aufweisen und die Gesundheit von Menschen und Tieren nicht gefährden;*
- d. Menschen und Tiere, die ihn direkt aufnehmen, nicht gefährdet werden.*

### **Bodenfunktionen**

Leistungen des Bodens, die sich aus den Bodeneigenschaften und den im Boden ablaufenden

den Prozessen ergeben und die Böden für den Naturhaushalt und für die menschliche Gesellschaft erfüllen. Bodenfunktionen sind im Gegensatz zu Ökosystemleistungen (†) Funktionen, die ein Boden erfüllt ohne direkte Verknüpfung zum Wert des Bodens für das menschliche Wohlbefinden. Unterschieden werden gemäss deutschem Bundes-Bodenschutzgesetz<sup>174</sup>:

#### Natürliche Funktionen

- *Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen*
- *Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,*
- *Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen aufgrund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere zum Schutz des Grundwassers*

#### Archivfunktion

- *Archiv der Natur- und Kulturgeschichte*

#### Nutzungsfunktionen

- *Rohstofflagerstätte*
- *Fläche für Siedlung und Erholung*
- *Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung, Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Versorgung und Entsorgung*

### **Bodeninformationen**

Bezeichnung für die Gesamtheit an Bodendaten, Kenngrössen, Kartenwerken und weiteren Informationsprodukten, die zur Erfassung, Auswertung und Interpretation räumlich-zeitlicher Eigenschaften von Böden dienen.

### **Bodenkartierung**

Bezeichnung für eine systematische, flächendeckende Erhebung (Inventur) der Bodenverhältnisse. Ziel einer Bodenkartierung ist es, die räumliche Verbreitung der Böden differenziert nach ihrem Aufbau und ihren Eigenschaften zu erfassen. Grundlage der Bodenkartierung bildet die Kartierungsanleitung.

### **Bodennutzung**

Gemäss schweizerischer Arealstatistik sozioökonomische Nutzung des Areals und damit eigentlich Landnutzung (†).

### **Bodenqualität**

Leistungsvermögen der Böden, ihre Bodenfunktionen in Ökosystemen zu erfüllen.

## **D Digital Soil Mapping (DSM)**

Bereich der Bodenkunde, der sich mit der Anwendung mathematischer und statistischer Methoden zur Untersuchung der Verbreitungssystematik und der Genese der Böden inklusive ihrer Eigenschaften beschäftigt. Hauptziel ist die Erstellung von bodenkundlichen Kartenwerken auf Basis von quantitativen Beziehungen zwischen bodenkundlichen Feld- oder Labordaten und flächendeckend vorliegenden Umweltdaten (Relief, Geologie, Klima und anderen Faktoren).

## **F Fruchtfolge**

Die zeitliche Abfolge von Nutzpflanzen auf einer landwirtschaftlichen Fläche.

### **Fruchtfolgeflächen (FFF)**

Bezeichnung für die wertvollsten Landwirtschaftsflächen der Schweiz, die im Sachplan Fruchtfolgeflächen (SP FFF) auszuweisen sind, um die ausreichende Versorgungsbasis der Schweiz gemäss Artikel 1 Absatz 2 des Bundesgesetzes vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (RPG) sicherzustellen. FFF umfassen 444 000 Hektaren vorab Ackerland und Kunstwiesen in Rotation sowie ackerfähige Naturwiesen. FFF liegen grossmehrheitlich im Schweizer Mittelland.

## **I Innenentwicklung/Siedlungsentwicklung nach innen**

Strategie zur ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung. Sie umfasst Aspekte wie Siedlungsbegrenzung, Verdichtung, Siedlungserneuerung sowie kompakte Siedlungsentwicklung am geeigneten Ort. Kernanliegen und Hauptvoraussetzung der Innenentwicklung ist die konsequente Mobilisierung der inneren Reserven. Innenentwicklung vermeidet grundsätzlich kostspielige neue Infrastrukturen. Sie umfasst nicht nur das Überbauen der Baulücken, sondern auch Verdichtungsmassnahmen, die den Bestand verändern.

### **Integrierte Produktion**

Landbauliches Produktionssystem für Lebensmittel und andere hochwertige Produkte, das natürliche Mittel und Mechanismen nutzt, um den Einsatz umweltbelastender Betriebsmittel zu vermeiden, und eine langfristig gangbare Landwirtschaft gewährleistet.

## **K Kulturland**

Alle Böden und Flächen, die von der Landwirtschaft bewirtschaftet und genutzt werden. Dazu zählen gemäss Arealstatistik das Wies- und Ackerland, Weiden, Obstplantagen, Rebberge, Gartenbau- sowie alpwirtschaftliche Nutzflächen. Wertvollster Bestandteil der Landwirtschaftsfläche sind die sogenannten «Fruchtfolgeflächen», das beste ackerfähige Kulturland. Es umfasst vorab das Ackerland und die Kunstwiesen in Rotation sowie die ackerfähigen Naturwiesen. Das Kulturland bedeckt gut einen Drittel der gesamten Fläche der Schweiz, insgesamt rund 1,5 Millionen Hektaren, die Fruchtfolgeflächen machen als Teil davon rund 444 000 Hektaren aus (Stand: 2017).

## **L Land**

Bezeichnung für die nicht mit Wasser bedeckte Erdoberfläche. In der deutschen Sprache werden die Begriffe «Land» und «Boden» (†) oft als Synonyme verwendet.

### **Landnutzung**

Reihe von Aktivitäten, um ein Gut oder mehrere Güter oder Dienste zu produzieren, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Boden stehen, also dessen Ressourcen nutzen oder sich auf den Boden auswirken. Eine bestimmte Form der Landnutzung oder -bewirtschaftung kann auf einer oder mehreren Flächen erfolgen; auf einer Fläche können auch unterschiedliche Nutzungsarten vorkommen.

Landnutzung ist nicht zu verwechseln mit den Begriffen «Bodennutzung/Bodenbedeckung», wie sie die Arealstatistik verwendet.

### **Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN)**

Bezeichnung für die einem Betrieb zugeordnete, für den Pflanzenbau genutzte Fläche ohne die Sömmerungsfläche, die dem Bewirtschafter ganzjährig zur Verfügung steht. Die gesamte LN der Schweiz beträgt rund 1,05 Millionen Hektaren (2017).

### **O Ökologischer Leistungsnachweis**

Grundanforderung für den Bezug von landwirtschaftlichen Direktzahlungen gemäss Direktzahlungsverordnung (Art. 11 ff. DZV; SR 910.13).

### **Ökosystemleistungen (ösl)**

Leistungen, die Menschen von Ökosystemen beziehen, beziehungsweise Aspekte des Ökosystems, die – aktiv oder passiv – genutzt werden, um menschliches Wohlergehen zu erzeugen. Das Konzept der ösl fördert die Anerkennung des Wertes des Bodens für das menschliche Wohlergehen und die Berücksichtigung von Boden in Entscheidungsprozessen. Im Gegensatz dazu sind Bodenfunktionen Funktionen, die ein Boden erfüllt ohne direkte Verknüpfung zum Wert des Bodens für das menschliche Wohlergehen.

### **Organische Bodensubstanz**

Gesamtheit aller kohlenstoffhaltigen Verbindungen biologischen Ursprungs im Boden, auch als «Humus» bezeichnet. Die gesamte Menge an obs wird als C-Vorrat gemessen und pro Fläche angegeben (t C/ha).

### **S Siedlungsgebiet**

Im kantonalen Richtplan festzulegendes Gebiet, das sich an der erwarteten Entwicklung der nächsten 20 bis 25 Jahre orientiert und neben den bestehenden Bauzonen zusätzlich das für die künftige Siedlungsentwicklung vorgesehene Gebiet umfassen kann. Das Siedlungsgebiet bildet einen langfristigen konzeptionellen und räumlichen Rahmen für die Festlegung der Bauzonen. Einzonungen innerhalb des Siedlungsgebiets müssen die Kriterien der Bauzonendimensionierung zum jeweiligen Zeitpunkt erfüllen. Verdichtung, Nutzung von Brachen und Schliessen von Baulücken haben dabei Vorrang vor der Aussenentwicklung.

### **U Überbaute Fläche (Siedlungsfläche nach Arealstatistik)**

Alle Flächen, die vorwiegend durch Arbeiten, Wohnen, Erholung und Verkehr geprägt sind. Die überbaute Fläche entspricht der Siedlungsfläche nach der Arealstatistik. Die Siedlungsflächen decken sich nicht mit den Bauzonen und können sowohl innerhalb als auch ausserhalb dieser Zonen liegen. Bei sich überlagernden Nutzungen haben die Siedlungsflächen Priorität. Das hat zur Folge, dass auch bestockte Flächen (Parkwälder, Alleen), paralandwirtschaftliche Nutzungen (Gemüse, Obst oder Reben im Gebäudeumschwung) oder unproduktive Flächen (Biotope, Teiche) in den Siedlungsflächen enthalten sind, was gleichzeitig bedeutet, dass die Siedlungsflächen ein weit grösseres Areal abdecken als die ausschliesslich versiegelten und betonierte Flächen.

### **Z Zersiedelung**

Durchdringung der Landschaft mit überbauten Flächen oder Einzelgebäuden. Je umfangreicher die überbaute Fläche, je disperser die Verteilung der überbauten Fläche und je höher die überbaute Fläche pro Kopf ist, desto höher ist auch der Zersiedelungsgrad.

## Impressum

### Autoren

Urs Steiger, Luzern  
Paul Knüsel, Zürich  
Lucienne Rey, Bern

### Konzept und Redaktion

Urs Steiger, steiger texte konzepte beratung,  
Luzern

Erarbeitet und publiziert mit Unterstützung  
des Schweizerischen Nationalfonds zur För-  
derung der wissenschaftlichen Forschung als  
Gesamtsynthese des Nationalen Forschungs-  
programms «Nachhaltige Nutzung der Res-  
source Boden» (NFP 68).

### Herausgeberin

Leitungsgruppe des Nationalen Forschungs-  
programms «Nachhaltige Nutzung der Res-  
source Boden» (NFP 68)

### Begleitgruppe der Gesamtsynthese

Prof. Emmanuel Frossard, ETH Zürich  
Prof. Bernd Hansjürgens,  
Helmholtz Zentrum für Umweltforschung  
UFZ, Leipzig, Deutschland

### Leitungsgruppe des NFP 68

Prof. Emmanuel Frossard,  
ETH Zürich (Präsident)  
Prof. Claire Chenu, AgroParisTech, Frankreich  
Prof. Peter de Ruiter,  
Universität Amsterdam, Niederlande  
Dr. Annette Freibauer,  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Deutschland  
Prof. Bernd Hansjürgens,  
Helmholtz Zentrum für Umweltforschung  
UFZ, Leipzig, Deutschland  
Prof. Lorenz Hurni, ETH Zürich  
Dr. Michael Obersteiner, Internationales Insti-  
tut für angewandte Systemanalyse, Österreich  
Prof. Kurt Roth,  
Universität Heidelberg, Deutschland

### Delegierte des Nationalen Forschungsrats

Prof. Claudia R. Binder, EPF Lausanne

### Bundesvertreter

Stephan Scheidegger, Bundesamt für  
Raumentwicklung (ARE), Bern  
Dr. Roland von Arx, Bundesamt für Umwelt  
(BAFU) (bis November 2017)  
Dr. Bettina Hitzfeld, Bundesamt für Umwelt  
(BAFU) (ab Dezember 2017)

### Weitere Mitwirkung Bundesverwaltung

Dr. Simon Briner, Bundesamt für Land-  
wirtschaft (BLW), Bern

### Verantwortliche Autorin und Autoren der thematischen Synthesen (TS)

Dr. Raphaël Charles, Forschungsinstitut  
für biologischen Landbau (FiBL), Lausanne,  
(TS1)  
Dr. Frank Hagedorn, Eidg. Forschungsanstalt  
für Wald, Schnee und Landschaft (wsl),  
Birmensdorf (TS2)  
Prof. Adrienne Grêt-Regamey, Institut für  
Raum- und Landschaftsentwicklung,  
ETH Zürich, Zürich (TS3)  
Dr. Armin Keller, Agroscope, Nationale  
Bodenbeobachtung (NABO), Zürich (TS4)  
Felix Walter, Ecoplan, Bern (TS5)

### Leiter Wissenstransfer

Urs Steiger, steiger texte konzepte beratung,  
Luzern

### Programm-Manager

Dr. Pascal Walther, Schweizerischer National-  
fonds (SNF), Bern

### Layout und Grafik

Kurt Brunner, Palézieux

### Fotos

L. Chabbey, Haute École du Paysage,  
d'Ingénierie et d'Architecture de Genève  
(hepia): S. 15 links und mitte

G. Brändle, U. Zihlmann, Agroscope/  
A. Chervet, Amt für Landwirtschaft & Natur,  
Kanton Bern (LANAT): S. 15 rechts, S. 18,  
S. 21 rechts, S. 29 unten links, mitte, S. 46,  
S. 47, S. 48, S. 49, S. 69  
M. Walser, Forschungsanstalt für Wald,  
Schnee und Landschaft, Birmensdorf (WSL):  
S. 29 oben, unten rechts  
S. Braun, Institut für Angewandte Pflanzen-  
biologie (IAP), Witterswil: S. 7 und 9  
U. Steiger, Luzern: S. 71

#### **Lektorat**

Andreas Vonmoos, Textkorrektur Terminus,  
Luzern

#### **Druck**

Engelberger Druck, Stans

#### **Empfohlene Zitierweise**

Steiger U., Knüsel P., Rey L. (2018): Die Res-  
source Boden nachhaltig nutzen. Gesamtsyn-  
these des Nationalen Forschungsprogramms  
«Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden»  
(NFP 68); Hrsg.: Leitungsgruppe des NFP 68,  
Bern.

ISBN: 978-3-907087-38-1

[www.snf.ch](http://www.snf.ch)  
[www.nfp68.ch](http://www.nfp68.ch)

Bezug: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

© 2018, Schweizerischer Nationalfonds  
zur Förderung der wissenschaftlichen  
Forschung SNF, Bern

Das Werk einschliesslich aller seiner Teile ist urheberrechtlich  
geschützt. Jede Verwertung ausserhalb der Grenzen des Urhe-  
berrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des SNF unzulässig und  
strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen,  
Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in  
elektronische Systeme.





## **Nationales Forschungsprogramm «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68)**

Das Nationale Forschungsprogramm «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68) legt Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung des Bodens in der Schweiz vor. Dabei werden sowohl die ökologischen als auch die ökonomischen Leistungen des Bodens berücksichtigt. Das Konzept der Ökosystemleistungen erlaubt es, die Bodenfunktionen und ihren Beitrag an das menschliche Wohlbefinden in Wert zu setzen. Die Forschungsphase dauerte von 2013 bis 2017. Die Ergebnisse wurden in fünf thematischen Synthesen sowie in einer Gesamtsynthese zusammengeführt.

### **Thematische Synthese TS1**

Boden und Nahrungsmittelproduktion

### **Thematische Synthese TS2**

Boden und Umwelt

### **Thematische Synthese TS3**

Eine Bodenagenda für die Raumplanung

### **Thematische Synthese TS4**

Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH)

### **Thematische Synthese TS5**

Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik