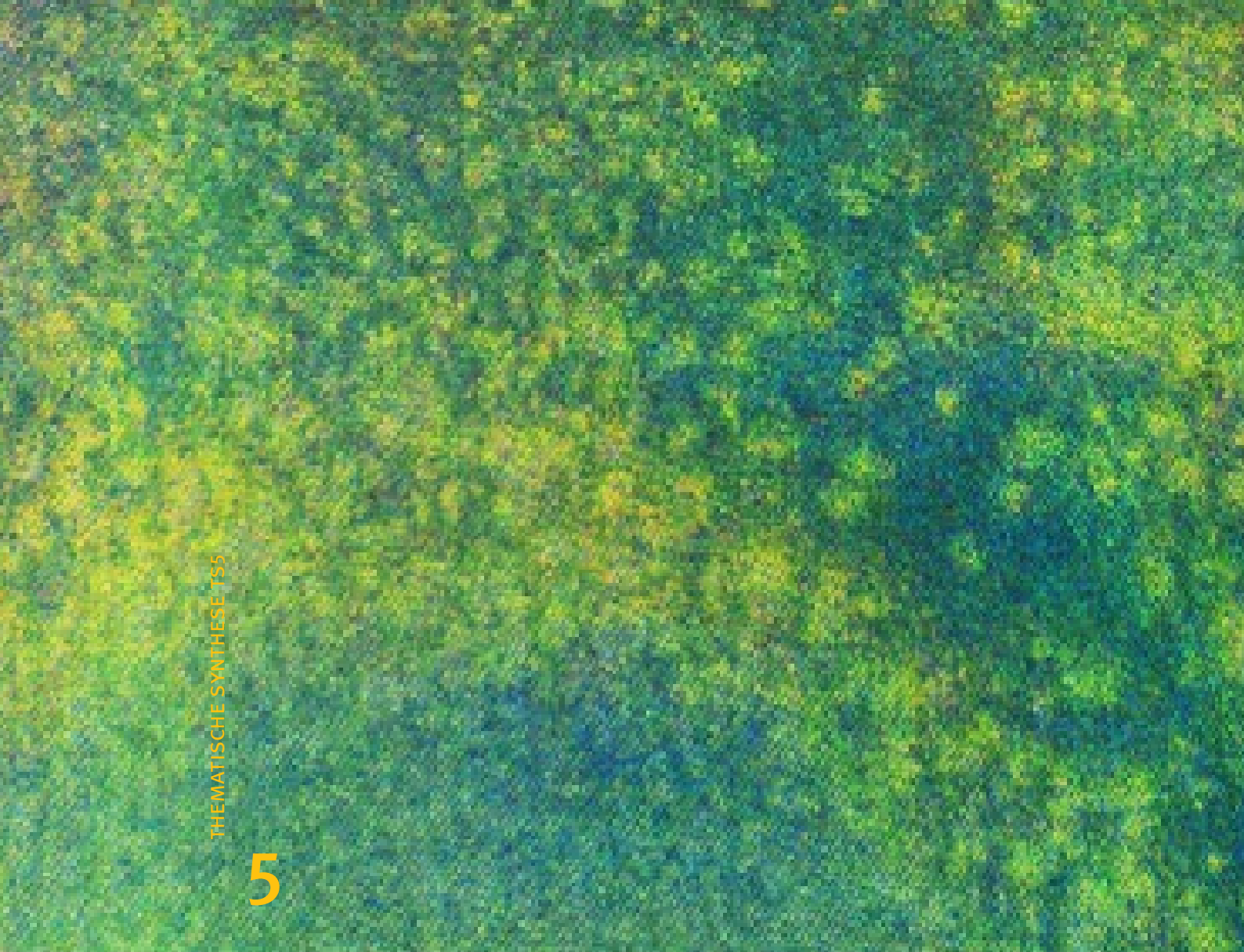


THEMATISCHE SYNTHESE TS5

5

Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik

Felix Walter Elvira Hänni

FNSNF
Schweizerischer Nationalfonds
zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung

Ressource Boden
Nationales Forschungsprogramm NFP 68

Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik

Thematische Synthese TS5 im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68)

Vorwort

Die schweizerische Bodenpolitik ist ein heterogenes Gebilde mit zwei Polen: Einer quantitativen Betrachtung des Bodens in der Raumplanung steht eine qualitative beim Umweltschutz und in der Landwirtschaft gegenüber. Verschiedene Gesetzesvorgaben haben in den letzten zwei Jahrzehnten zu einem schonungsvolleren Umgang mit der Ressource Boden geführt. Gerade von der Revision des ersten Raumplanungsgesetzes (RPG 1) darf in den nächsten Jahren eine spürbare Verlangsamung des Kulturlandverbrauchs erwartet werden. Eine gesamtheitliche und kohärente Betrachtung des Bodens hat bis heute jedoch gefehlt.

Die erwähnten Ansätze zusammenzuführen, war eines der zentralen Ziele des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68). Das Autorenteam der thematischen Synthese 5 «Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik» fügt nun die erarbeiteten Bausteine sowie ergänzende Informationen aus den beiden Bereichen zusammen und kombiniert sie zu einer bodenpolitischen Agenda. Es zeigt die Handlungsfelder auf, die in einer gesamtheitlichen Sicht zu einer nachhaltigen Bodenpolitik führen können. Die einzelnen Bausteine sind dabei in einem Rohzustand. Sie müssen von verschiedenen politischen und gesellschaftlichen Akteuren weiter konkretisiert und ausgestaltet werden. Es ist auch eine Erkenntnis des NFP 68, dass Fortschritte auf dem Weg zu einer nachhaltigen Nutzung der Ressource Boden nur durch intensiven Austausch zwischen den verschiedenen Akteuren zu erreichen sind und durch verstärkte Kommunikation zwischen allen Beteiligten und Betroffenen. Dieser Austausch hat parallel zu den Forschungsarbeiten eingesetzt und wurde während der Synthesearbeiten des NFP 68 intensiv gepflegt. Forschung und Praxis haben sich dadurch gegenseitig wichtige Anstösse gegeben. Dies gilt auch für die parallel erarbeiteten Entwürfe zu einer Bodenstrategie der Bundesämter.

Wie so häufig kann ein NFP nicht alle wichtigen Aspekte eines Themas abdecken. Das Autorenteam macht zum Beispiel deutlich, dass das NFP 68 bodenrechtliche und ökonomische Aspekte kaum behandelt hat. Angesichts der Bedeutung des Grundeigentums und des Bodens im Kapitalmarkt sowie der sehr unterschiedlich funktionierenden Bodenmärkte innerhalb und ausserhalb der Bauzone bleibt es eine noch zu leistende Aufgabe, die Bodenqualität auch im Verhältnis zu diesen Aspekten zu beleuchten.

Mit der thematischen Synthese 5 hat der Bau einer Brücke von der Forschung zur politischen Umsetzung begonnen. Viele Bausteine sind schon bereitgestellt – nun liegt es an der Politik und der Praxis, den Bau weiterzuführen und die Bausteine präziser zuzuschneiden und zu ergänzen.

Prof. Dr. Emmanuel Frossard
Präsident der Leitungsgruppe des Nationalen Forschungsprogramms
«Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort → 5

Inhaltsverzeichnis → 6

Zusammenfassung → 8

1 **Worum geht es?** Einleitung → 13

1.1 Die vier Dimensionen des Bodens → 13

1.2 Zusammenhang mit NFP-Projekten und anderen thematischen Synthesen → 13

2 **Wo stehen wir und wohin geht die Reise?** → 16
Zustand des Bodens und Ziele einer nachhaltigen Bodenpolitik

2.1 Zustand des Bodens → 16

2.2 Heutige Ziele für den Boden: unterschiedliche Interpretationen → 18

2.3 Zielsystem einer nachhaltigen Boden- und Landnutzung → 19

3 **Was wirkt auf den Boden ein?** → 22
Szenarien und Handlungsbedarf

3.1 Wirkungsmodell einer nachhaltigen Bodennutzung → 22

3.2 Szenarien für die Nutzung der Ressource Boden → 22

3.3 Ziellücken und Handlungsbedarf → 24

4 **Wo kann die Politik Einfluss nehmen?** → 28
Handlungsfelder und Massnahmen

4.1 Überblick über die aktuelle Politik und ihre Handlungsfelder (HF) → 28

4.2 HF1: Raumordnung und übergeordnete Massnahmen → 31

4.3 HF2: Landwirtschaft → 45

4.4 HF3: Forstwirtschaft → 56

4.5 HF4: Übrige Wirtschaft, Wohnen, Infrastrukturen → 60

4.6 HF5: Immissionen und belastete Böden → 64

4.7 HF6: Internationale Kooperation → 67

4.8 HF7: Grundlagen und flankierende Massnahmen → 68

4.9 Bilanz der möglichen Zielbeiträge der Massnahmen → 72

5 Wie können die Empfehlungen umgesetzt werden? → 74
Akzeptanz und Vollzug

5.1 Akzeptanz → 74

5.2 Bodengouvernanz: Zuständigkeiten und Finanzierung → 74

6 Wie weiter? → 77
Eine Roadmap für eine nachhaltige Bodenpolitik

Anhang → 81

A1 Das Nationale Forschungsprogramm «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68) → 81

Die Forschungsprojekte des NFP 68 → 83

A2 Abbildungsverzeichnis → 87

Tabellenverzeichnis → 87

Glossar → 88

Abkürzungsverzeichnis → 92

Literatur → 93

Dank → 99

Impressum → 100

Zusammenfassung

Die thematische Synthese TS5 des NFP 68, «Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik», fasst die politisch relevanten Resultate aus den Projekten des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68) sowie aus weiteren Grundlagen zusammen.

Eine nachhaltige Bodennutzung soll langfristig den Erhalt der unverbauten Bodenflächen (quantitativ) und der Bodenfunktionen (qualitativ) sicherstellen. Die Massnahmen, die den Verlust der Bodenquantität und -qualität reduzieren, lassen sich zu einer «Roadmap für eine nachhaltige Bodenpolitik» der Schweiz zusammenfassen.

1 Quantität und Qualität gemeinsam betrachten (Handlungsfeld 1)

Die Bodenqualität ist in der Raumplanung vermehrt zu beachten, der qualitative Bodenschutz kann Instrumente und Einflüsse der Raumplanung verstärkt berücksichtigen.

- Eine Bodenpolitik kann nur nachhaltig sein, wenn die Optik der Raumplanung (Fläche, quantitativer Bodenschutz) und die Optik der Bodenqualität in eine gemeinsame, dreidimensionale Sichtweise überführt werden. Dabei ist nicht nur das Verständnis für die Optik der jeweils anderen Fachleute zu verbessern, es sind auch die notwendigen Hilfsmittel zu schaffen: Damit bei raumplanerischen Entscheiden vermehrt auch die Bodenqualität berücksichtigt werden kann, sind die im NFP 68 erarbeiteten Grundlagen zu nutzen, um einen Bodenindikator (BI) festzulegen. Im qualitativen Bodenschutz gilt es, vermehrt die Einflüsse und Instrumente der Raumplanung einzubeziehen.

2 Verminderung und Begrenzung des Bodenverbrauchs umsetzen (Handlungsfelder 1 und 2)

Der Boden ist eine begrenzt verfügbare Ressource. Langfristig führt deshalb kein Weg an einer Begrenzung des Bodenverbrauchs vorbei.

- Um den Bodenverbrauch zu vermindern und zu begrenzen, hebt die TS5 drei mögliche Instrumente hervor: die Bodennutzungsabgabe, die Kontingentierung der Bodenindexpunkte und die Erweiterung des Sachplans Fruchtfolgeflächen (SP FFF) auf alle ökologischen Bodenfunktionen. Alle Instrumente bieten Chancen, aber auch einige Herausforderungen in der Umsetzung. Soll der Bodenverbrauch absolut begrenzt werden, führt nichts an einer Kompensationspflicht vorbei, bei der die Bodenqualität zusammen mit der Fläche den zu kompensierenden Boden bestimmt.

3 Belastungen der Böden durch Land- und Forstwirtschaft sowie durch Siedlung und Infrastrukturen vermeiden (Handlungsfelder 2, 3, 4 und 5)

Verschiedene Massnahmen tragen dazu bei, die Belastungen auf ein verträgliches Mass zu vermindern.

- Zu den Massnahmen, die im NFP 68 näher untersucht und empfohlen wurden, gehören die grundsätzliche Klärung der Frage, wie organische Böden (Moorböden) künftig genutzt werden, und die Risikoreduktion oberflächiger Rutschungen durch ein reiches Spektrum an Baumarten in einem Schutzwald.

4 Internationale Komponente verstärkt beachten (Handlungsfeld 6)

Die Schweiz trägt eine Mitverantwortung für die Bodennutzungen und -belastungen im Ausland.

- Die Schweiz sollte sich in internationalen Gremien noch aktiver für den Bodenschutz einsetzen, aber auch im Inland eine Vorbildrolle einnehmen. Dazu gehört, dass Politik, Verwaltung und Behörden bei nationalen Entscheiden in der Bodenpolitik die internationalen Konsequenzen mitberücksichtigen und die Verhaltensregeln (Sorgfaltspflicht) bei Investitionen aus der Schweiz in Ländern des globalen Südens um ökologische und soziale Aspekte ergänzen.

5 Bodeninformationen verbessern – Daten- und Wissenslücken schliessen (Handlungsfeld 7)

Bessere Datengrundlagen, gute Indikatoren und Modelle können entscheidend zu einer nachhaltigen Nutzung des Bodens beitragen; dazu gehören insbesondere Szenarien und Perspektivarbeiten für den quantitativen und den qualitativen Bodenschutz.

- Das NFP 68 empfiehlt, eine flächendeckende Bodenkartierung in Etappen an die Hand zu nehmen, um so eine Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH) aufbauen zu können, über welche Bodendaten für alle zugänglich und in einer verständlichen Form zur Verfügung stehen. Eine flächendeckende Bodenkartierung stellt eine lohnende Investition dar. Nebst den fehlenden Bodendaten bleiben – trotz des NFP 68 – weitere Wissenslücken bestehen: Beispielsweise wurden im NFP 68 zahlreiche wirtschaftliche und gesellschaftliche Fragen nicht bearbeitet. Auch gilt es, den Zusammenhang zwischen Bodengesundheit und Lebensmittelqualität weiter zu vertiefen.

6 Verständnis für den Boden fördern (Handlungsfeld 7)

Die Sensibilisierung für die Probleme des Bodens muss verstärkt werden.

- Zentrale Akteurgruppen wie die Verwaltung – und dabei insbesondere die Raumplanung –, die Politik und die Forschung, aber natürlich auch die Nutzenden des Bodens (Land- und Forstwirte, Private und Wirtschaftsakteure) müssen für den Wert des Bodens sensibilisiert werden. Dies stellt eine Grundvoraussetzung für akzeptierte und wirksame Raumplanungs- und Bodenschutzinstrumente dar. Erkenntnisse aus der Akzeptanzforschung werden in einem 10-Punkte-Plan zur Verbesserung der Akzeptanz von Vorlagen in der Boden- und Raumplanungspolitik zusammengefasst.

7 Zusammenarbeit stärken (Kapitel 5.2)

Eine intensivierte Zusammenarbeit zwischen Bund, Kantonen, Gemeinden und Fachverbänden, aber insbesondere zwischen Bodenschutz- und Raumplanungskreisen, kann wesentlich zu einer nachhaltigen Nutzung des Bodens beitragen.

- Die in der Bundesverwaltung geplante Bodenstrategie ist ein guter Ansatz, muss aber komplettiert werden und weitere Akteure einbinden. Zwischen den Fachleuten der Bereiche Bodenschutz und Raumplanung besteht eine wichtige Schnittstelle, sie verstehen einander aber oft kaum. An dieser Schnittstelle braucht es deshalb Vermittlungsarbeit (Moderation) und einen Austausch zwischen den zuständigen Fachleuten.

Abbildung 1
Beitrag der Roadmap zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik.

⊕ Positiver Zielbeitrag
⊖ Negativer Zielbeitrag

Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit

- W1 Bodennutzung durch die Wirtschaft ermöglichen
- W2 Finanzielle Belastungen vermeiden
- W3 Bodennutzung effizient steuern

Ökologische Verantwortung

- U1 Bodenqualität sicherstellen
- U2 Bodenquantität sicherstellen
- U3 Kimawandel vermeiden

Gesellschaftliche Solidarität

- G1 Regionale, soziale und intergenerationelle Solidarität
- G2 Soziokulturelle Werte erhalten
- G3 Gesundheit der Menschen fördern und schützen

	W1	W2	W3	U1	U2	U3	G1	G2	G3
HF1 Raumordnung und übergeordnete Massnahmen									
Eindämmung des Bodenverlustes	⊖	⊖	⊕	⊕	⊕				
Sinnvolle räumliche Zuordnung	⊕		⊕	⊕	⊕		⊕		
HF2 Landwirtschaft									
Verlust organischer Bodensubstanz minimieren	⊕ [1]	⊖	⊕	⊕	⊕/⊖	⊕			
Schadstoffeintrag und Klimabelastung reduzieren	⊕ [1]	⊖		⊕					⊕
Bodenverdichtung verhindern	⊕ [1]	⊖		⊕					
Bodenerosion verhindern	⊕ [1]	⊖	⊕	⊕					
HF3 Forstwirtschaft									
Massnahmen gegen die Versauerung des Waldbodens	⊕ [2]	⊖		⊕					⊕
Bodenverdichtung verhindern	⊕ [2]	⊖		⊕					
Bodenverlust durch Rutschungen reduzieren	⊕ [2]	⊖		⊕	⊕				⊕
Organische Bodensubstanz erhalten		⊖		⊕		⊕			
HF4 Übrige Wirtschaft, Wohnen, Infrastrukturen									
Flächenbedarf reduzieren	⊕	⊖			⊕				
Bodenfunktionen in der Siedlung gezielt erhalten		⊖		⊕					
Arbeiten mit Bodenmaterial sachgemäss durchführen		⊖		⊕	⊕				
Belastungen durch den Verkehr reduzieren		⊖		⊕		⊕			
HF5 Immissionen und belastete Böden									
Umgang mit belasteten Böden vereinheitlichen			⊕	⊕					⊕
Vollzug bei Bodenaufwertungen stärken			⊕	⊕					
HF6 Internationale Kooperation				⊕	⊕	⊕	⊕		⊕
HF7 Grundlagen und flankierende Massnahmen									
Bodendaten als Grundlage	Als Grundlage für verschiedene Massnahmen ⇢ indirekter Zielbeitrag								
Sensibilisierung für Bodenthemen									
Wissenslücken schliessen									
Genereller und indirekter Zielbeitrag	⊕	⊕	⊕			⊕	⊕	⊕	⊕

Wirtschaftliche Nutzung möglich, wenn Bodenfunktionen erhalten bleiben:
[1] durch die Landwirtschaft
[2] durch die Forstwirtschaft

Im Detail schlägt die TS5 zahlreiche Massnahmen in sieben Handlungsfeldern vor. Abbildung 1 fasst zusammen, wie diese Massnahmen zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik – der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit, der ökologischen Verantwortung und der gesellschaftlichen Solidarität – beitragen können.

Mit den identifizierten Handlungsempfehlungen wird in erster Linie der Erhalt der Bodenqualität und -quantität gefördert. Entsprechend zeigt Abbildung 1 auch, dass mit den vorgeschlagenen Massnahmen insbesondere die ökologische Verantwortung verstärkt wahrgenommen werden kann, teilweise auf Kosten der kurzfristigen wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit. Längerfristig stellt aber eine hohe Bodenqualität auch für die Wirtschaft eine unerlässliche Lebensgrundlage dar.

Beim Bodenschutz und beim Erhalt von Freiflächen stehen stets indirekt regionale und soziale Verteilungsfragen und die Generationengerechtigkeit zur Diskussion: Künftigen Generationen bleiben Entscheidungsspielräume nur, wenn Boden heute nicht irreversibel geschädigt wird.

Das NFP 68 hat wichtige Bausteine einer ganzheitlichen Politik für die nachhaltige Nutzung und den Schutz der Ressource Boden zusammengetragen. Die TS5 ergänzt dieses Mosaik. Einige Fragen bleiben unerforscht oder ungeklärt, und manche Aspekte bedürfen einer weiteren Konkretisierung. Insgesamt bilden die dargestellten Bausteine dennoch wichtige Grundlagen für eine künftige nachhaltige Bodenpolitik in der Schweiz. Aufgabe eines NFP ist es, solche Grundlagen bereitzustellen. Deren Umsetzung obliegt den wichtigen Akteurinnen und Akteuren, von denen viele bereits frühzeitig einbezogen wurden und lösungsorientiert mitgewirkt haben.

Wegweiser zur TS5

Die TS5 ist wie folgt aufgebaut (Abb. 2):
Kapitel 1 zeigt die TS5 im Gesamtzusammenhang der Projekte und der anderen thematischen Synthesen (TS) des NFP 68. **Kapitel 2** fasst als Startpunkt für den Weg zu einer nachhaltigen Bodenpolitik den aktuellen Zustand des Bodens in der Schweiz und die wichtigsten Probleme und Bedrohungen aufgrund der heutigen Nutzungen zusammen und formuliert die Ziele einer nachhaltigen Bodenpolitik. **Kapitel 3** präsentiert anhand eines Wirkungsmodells und von drei vereinfachten Szenarien ein Gedankengerüst zu den beeinflussenden Faktoren. Die Szenarien zeigen die Ziellücken auf und damit den Handlungsbedarf für politische Massnahmen. **Kapitel 4** führt aus, wie politische Massnahmen in zahlreichen Handlungsfeldern den künftigen Weg mitbestimmen. Hier fliessen die Empfehlungen aus den NFP 68-Projekten und weitere Vorschläge ein. Die Umsetzung von Massnahmen gleicht einem Weg mit vielen Hindernissen: Massnahmen müssen politisch akzeptiert und beschlossen sowie von den richtigen Institutionen vollzogen werden und genügend finanziert sein. **Kapitel 5** nimmt sich dieser Fragen an und analysiert, wie potenzielle Hindernisse überwunden werden können. **Kapitel 6** fasst die Empfehlungen für den Weg zur nachhaltigen Bodenpolitik zu einer Roadmap zusammen.

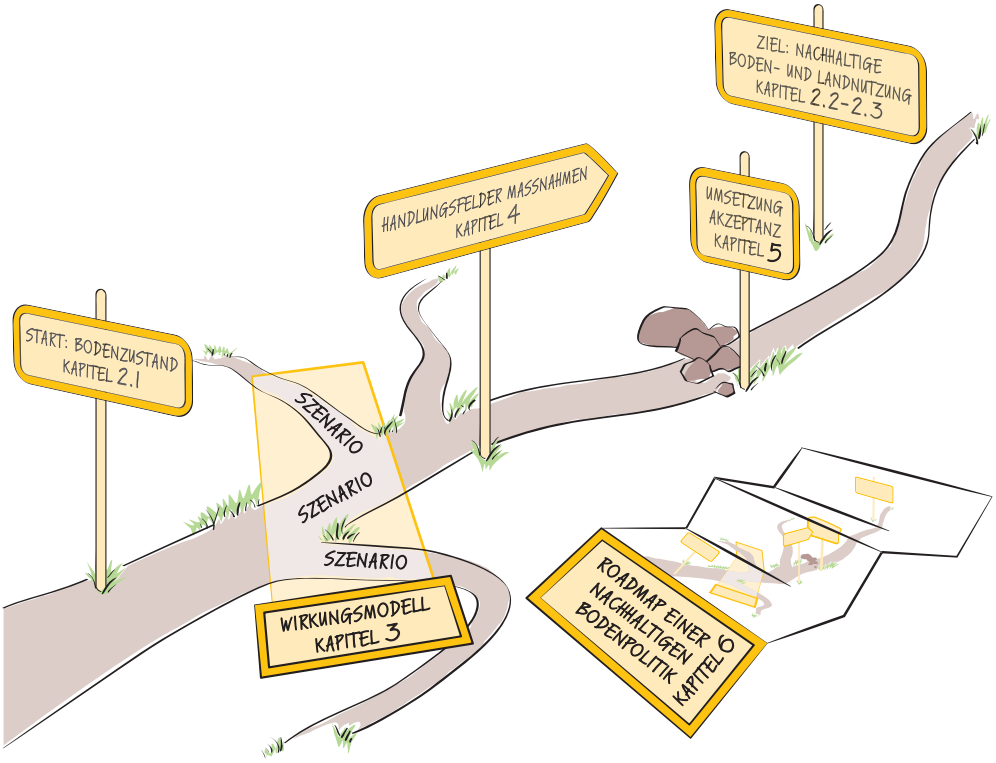


Abbildung 2
Weg zu einer nachhaltigen Bodenpolitik.

Illustration: N. Stadelmann, Luzern

1 Worum geht es?
Einleitung

1.1 Die vier Dimensionen des Bodens

«Nachhaltige Bodenpolitik» – das ist eine Vision für den Umgang mit der kostbaren Ressource Boden in der Zukunft. Dieser Blick in die Zukunft (Abb. 3, unten) muss Boden sowohl als Fläche (zweidimensional), wie ihn insbesondere die Raumplanung überwiegend sieht, als auch in seiner vertikalen Dimension als vielfältiges und wertvolles «Erdreich» (dreidimensional) betrachten. Es gilt also, die drei räumlichen und zugleich als vierte auch die zeitliche Dimension ins Bild zu rücken. Um Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik zu skizzieren, sind zudem ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte einzubeziehen. Die TS5 leistet einen Beitrag zu einer solchen Gesamtbetrachtung.

1.2 Zusammenhang mit NFP-Projekten und anderen thematischen Synthesen

Aufgabe der thematischen Synthese 5 des NFP 68, «Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik», ist es, die politisch relevanten Resultate aus den NFP 68-Projekten zusammenzufassen und damit Elemente für den Weg hin zu einer nachhalti-

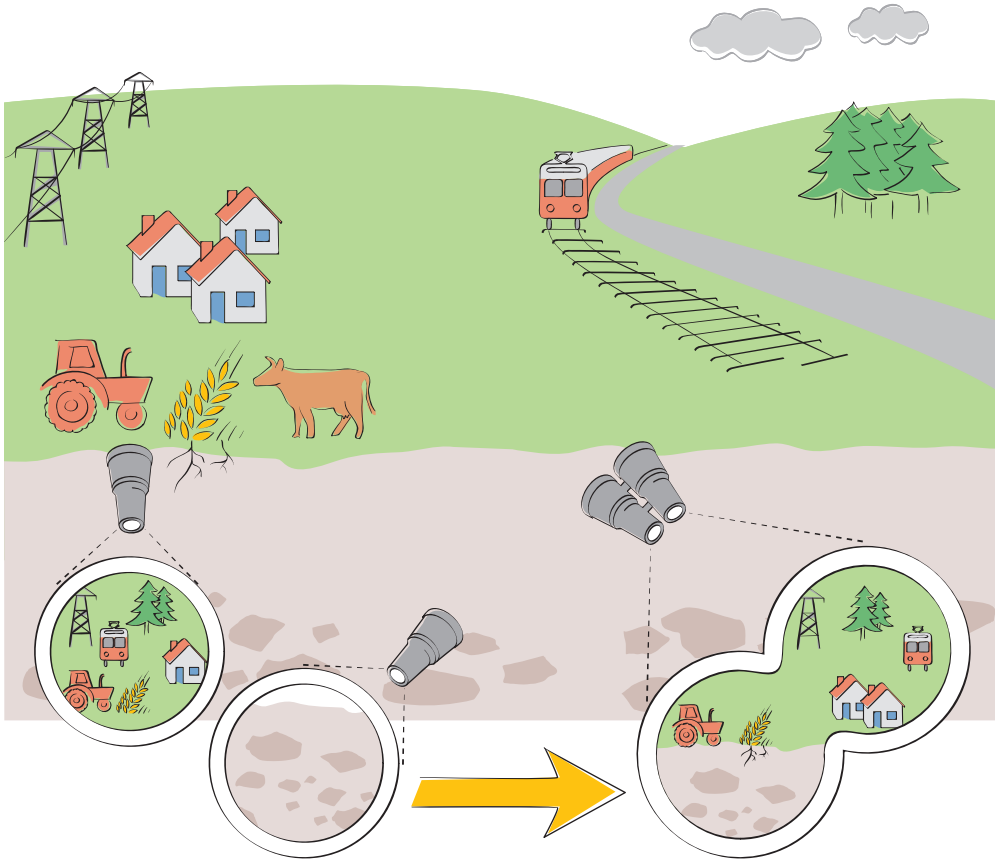


Abbildung 3
Vom zweidimensionalen zum vierdimensionalen Verständnis des Bodens.

Boden wird oft nur als Fläche wahrgenommen. Wesentliche Funktionen leistet der Boden jedoch im Untergrund. Die dort ablaufenden biologischen, chemischen und physikalischen Prozesse unterliegen der zeitlichen Veränderung.

Illustration: N. Stadelmann, Luzern

gen Bodenpolitik zu präsentieren. Die NFP 68-Projekte entwickelten zahlreiche Empfehlungen; sie decken aber nur einen Teil dessen ab, was eine nachhaltige Bodenpolitik ausmachen könnte, und ergeben alleine kein Gesamtbild. Um einen breit abgestützten Beitrag zu einer nachhaltigen Bodenpolitik leisten zu können, berücksichtigt die TS5 nebst den Ergebnissen des NFP 68 weitere Studien und Dokumente sowie Expertenwissen der Mitglieder der Kern- und der Begleitgruppe.

Aus dem NFP 68 gehen fünf thematische Synthesen (TS) hervor. Die TS5 versteht sich in Ergänzung zu den anderen TS – insbesondere zur TS3, «Eine Bodenagenda für die Raumplanung»[1], die raumplanerische Fragestellungen behandelt – als weniger vertiefte, aber breite Synthese, die die politisch relevanten Elemente aus den Forschungsprojekten und den anderen TS in einem Gesamtzusammenhang präsentiert (Abb. 4, unten). Sie bietet damit auch Grundlagen für eine Bodenstrategie der Schweiz.

Den TS des NFP 68 liegt zudem ein Basiskonzept zugrunde, das den «Beitrag des Bodens zu den Ökosystemleistungen»[2] darstellt (Abb. 5, S. 15).

Eine umfassende Bodenpolitik muss auch die Grundsatzfrage nach dem Eigentum und den Verfügungsrechten am Boden und damit zur Gerechtigkeit zwischen Regionen, Ländern und Generationen stellen. Diese Fragen werden aber in der TS5 ausgeklammert, weil hierzu keine Forschungsergebnisse aus dem NFP 68 vorliegen und sie den Rahmen sprengen würden.

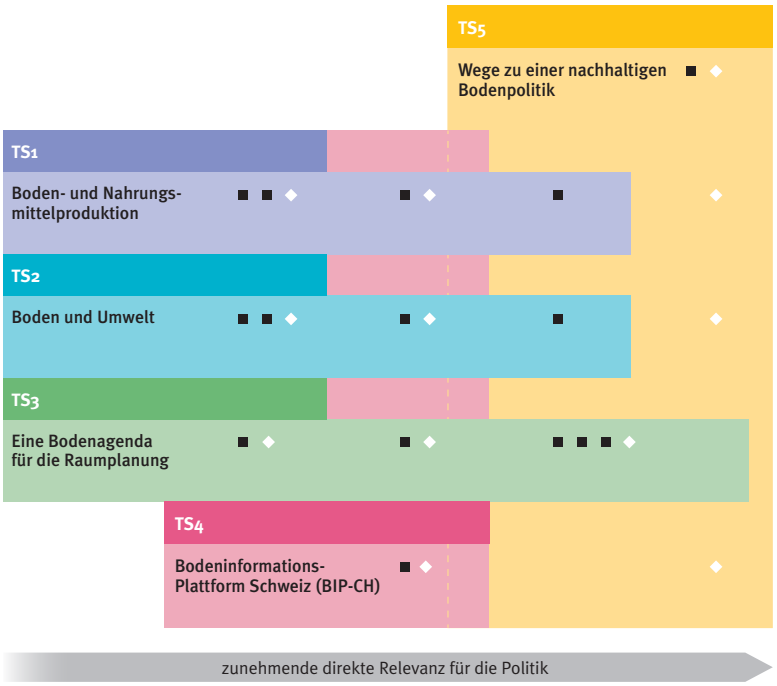


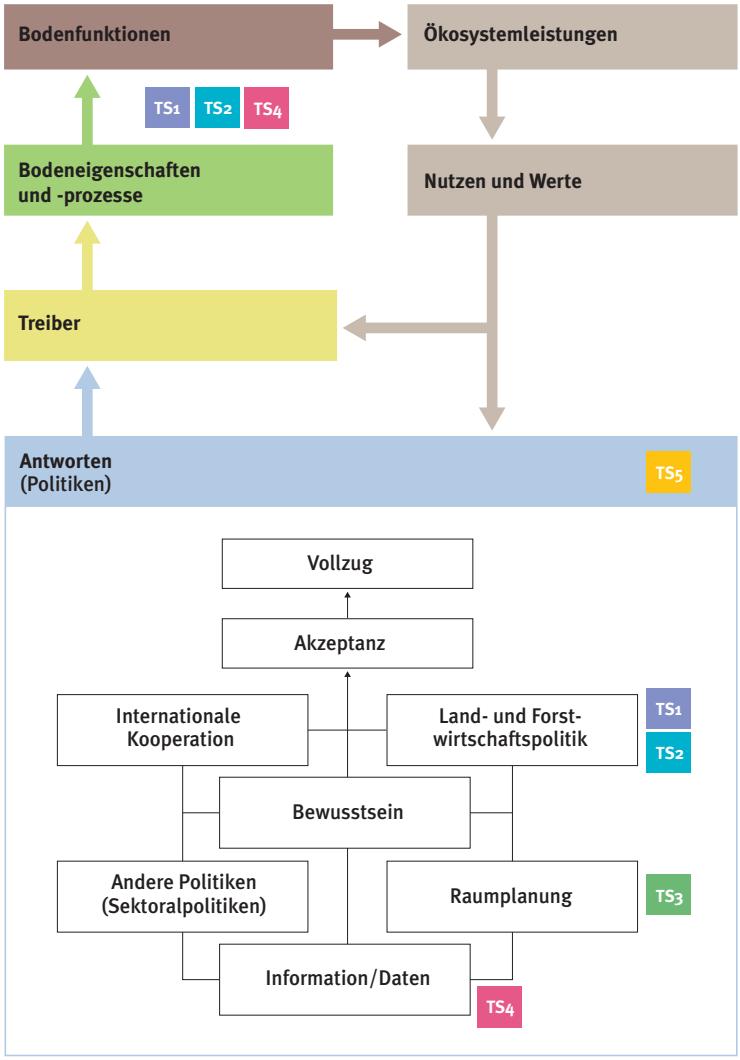
Abbildung 4
Einordnung der TS5 als politische Synthese.

Alle TS des NFP 68 beinhalten Elemente aus dem NFP 68 und ergänzend von ausserhalb. Die TS4 bildet eine Querschnittsynthese zu Daten- und Methodenfragen. Die TS5 nimmt die politisch relevanten Aspekte aus allen Themenbereichen des NFP 68 und damit auch aus allen TS auf, wobei mit der TS3 die grösste – bewusste – Überschneidung besteht.

■ Element aus NFP 68-Projekt
◆ Element von ausserhalb NFP 68-Projekt

Abbildung 5
Beitrag des Bodens zu den Ökosystemleistungen (angepasst nach [2]) und Positionierung der thematischen Synthesen.

Die TS5 befasst sich mit allen Arten von Antworten und den Treibern, die die Bodenqualität beeinflussen. Steht bei der TS3 die Raumplanung im Fokus, behandeln die anderen drei TS schwergewichtig Fragen der Bodenfunktionen und deren Steuerung.



2 Wo stehen wir, und wohin geht die Reise?
Zustand des Bodens und Ziele einer nachhaltigen Bodenpolitik

2.1 Zustand des Bodens

Zwischen 1985 und 2009 hat sich die Siedlungsfläche in der Schweiz um 584 km^2 ausgedehnt. Dies entspricht einer Fläche grösser als der Genfersee[3]. Siedlungen nehmen inzwischen 7,5 Prozent der Schweizer Landesfläche ein (vgl. auch Kap. 2 von TS3[1]). Ein grosser Teil dieser Böden ist versiegelt oder verdichtet. Dies beeinträchtigt oder zerstört ihre Funktionen, das heisst die Produktions-, Lebensraum- und Regulierungsfunktion, aber auch die Rohstoff- und Archivfunktion[4].

Auch wenn die neuste Arealstatistik eine Abschwächung des Siedlungswachstums in der westlichen Schweiz feststellt[5], bleibt die Versiegelung eine der wichtigen Bedrohungen für den Boden. Zudem findet das Siedlungswachstum meist auf den wertvollsten Böden statt (NFP 68-Projekt LASTENAUSGLEICH).

Nebst der Versiegelung beeinflussen auch andere Nutzungen die Bodeneigenschaften und damit die Bodenfunktionen und können diese beeinträchtigen[6]:

- Die landwirtschaftliche Nutzung kann insbesondere zu Bodenerosion, Verdichtung, übermässigen Nährstoff- und Schadstoffeinträgen, aber auch zum Verlust an organischer Bodensubstanz (OBS)[7] und Bodenbiodiversität führen. Der Statusbericht 2016 für die Umweltziele Landwirtschaft zeigt zahlreiche Probleme auf, aber auch mancherlei offene Fragen zu den landwirtschaftlich genutzten Böden[8]:

– Eine umfassende, flächendeckende Sicht über die Schadstoffbelastung der Schweizer Böden existiert nicht. Die Bodenfruchtbarkeit und die menschliche Gesundheit sind aber an einzelnen Standorten durch anorganische Schadstoffe gefährdet. Diese gelangen über

Abbildung 6
Bodenfunktionen

Quelle: Magazin Umwelt 4/2011, BAFU

Futtermittelzusätze, Dünger oder Pflanzenschutzmittel in den Boden.

– Die Bodenerosion ist nur lückenhaft erfasst. Über ein Drittel der Ackerfläche gilt aber als potenziell erosionsgefährdet. An einzelnen Standorten tritt Erosion in substanziellem Ausmass auf und gefährdet die Gründigkeit und Fruchtbarkeit des Bodens. Auf Alpweiden besteht bei intensiver Nutzung die Gefahr, dass der Boden sich nicht genügend nachbilden kann[6].

– Zur Bodenverdichtung fehlen ebenfalls umfassende Daten. Es ist davon auszugehen, dass der aktuelle Trend, zur landwirtschaftlichen Bewirtschaftung grössere und schwerere Maschinen einzusetzen, die Probleme nicht mindert.

– Der Verlust von OBS droht bei allen Böden, die ackerbaulich genutzt werden: Sie haben einen deutlich tieferen Gehalt OBS als Böden von Wiesen und Weiden[6,9]. Besonders ausgeprägt ist die Problematik bei land- und forstwirtschaftlich genutzten, kohlenstoffreichen Böden (Moorböden). Die Entwässerung dieser Böden über Jahrzehnte führte zum vollständigen Verlust der OBS und somit zum Verlust ihres Produktionspotenzials (NFP 68-Projekt MOORBÖDEN).

– Studien zeigen, dass bei einer hohen landwirtschaftlichen Nutzungsintensität ein Verlust an Bodenbiodiversität droht[6]. Wie sich die Bodenbiodiversität in den letzten Jahren tatsächlich entwickelt hat, ist allerdings noch nicht bekannt.

▪ Bei der Waldnutzung drohen nebst dem OBS-Verlust die Verdichtung und die Versauerung der Waldböden:

– Rund 2 Prozent der befahrbaren Waldfläche der Schweiz sind durch Fahrwege und Fahrspuren beeinträchtigt, was einer Fläche von 13 300 Hektaren entspricht. Bei diesen Flächen besteht ein Verdichtungsrisiko[10].

– Die Versauerung infolge diffuser Schadstoffeinträge aus der Luft stellt eine weitere grosse Bedrohung für Waldböden dar. Auf 95 Prozent der Waldfläche wird der tolerierbare Stickstoffeintrag überschritten[11]. Von einem zu grossen Stickstoffeintrag sind auch 98 Prozent der Hochmoore, 76 Prozent der Flachmoore und 49 Prozent der Trockenwiesen betroffen[6]. Der grosse Stickstoffeintrag bringt die Nährstoffversorgung des Bodens aus dem Gleichgewicht.

▪ Die Nutzung des Bodens für Wohnen, Arbeiten, Verkehr und andere Infrastrukturen bewirkt in erster Linie die Versiegelung. Sie kann den Boden aber auch über Emissionen belasten. Beispielsweise haben Luftschadstoffe aus filterlosen Abluftkaminen, die grossflächige Ausbringung schadstoffreicher Abfalldünger (z.B. Klärschlämme, Kehrichtkomposte) oder illegale Abfallverbrennungen oder -entsorgungen die Böden in der Vergangenheit belastet[12]. Entlang von stark befahrenen Strassen ist meist ein Streifen von 5 bis 10 Meter Breite mit Schadstoffen belastet[6]. Die meisten Schadstoffe werden im Boden zurückgehalten und reichern sich dort über Jahrzehnte an. Völlig unbelastete Böden gibt es in der Schweiz historisch bedingt deshalb nicht mehr.

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel spielt der Boden eine bedeutende Rolle, stellt er doch den wichtigsten Speicher für Kohlenstoff dar[9]. Der Klimawandel bringt aber für den Boden neue Gefährdungen mit sich. So dürfte beispielsweise die Häufigkeit und Intensität extremer Unwetter zunehmen und sich dadurch auch das Ri-

siko für flachgründige Rutschungen erhöhen (NFP 68-Projekt BODENSTABILITÄT).

Zusammengefasst sind der Boden und die Bodenqualität in der Schweiz in verschiedener Weise bedroht, insbesondere durch Versiegelung, Verdichtung, Erosion, Verlust an OBS, Versauerung und Verschmutzung. Teilweise ist die Bedrohung akut. Flächendeckende Daten über den Bodenzustand sind aber (noch) nicht verfügbar.

2.2 Heutige Ziele für den Boden: unterschiedliche Interpretationen

Das Ziel einer nachhaltigen Nutzung des Bodens, sodass er seine Funktionen und Ökosystemleistungen (ÖSL) auf Dauer erbringen kann, ist in zahlreichen nationalen und internationalen Dokumenten festgehalten [1, 13, 14]. Die schweizerische Bundesverfassung nennt in Artikel 73 die Nachhaltigkeit als Ziel, und die «Agenda 2030» der Vereinten Nationen formuliert die global geltenden Ziele zur nachhaltigen Entwicklung («Sustainable Development Goals», SDG), zu denen sich auch die Schweiz bekannt hat. Direkt angesprochen wird der Boden im Unterziel 15.3: Konkret sollen bis 2030 «die geschädigten Böden und Flächen saniert und eine Welt ohne weitere Bodenzerstörung erreicht werden» [15]. Auch weitere Nachhaltigkeitsziele haben einen Bezug zur Ressource Boden, etwa Ziele der Ernährungssicherheit, der Gesundheit und der nachhaltigen Produktion.

Die «Agenda 2030» ist völkerrechtlich zwar nicht verbindlich, doch ist der Bundesrat «gewillt, sie sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene umzusetzen» [16]. Im Sinne des Konzepts der «starken Nachhaltigkeit» müssten die ökologischen Ziele ungeachtet der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Ansprüche eingehalten werden. Der Bodenverbrauch beziehungsweise der Verlust an Bodenqualität müsste somit plafoniert werden (kein Nettoverlust). Allerdings bestehen momentan nur für die Fruchtfolgeflächen (FFF) verbindliche Ziele beziehungsweise Grenzwerte, nicht aber für den Flächenverbrauch generell oder für die Bodenqualität beziehungsweise die Bodenfunktionen. Die Forschung ist heute aber auch nicht in der Lage, eindeutig zu sagen, wo diese Grenzen liegen müssten [17].

Umgekehrt ist selbst unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ziele offensichtlich, dass der Verlust an Boden und Bodenfunktionen nicht beliebig fortgeführt werden kann (Kap. 2.1).

Bei dieser Ausgangslage drängt es sich auf, dass durch einen demokratischen Prozess messbare, zeitlich fixierte und verbindliche Zielwerte für den Erhalt der Böden und der Bodenfunktionen festgelegt werden, möglicherweise auch regional differenziert [1]. In einen derartigen Prozess müssen neben ökologischen selbstverständlich auch wirtschaftliche und gesellschaftliche Überlegungen einfliessen. Ansätze zur Einführung von Plafonds oder Kontingenten wie für FFF sind ein Ansatz in diese Richtung (Kap. 4.2.1) [1]. Einige Kantone haben bereits jetzt oder in wenigen Jahren ihr FFF-Kontingent ausgeschöpft, was praktisch einer Bremse für das Siedlungswachstum gleichkommt. Zurzeit existiert jedoch kein Instrument, das Bodenverbrauch und -belastungen in der Schweiz umfassend limitiert.

Wird die Beeinträchtigung der Ressource Boden bei heutigen Entscheiden überhaupt einbezogen, erfolgt dies in der Regel im Rahmen einer Interessenabwägung im Einzelfall. Dieses Vorgehen entspricht eher dem Konzept der «schwachen

Nachhaltigkeit», nach dem ökologische Beeinträchtigungen nicht ausgeschlossen sind, wenn sie durch anderweitige Vorteile aufgewogen werden.

Die Schweiz nutzt und beansprucht in verschiedener Form auch Boden im Ausland und trägt somit eine Mitverantwortung für die globalen Bodenbelastungen[18,19]. Dieses bedeutsame Thema sprengt den Rahmen dieser Synthese. Es wurde im NFP 68 von zwei Projekten bearbeitet und wird in Kapitel 4.7 kurz besprochen.

Fazit: Es ist klar, dass dem Verlust an Boden Grenzen gesetzt werden müssen; unklar ist, wo diese liegen sollen. Es ist anzustreben, dass diese Festlegungen durch einen demokratischen Prozess erfolgen. Dabei kann es hilfreich sein, die verschiedenen und teils gegensätzlichen Ansprüche in einem Zielsystem festzuhalten, was nachfolgend angestrebt wird.

2.3 Zielsystem einer nachhaltigen Boden- und Landnutzung

Wie dargelegt, existieren für die Bodenpolitik zurzeit keine quantitativ fixierten Ziele. Sowohl bei den aktuellen Entscheiden als auch bei einem allfälligen Prozess zur Festlegung entsprechender Ziele ist es eine Frage des Abwägens zwischen verschiedenen Zielen: Wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Bedürfnisse sind «ausgewogen» zu erfüllen, was aber zumeist nicht ohne Zielkonflikte («Trade-offs») möglich ist. Als Grundlage für die Diskussion und um entsprechende Zielkonflikte sichtbar zu machen, wird nachstehend ein einfaches Zielsystem vorgeschlagen, das auf gängigen Systemen von Nachhaltigkeitskriterien beruht (Tab. 1, S. 20)[20,21] (NFP 68-Projekt ENTSCHEIDUNGSPLATTFORM).

In jeder Nachhaltigkeitsdimension werden drei Kriterien definiert. Zudem werden prozessorientierte Kriterien (oder Gouvernanz-Kriterien) vorgeschlagen[22]. Diese ergänzen die Wirtschafts-, Umwelt- und Gesellschaftsziele, die auf einen Zustand abzielen, mit Kriterien für den «Weg zum Ziel» (Tab. 2, S. 21).

Das Zielsystem verdeutlicht auch, dass die Ressource Boden nicht nur aus naturwissenschaftlicher und ökologischer Sicht, sondern auch wirtschaftlich und gesellschaftlich von grosser Bedeutung ist. Für die Bodenpolitik ist gerade dieses Spannungsfeld zentral. Das Zielsystem dient auch dazu, unterschiedliche Wirkungen verschiedener Handlungsempfehlungen sichtbar zu machen (Kap. 4). Hingegen sind die Kriterien bewusst nicht (oder noch nicht) operationalisiert (vgl. dazu TS4 des NFP 68, «Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH)»[23]).

Zwischen einigen Zielen besteht potenziell ein Zielkonflikt. Insbesondere die Nutzung des Bodens für wirtschaftliche Zwecke (W1), beispielsweise für Wohn- und Arbeitsnutzungen, und die gleichzeitige Sicherstellung der Bodenquantität und -qualität sind eine grosse Herausforderung.

Einige Ziele sind aber auch voneinander abhängig oder überschneiden sich: Beispielsweise ist eine gesunde Nahrungsmittelproduktion (G3) nur möglich, wenn genügend Boden für die landwirtschaftliche Produktion (U1) in ausreichender Qualität (U2) zur Verfügung steht. Grundsätzlich kann Bodenqualität nur auf unversiegeltem Boden sichergestellt werden (U2), weshalb das Ziel U1 Voraussetzung für U2 ist.

Tabelle 1
Zielsystem einer nachhaltigen Boden- und Landnutzung.

Dimension	Kriterium	Beschreibung
Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit	W1 Bodennutzung durch die Wirtschaft ermöglichen	– Wirtschaftliche Bedürfnisse der Bodennutzenden werden befriedigt (Wohnraum, Arbeitsraum, Land- und Forstwirtschaft, Infrastruktur, Tourismus usw.).
	W2 Finanzielle Belastungen vermeiden	– Die Ressourcen öffentlicher und privater Haushalte werden geschont (geringe Kosten für Präventions-/ Vollzugsmassnahmen sowie für Schadenbehebung).
	W3 Bodennutzung effizient steuern	– Die Steuerung der Bodennutzung erfolgt auf Basis eines effizienten Systems, das unter Berücksichtigung ökologischer und sozialer Aspekte langfristig richtige Anreize setzt, insbesondere über das Preissystem.
Ökologische Verantwortung	U1 Bodenquantität sicherstellen	– Ein quantitativer Bodenverlust, insbesondere von Kulturland, wird vermieden. – Boden als Lebensgrundlage für Flora und Fauna wird geschützt.
	U2 Bodenqualität sicherstellen	– Bodenfunktionen werden erhalten. – Boden wird geschützt vor qualitativen Bodenbedrohungen (Verdichtung, Erosion und gravitative Massenbewegungen, Verlust an organischer Substanz, Verlust an Bodenbiodiversität, Kontamination, Versauerung/Eutrophierung, Versalzung, Überschwemmungen, Versiegelung).
	U3 Klimawandel vermeiden	– Als Beitrag zum Klimaschutz wird der Boden als CO_2-Speicher geschützt. – Klimawirksame Emissionen aus dem Boden werden minimiert oder vermieden.
Gesellschaftliche Solidarität	G1 Regionale, soziale und intergenerationelle Solidarität anstreben	– Sozialer Ausgleich: Die Bodennutzungen sind für alle sozialen Gruppen angemessen möglich. – Regionale Gerechtigkeit: Bodennutzung ist in allen Regionen der Schweiz angemessen möglich. – Solidarität zwischen den Generationen: Die Ressource Boden ist auch für kommende Generationen noch qualitativ und quantitativ genügend verfügbar. – Globale Solidarität: Die Aktivitäten der Schweiz (insbesondere Importe, Auslandinvestitionen) berücksichtigen die Ansprüche anderer Länder an ihren Boden.
	G2 Soziokulturelle Werte erhalten	– Die Bedeutung des Bodens für Kultur (z.B. traditionelle Landwirtschaft), Erholung und Tourismus (z.B. Landschaftsbild) bleibt erhalten.
	G3 Gesundheit der Menschen fördern und schützen	– Gesunde Nahrungsmittelproduktion bleibt möglich. – Gesundheitsrelevante Bedürfnisse (z.B. Ruhe, Erholung in der Landschaft) sind erfüllt.

Tabelle 2
Prozesseigenschaften einer nachhaltigen Bodenpolitik.

Dimension	Kriterium	Beschreibung
Prozesseigenschaften einer nachhaltigen Bodenpolitik	P1 Klarheit, Funktionsfähigkeit und Kohärenz der Strukturen und Prozesse sicherstellen	– Funktionsfähige und effiziente Institutionen und Prozesse – Klare Zuordnung von Rechten und Pflichten, insbesondere Nutzungs- und Schutzrechten – Leistungsfähige Mechanismen zur Konfliktlösung
	P2 Partizipation fördern	– Einbezug der relevanten Akteure – Ausreichende Mitwirkungsmöglichkeiten – Transparenz der Prozesse
	P3 Anpassungsfähigkeit erhalten	– Fähigkeit zum Lernen – Fähigkeit zu rascher und wirksamer Reaktion bei Veränderungen – Zugang zu Ressourcen, Technologien und Wissen

Das Zielsystem wirft viele Fragen auf, die sich im Rahmen der TS5 nicht beantwortet lassen: Inwieweit lassen sich die Ziele quantifizieren und mit Indikatoren unterlegen? Wie weit können diese Ziele gegeneinander abgewogen werden, und wo liegen die Grenzen der Belastbarkeit, insbesondere bei irreversiblen Verlusten ökologischer Funktionen? Ist es möglich, zweckmässig oder sogar dringend nötig, Zielwerte für die Bodenquantität und die Bodenqualität aufzustellen (Kap. 2.2): Wie viel Boden darf noch versiegelt werden, beziehungsweise wie viel Boden mit guter Qualität muss erhalten bleiben?

Wie bereits erwähnt, gibt es keine eindeutigen Hinweise darauf, wo solche Ziele liegen müssten. Längerfristig führt aber kein Weg daran vorbei, die Bodenversiegelung und die Zerstörung der ökologischen Bodenfunktionen zu bremsen und zu stoppen[1]. Die Frage ist, wie rasch und mit welchen Mitteln dies geschehen kann, ohne die ökonomischen und sozialen Ziele zu vernachlässigen, denn eine nachhaltige Bodenpolitik berücksichtigt alle Zieldimensionen.

3 Was wirkt auf den Boden ein?
Szenarien und Handlungsbedarf

3.1 Wirkungsmodell einer nachhaltigen Bodennutzung

Das Wirkungsmodell, das der TS5 als Denkmodell zugrunde liegt, stützt sich auf das Basiskonzept des NFP 68, das den Beitrag des Bodens zu den Ökosystemleistungen»in den Fokus rückt[2]. Es wird hier stark vereinfacht wiedergegeben. In der oberen Hälfte von Abbildung 7 zeigt es den Weg von der Bodenqualität und -quantität zum Nutzen für den Menschen, die Umwelt und die Wirtschaft. Wie ausgeführt, stehen bei der TS5 die Treiber und die politischen Massnahmen im Fokus (gelbes und blaues Feld). Diese beeinflussen die Boden- und Landnutzung (grünes Feld).

- Die Treiber erfahren Änderungen teilweise aufgrund exogener Faktoren (z. B. Bevölkerungswachstum), teilweise sind sie aber durch politische Massnahmen beeinflussbar (z. B. Art der Bodennutzung; internationale Handelspolitik). Je nach Änderungen der Treiber – später dargestellt in verschiedenen Szenarien (Kap. 3.2) – ändern sich die Nachfrage nach Boden, die Rahmenbedingungen für die Bodennutzung oder die Technik.

- Die Politik reagiert primär auf die effektiven oder zu erwartenden Veränderungen der Nutzen und der Werte: Werden ökonomische, gesellschaftliche oder ökologische Ziele nicht mehr erreicht, ruft dies nach einer politischen Antwort. Sie legt in verschiedenen Sektoren – insbesondere in der Land- und Forstwirtschaft oder der Raumplanung, aber auch in Politikbereichen wie Umwelt, Infrastruktur, Migration, Tourismus, Regionalpolitik – Massnahmen zur Optimierung der Bodennutzung fest, um so beispielsweise den Druck auf den Boden zu reduzieren. Relevant sind auch sektorübergreifende Aktivitäten der Politik, wie beispielsweise die internationale Kooperation, Information und Sensibilisierung. Eine der wichtigsten Herausforderungen ist es, Instrumente und Perspektiven der Raumplanung (zweidimensional) mit der qualitativen Bodenpolitik (dreidimensional) zu verbinden. (Auch Veränderungen in der Landnutzung oder bei den Treibern können politische Reaktionen auslösen, was vereinfachend in der Grafik weggelassen wurde.)

- Nur akzeptierte politische Massnahmen finden ihre Umsetzung in einem entsprechenden Instrument. Damit diese schliesslich wirken, müssen sie effektiv vollzogen werden. Wie die Akzeptanz und der Vollzug verschiedener Politiken auf verschiedenen Stufen des Politikzyklus (Ideensammlung, Entscheid, Implementierung/Vollzug, Evaluation) aussehen, ist ebenfalls Teil der TS5.

- Je nachdem, wo und wie die Akteure den Boden und das Land nutzen, entwickelt sich die Bodenqualität und verändert sich die Bodenquantität (brauner Kreis in Abb. 7ff). Dies bestimmt, wie der Boden seine Funktionen noch wahrnehmen kann und welche ÖSL er anbieten kann. Aus den ÖSL (braune Felder in Abb. 7ff) entsteht ein Nutzen beziehungsweise ein Wert für die Gesellschaft und die Wirtschaft. Eine Möglichkeit, solche Werte darzustellen, ist ein Zielsystem, wie in Kapitel 2.3 dargestellt.

3.2 Szenarien für die Nutzung der Ressource Boden

Ein Mangel der bisherigen Bodenpolitik besteht darin, dass zu wenig erkennbar ist, unter welchen Bedingungen bestimmte Ziele, beispielsweise die ökologischen Bodenziele, nicht mehr erfüllt sind. Im Gegensatz etwa zur Klimapolitik, wo Sze-

Abbildung 7
Wirkungsmodell und Denkmodell für die TS5.

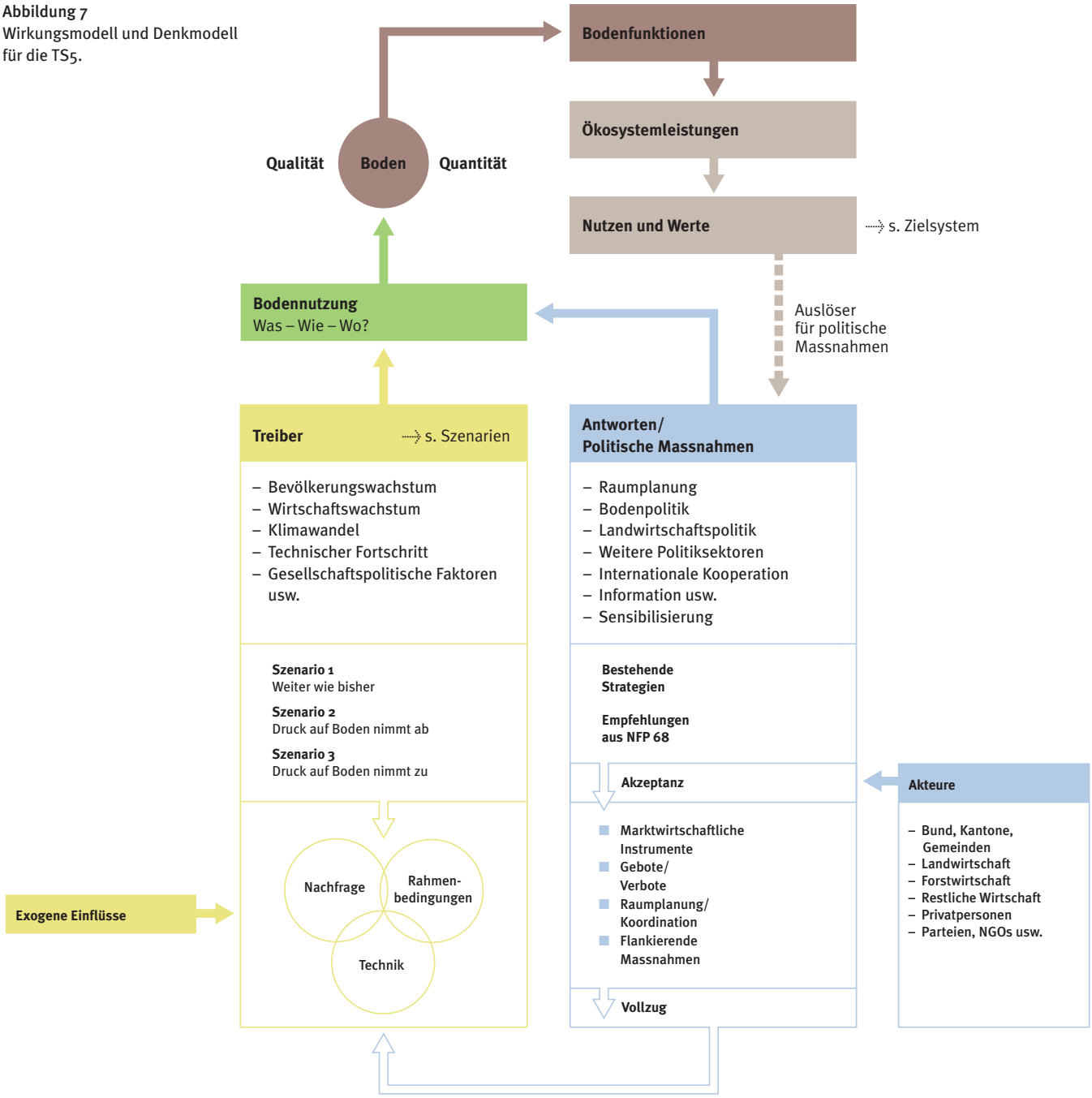
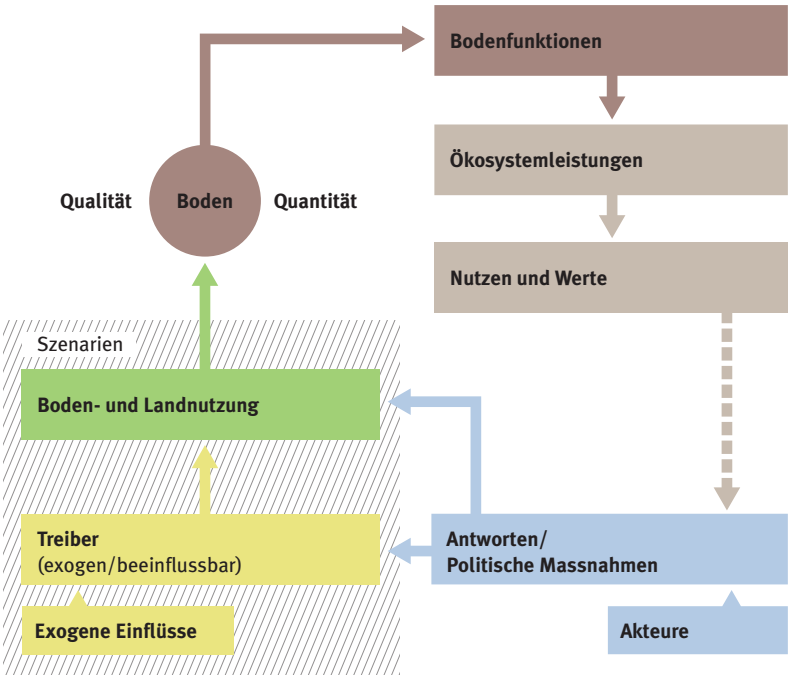


Abbildung 8
Einordnung der Szenarien im Wirkungsmodell.



narien, Zielwerte und der Handlungsbedarf klar ausgewiesen werden, fehlen diese Grundlagen in der Bodenpolitik ganz oder teilweise. Im Rahmen der TS5 ist es nicht möglich, umfassende quantitative Szenarien zu erstellen. Als Denkgerüst werden qualitativ die folgenden drei Szenarien zur künftigen Bodennutzung betrachtet:

(Referenz-)Szenario 1
«Weiter wie bisher»
Szenario 2
«Druck auf Boden nimmt weniger stark zu»
Szenario 3
«Druck auf Boden nimmt stärker zu»

Die Szenarien werden in Tabelle 3 vorgestellt. In einigen Aspekten wurden grobe Quantifizierungen als Illustration verwendet, die Szenarien bleiben aber illustrativ und beruhen nicht auf Modellrechnungen. Sie sollen zeigen, welche Treiber und exogenen Einflüsse die Bodennutzung wie beeinflussen und wo der Druck auf den Boden zu- respektive abnimmt (Abb. 8, oben). Aufgrund der Szenarien könnte abgeschätzt werden, welche Massnahmen notwendig sind, um bestimmte Ziele zu erreichen (Backcasting).

3.3 Ziellücken und Handlungsbedarf

Die drei Szenarien (Tab. 3, S. 26–27) zeigen, wie sich die Bodennutzung aufgrund der Entwicklung verschiedener Treiber künftig ändern könnte und dadurch der Druck auf den Boden weniger stark oder stärker zunimmt. Sie zeigen, dass es keineswegs nur die Bodenpolitik im engen Sinne ist, die über die künftigen Entwicklungen entscheidet, sondern viele weitere, zum Teil schwer beeinflussbare Faktoren

eine Rolle spielen. Gerade die Darstellung dieser Faktoren verdeutlicht die Komplexität der Bodenfrage, selbst wenn die Faktoren nur zum Teil quantitativ unterfüttert sind.

Zudem machen die drei Szenarien Zielkonflikte sichtbar: Szenario 2 erzielt ökologische Verbesserungen, die mit wirtschaftlichen Einbussen einhergehen; Szenario 3 führt dank einer stark wirtschaftlich orientierten Nutzung zu hohen ökologischen Belastungen. Das Szenario 1 liegt dazwischen.

Zentrales Ergebnis dieser Überlegungen: Bodenqualität und -quantität sind selbst bei geringem Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum und bei reduzierter Klimaerwärmung unter Druck. In keinem der drei Szenarien zeigen sich Entwicklungen, die den Druck auf den Boden vollständig aufheben. Es besteht also auf jeden Fall – auch bei einer «bodenfreundlichen» Entwicklung der Rahmenbedingungen – dringender Handlungsbedarf [1].

Im Gegensatz zu anderen Politikbereichen wie der Klima- oder der Energiepolitik fehlen für den Boden bis heute konsistente und quantitativ abgestützte Szenarien, die den Handlungsbedarf für die Politik aufzeigen. Modelle dieser Art zu erstellen, wäre aufgrund der komplexen und ineinander wirkenden Bodeneigenschaften und der regionalen Unterschiede sehr schwierig. Das NFP 68-Projekt ZERSIEDELUNG zeigt aber entsprechende Ansätze auf (Kasten unten). Um den Handlungsbedarf für die Politik klarer abschätzen und deutlicher aufzeigen zu können, wäre es wertvoll, diese weiterzuentwickeln.

NFP 68-Projekt ZERSIEDELUNG

¨Wichtige Bausteine für «Bodenszenarien», wie sie hier gefordert sind, liefert das NFP 68-Projekt ZERSIEDELUNG. Es modelliert Szenarien für die Zersiedelung im Jahr 2035 unter der Betrachtung des Bevölkerungswachstums, der beanspruchten Fläche pro Einwohner, des Bedarfs an Landwirtschaftsfläche, der Interventionsstärke sowie des Grades der Regionalisierung. Bezüglich der Interventionsstärke unterscheidet das Projekt, ob oberhalb von 900 m ü. M. Waldeinwuchs stattfinden darf oder nicht und ob Kulturland nur innerhalb der Bauzone überbaut werden darf oder auch ausserhalb. Bei einer starken Regionalisierung konzentriert sich das Siedlungswachstum stärker auf regionale Zentren und Dörfer und weniger auf urbane Gebiete.

Würde die Bodennutzung wie bisher fortgesetzt, wüchse das Siedlungsgebiet bis 2035 um 23,4 Prozent, die Waldfläche um 3,1 Prozent, während die intensiv genutzte Landwirtschaftsfläche um 10 Prozent und das Weideland um 3 Prozent abnähme [24].

Zudem identifiziert das Projekt die wichtigsten Treiber der Zersiedelung, das heisst:

- Verkehrsanbindung
- Mobilität (als Pendleranteil an der Bevölkerung)
- Wohlstand der Gemeinden

Das Projekt beschränkte sich auf die Betrachtung der Zersiedelung und der Landnutzung. Die drei Szenarien der TS5 betrachten die Bodenqualität und Bodennutzung dagegen umfassend.

Tabelle 3
Szenarien für die Nutzung der Ressource Boden: wichtigste Eckwerte [24–27].

* NFP 68-Projekt ZERSIEDELUNG
** Das Projekt zeigt: In wohlhabenderen Gemeinden ist der Zersiedelungsgrad grösser, was tendenziell den Druck auf den Boden erhöht. Ein höheres BIP pro Kopf würde somit die Nachfrage nach Flächen ebenfalls erhöhen.

Wichtige Einflussfaktoren	Wirkung auf Bodennutzung
Bevölkerungsentwicklung: Von 2015 bis 2035 gemäss BFS-Bevölkerungsszenarien [28]	Wachsende Bevölkerung erhöht Bedarf an: – Wohn- und Arbeitsraum – Fläche für Mobilität – Fläche für Lebensmittelproduktion (oder für Importe)
Wirtschaftswachstum	Wirtschaftswachstum erhöht Bedarf an: – Wohn- und Arbeitsraum ** – Flächen für Freizeitnutzungen sowie Mobilität
Klimawandel und Naturgefahren: Szenario ohne Intervention A1B und A2 sowie Stabilisierungsszenario RCP3PD gemäss Swiss Climate Change Scenarios CH2011 [29]	Wirkung des Klimawandels auf Bodenqualität (gemäss Klimastrategie): – Zunahme der Erosion – Abnehmende Hangstabilität – Abnahme der Bodenfeuchte – Humusabbau, -zusammensetzung und Bodenmineralien – Veränderung der CO_2-Speicherfähigkeit
Technischer Fortschritt	Technischer Fortschritt ermöglicht innovative Lösungen, z.B. in der Bodenbewirtschaftung.
Gesellschaftspolitische Faktoren	
Bewusstsein für knappe Ressource Boden	Bessere Information kann das Bewusstsein für die Bedeutung der Ressource Boden und damit u.U. deren Stellenwert in politischen und privaten Entscheiden erhöhen.
Verkehrsanbindung (allenfalls Verkehrsperspektiven einbeziehen)	Eine gute Verkehrsanbindung gilt als Treiber für die Zersiedelung *, hingegen dämpft eine reduzierte bzw. verteuerte Erschliessung insbesondere des motorisierten Individualverkehrs (MIV) die Zersiedelung.
Wohn- und Arbeitsplatzstrukturen (Verdichtung vs. Zersiedelung)	Werden für Wohnräume und Arbeitsplätze zentrale Standorte bevorzugt, findet das Wirtschafts- und Siedlungswachstum fokussiert in Städten statt → eher Verdichtung statt Zersiedelung * → Bodenverlust quantitativ geringer.
Ernährungsverhalten	Ein höherer Pro-Kopf-Konsum und Fokus auf Fleisch- und Milchprodukte sowie eine Regionalisierung in der Ernährung erhöhen den Bedarf an Landwirtschaftsfläche [31].
Soziale und demografische Strukturen, die den Wohnflächenbedarf pro Kopf ändern	u.a. mehr Singlehaushalte, ältere Bevölkerung → höherer Wohnflächenverbrauch pro Kopf
Internationale Faktoren	
Internationale Handelspolitik/ Globalisierung	Öffnung der Märkte ermöglicht, Nahrungsmittel im Ausland zu kaufen → in der Schweiz wird weniger Land für Produktion beansprucht, gleichzeitig erhöht sich aber der Druck auf die Landwirtschaft, sodass diese tendenziell extensivere Bewirtschaftungsformen wählt.
Migrationspolitik	Öffnung der Arbeitsmärkte → stärkere Zuwanderung → braucht mehr Wohnraum → Bevölkerungswachstum, andere Ansprüche an Ernährung [31]

	Referenzszenario 1: «Weiter wie bisher»	**Szenario 2:** «Druck auf Boden nimmt weniger stark zu»	**Szenario 3:** «Druck auf Boden nimmt stärker zu»
	Mittleres Wachstum: + 18,2 % auf 9,9 Mio. Einwohner	Mittleres Wachstum: + 11,5 % auf 9,3 Mio. Einwohner	Hohes Wachstum: + 25,2 % auf 10,5 Mio. Einwohner
	Schweizer Wirtschaft wächst wie bisher.	Schweizer Wirtschaft wächst geringer oder schrumpft.	Schweizer Wirtschaft wächst stark.
	Zunahme der Veränderungen gemäss «Szenario ohne Intervention A1B» (Erwärmung bis Ende 21. Jh. um 2,7 bis 4,1 °C, häufigere und stärkere Naturkatastrophen, mittelfristig Abnahme der Niederschläge um 18 bis 24 %)	Geringere Zunahme der Veränderungen gemäss «Stabilisierungsszenario» (Emissionen werden bis 2050 um 50 % reduziert: Erwärmung bis Ende 21. Jh. um 1,2 bis 1,8 °C, mittelfristig Abnahme der Niederschläge um 10 %)	Zunahme der Veränderungen (etwas stärker als A1B) gemäss «Szenario ohne Intervention A2» (Erwärmung bis Ende 21. Jh. um 3,2 bis 4,8 °C, häufigere und stärkere Naturkatastrophen, mittelfristig Abnahme der Niederschläge um 21 bis 28 %)
	Technischer Fortschritt trägt zur Überwindung von Ressourcenknappheit bei.	Technischer Fortschritt wird stark gefördert und trägt bedeutend zur Problemlösung bei.	Technischer Fortschritt vermag nicht wesentlich zur Problemlösung beizutragen.
	Bewusstsein für Stellenwert von Boden bleibt konstant.	Bewusstsein stark ausgebaut in Politik und Bevölkerung	Interesse an Ressource Boden abnehmend, kurzfristige wirtschaftliche Interessen dominieren.
	Konstante Verkehrsanbindung insbesondere ländlicher Regionen, leicht zunehmende Mobilität	Reduzierte Zunahme der Verkehrsanbindung, gedämpftes Mobilitätswachstum	Verkehrsanbindung stark zunehmend, Mobilität nimmt stark zu.
	Leichte Urbanisierung/nachhaltig (gemäss Verkehrsperspektiven 2040 «Balance» [30])	Akzentuierte Urbanisierung: gemäss Verkehrsperspektiven 2040 «Fokus» [30]	Keine Urbanisierung, sondern Zersiedelung: gemäss Verkehrsperspektiven 2040 «Sprawl» [30]
	Leichte Zunahme des Pro-Kopf-Konsums, Tendenz hin zu fleischloser und regionaler Ernährung	Keine Zunahme des Pro-Kopf-Konsums, vegetarische Ernährung als Standard	Zunahme des Pro-Kopf-Konsums und ansteigender Fleisch- und Milchkonsum
	Flächenverbrauchsfördernde Faktoren nehmen leicht zu.	Flächenverbrauchsfördernde Faktoren nehmen leicht ab.	Flächenverbrauchsfördernde Faktoren nehmen stark zu.
	Liberalisierung wie bisher	Weitere Liberalisierung	Schliessung der Märkte und zunehmende Regionalisierung
	Stetige Zuwanderung	Zuwanderung geht zurück	Massiv zunehmende Zuwanderung

4 Wo kann die Politik Einfluss nehmen?
Handlungsfelder und Massnahmen

4.1 Überblick über die aktuelle Politik und ihre Handlungsfelder (HF)

Dieses Kapitel bietet einen kurzen Überblick über die aktuellen Strategien und Massnahmen mit Bezug zur Bodennutzung. Grundsätzlich lassen sich folgende Politikfelder unterscheiden:

Politiken zur Steuerung von Bodennutzungen und deren Bodenbelastungen
- Sektorenübergreifende und koordinative Politiken wie Raumordnungspolitik, Klima- und Klimaanpassungspolitik usw.
- Landwirtschafts- und Forstwirtschaftspolitik
- Siedlungsentwicklung und Raumplanung
- Bodenrelevante Sektoralpolitiken wie Verkehrs-, Energie-, Tourismus-, Regional- oder Migrationspolitik

Politiken zur Steuerung der qualitativen Bodenbelastungen («klassischer Bodenschutz»)
- Regulierung von Emissionen aus unterschiedlichen Nutzungsarten (oft auch verflochten mit den oben erwähnten Sektoralpolitiken, z. B. in der Landwirtschaft)
- Regulierung von Belastungen (Immissionen) und Umgang mit belasteten Böden

Grundlagen und flankierende Massnahmen
- Bodeninformation: Daten und Modelle
- Informations- und Sensibilisierungsmassnahmen

Internationale Kooperation

Aufbauend auf dieser Gliederung werden nachfolgend Massnahmenvorschläge aus dem NFP 68 und darüber hinaus dargestellt. Ausgangspunkt bilden die heutigen Ansätze der Bodenpolitik in der Schweiz, die vorab kurz zusammengefasst werden[32].

Die Schweiz verfügt derzeit über keine umfassende Bodenpolitik und auch über kein Bodenschutzgesetz, das den quantitativen und qualitativen Bodenschutz aus gesamtheitlicher Sicht angeht[7]. Der quantitative Schutz des Bodens wird hauptsächlich durch das Raumplanungsrecht, der qualitative Bodenschutz vorwiegend im Umweltschutzgesetz (USG) geregelt. Dort sind nebst den Bestimmungen zum Umgang mit Bodenbelastungen (Art. 33–35) insbesondere Schutzbestimmungen zu finden, beispielsweise in den Bereichen Abfall und Luftreinhaltung. Weiter formulieren das Waldgesetz (WaG), das Landwirtschaftsgesetz (LwG), das Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) und die Gesetzgebungen über Jagd und Fischerei Grundsätze zum Schutz des Bodens als natürlicher Ressource und Lebensgrundlage. Darüber hinaus befassen sich zahlreiche Regelungen direkt oder indirekt mit dem Boden und den Bodenbelastungen, beispielsweise Regelungen im Gewässerschutz oder im Chemikalienrecht[33], aber auch verschiedene, allerdings lückenhafte Bestimmungen zu Nutzungen im Untergrund[34, 35].

Eine systematische Verknüpfung zwischen dem quantitativen und dem qualitativen Bodenschutz fehlt in der Schweiz jedoch bisher weitgehend, das heisst, der quantitative Bodenschutz beziehungsweise die Raumplanung berücksichtigen die unterschiedlichen Bodenqualitäten nicht konsequent. Zumindest erwähnen aber Raumplanungsgesetz (RPG) und -verordnung (RPV) den Schutz des Bodens und seiner ökologischen Funktionen (u.a. Art. 1 Abs. 2 RPG). Auch ist der Schutz der FFF (Art. 1 Abs. 2 und Art. 15 Abs. 2 RPG) zumindest ein Ansatzpunkt für die Verknüpfung von quantitativem und qualitativem Schutz[1].

Abbildung 9
Ausgewählte bodenrelevante Strategien und Reformprojekte des Bundes[33].

- Sektorenübergreifend
- Boden
- Raumordnung
- Wald
- Landwirtschaft

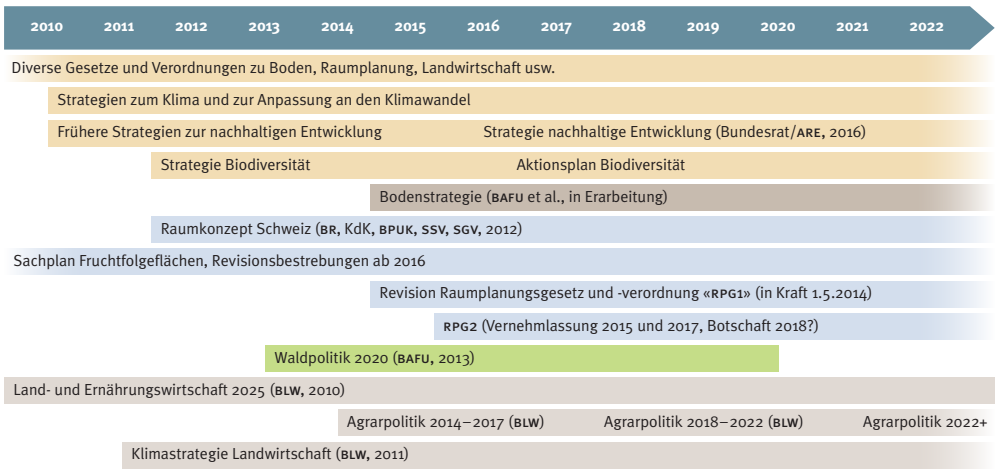


Abbildung 10
Handlungsfelder für politische Massnahmen.

Die Abbildung zeigt die Struktur der Handlungsfelder (HF) für eine nachhaltige Bodennutzung der TS5. Daraus wird ersichtlich, dass sowohl Flächennutzungen als auch die qualitative Dimension behandelt werden. Mit Pfeilen angedeutet sind die bodenbelastenden Emissionen beziehungsweise Immissionen, die direkt von bestimmten Nutzungen ausgehen, aber auch indirekt über Luft und Wasser wirken können. Als Querschnittthemen dargestellt sind das Handlungsfeld 7 «Grundlagen und flankierende Massnahmen» (Bodeninformation, Sensibilisierung, Forschung).

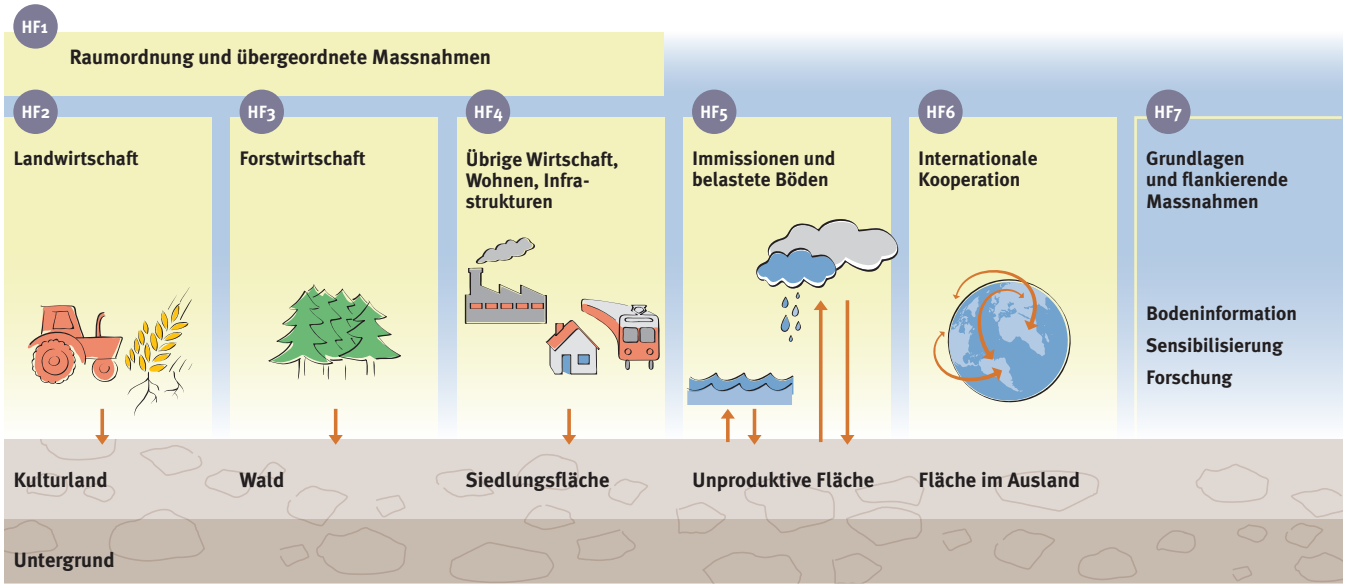
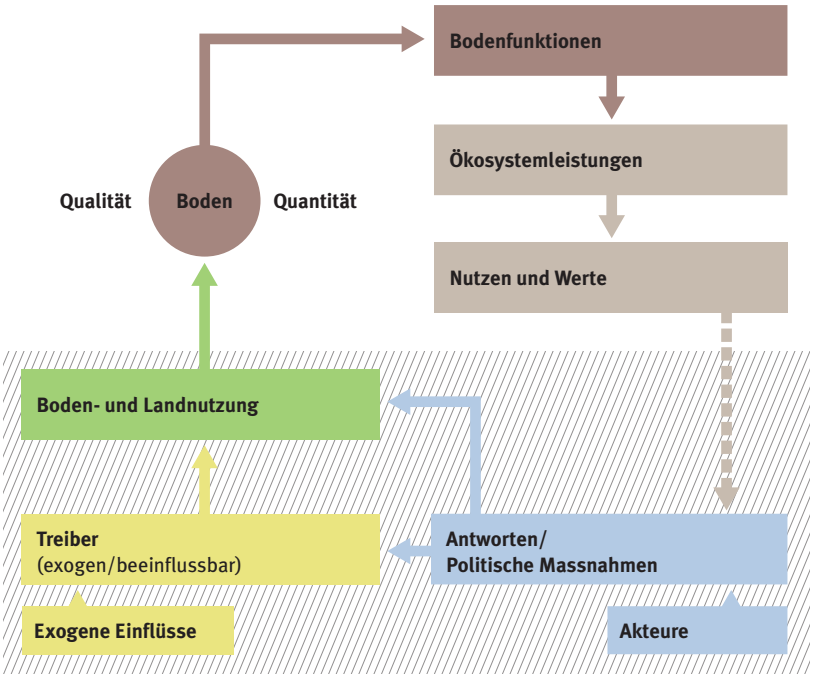


Abbildung 11
Herleitung der Massnahmen: Fokus im Wirkungsmodell.



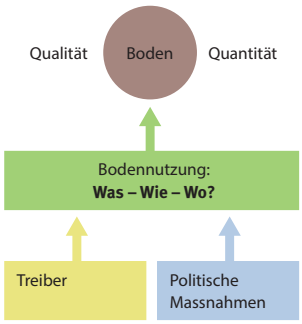
Verschiedene aktuelle Strategien des Bundes entwickeln die bodenrelevante Politik weiter[33]. Abbildung 9 stellt ausgewählte Strategien in einer Zeitachse dar. TS3 behandelt ausführlich die aktuelle Politik im Bereich der Raumplanung und Raumentwicklung. Zum qualitativen Bodenschutz geben der erste Zwischenbericht der Bodenstrategie sowie das BAFU auf seiner Internetseite einen Überblick[7, 36].

Nachfolgend sind politische Massnahmen zusammengestellt, die die Bodenqualität und -quantität langfristig sicherstellen sollen. Pro Handlungsfeld wird jeweils aufgeführt, welche Treiber und welche bestehenden politischen Massnahmen spezifisch auf die entsprechende Bodennutzung wirken. Basierend darauf können Herausforderungen für die Sicherstellung der Bodenqualität und -quantität abgeleitet werden. Für diese werden anschliessend Massnahmen identifiziert. Das Vorgehen orientiert sich am skizzierten Wirkungsmodell (Kap. 3.1, S. 22).

Grundlage für die aufgeführten Massnahmen sind Ergebnisse der verschiedenen NFP 68-Projekte und der anderen vier TS (nachfolgend in separaten Kästen). Zudem sind Elemente aus einer Entwurfsversion des BAFU für die Stossrichtungen für den nachhaltigen Umgang mit dem Boden[7] sowie weiterer relevanter Publikationen eingeflossen. Die Handlungsempfehlungen am Ende jedes Handlungsfeldes fassen die wichtigsten Massnahmen zusammen.

4.2 HF1: Raumordnung und übergeordnete Massnahmen

Abbildung 12
Handlungsfeld 1
im Wirkungsmodell-Ausschnitt.



Besonders relevante Treiber
- Bevölkerungswachstum
- Wirtschaftswachstum: wachsende Nutzungsansprüche

Besonders relevante politische Massnahmen
- Raumplanung, z.B. Sachpläne, Richtpläne, Revision Raumplanungsgesetz

Wichtigste Herausforderungen
- Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsflächen und Bodenverlust durch Versiegelung
- Räumlich ungeeignete Zuordnung der Siedlungsflächen
- Einbezug der Bodenqualität

«Raumordnung» ist zu verstehen als die Koordination aller raumwirksamen Aktivitäten und Ansprüche. Es geht also um die Frage, wo welche Nutzungen künftig Flächen beanspruchen sollen. Die Raumordnung ist somit ein Handlungsfeld, das den Bodenschutz grundlegend und im Sinne der übergeordneten Steuerung betrifft: Aus Sicht des Bodenschutzes geht es dabei nicht nur um die Inanspruchnahme von Flächen, sondern auch um den Schutz der Bodenqualität im Sinne der Erhaltung seiner wichtigen Funktionen: Boden von hoher Qualität soll geschont werden und möglichst unversiegelt bleiben. Dazu muss die Bodenqualität vermehrt in Abwägungs- und Steuerungsprozesse der Raumplanung einfliessen. Viele Bauzonen finden sich heute nicht allein aus raumplanerischer Sicht in unzweckmässigen Lagen (z.B. nicht in der Nähe einer guten ÖV-Erschliessung), es wird bei ihrer Festlegung auch kaum Rücksicht auf die Bodenqualität genommen.

«Bodenqualität in die Raumplanung einbringen» ist demnach als eines der wichtigsten Ziele des Handlungsfeldes 1 – und des NFP 68 generell – zu verstehen und ist in allen weiteren Massnahmen wiederzufinden. Gemeint ist, dass in der Raumplanung Boden sowohl als Träger von Bauten verstanden wird als auch als Erbringer von Bodenfunktionen wie der Produktionsfunktion oder der Regulierungsfunktion (Kap. 2.1). Über diese Funktionen erbringt der Boden für die Menschen Ökosystemleistungen (ÖSL) wie Erholung, gesunde Ernährung oder Schutz vor Hochwasser. Qualitativ guter Boden ist also ein Boden, der wichtige Bodenfunktionen erfüllt und bedeutende ÖSL erbringt. Das Ziel, die Bodenqualität in die Raumplanung einzubringen, stellt eine besonders grosse Herausforderung dar, weil die Raumplanung bereits in ihrer traditionellen, flächenbezogenen Koordinations- und Schutzaufgabe unter starkem Druck steht, den zahlreichen, vielfältigen und zunehmenden Nutzungsansprüchen gerecht zu werden.

4.2.1 Eindämmung des Bodenverlustes

a) Überblick

Die Siedlungsfläche der Schweiz hat sich in den letzten Jahrzehnten stark ausgedehnt (Kap. 2.1). Zwischen 1985 und 2009 hat sie pro Einwohner und Arbeitsplatz um 6,5 Prozent zugenommen[3]. Zwar geht das Siedlungswachstum zumindest in der Westschweiz zurück, es bleibt aber auf einem hohen Niveau[5]. 60 Prozent der Flächen in Siedlungsgebieten sind versiegelt und haben keine ökologischen Bodenfunktionen mehr. Ein primäres Ziel muss es deshalb sein, das Siedlungswachstum zu bremsen, um so den qualitativen und quantitativen Bodenverlust einzudämmen.

Bereits heute werden auf verschiedenen Staatsebenen zahlreiche raumplanerische Instrumente eingesetzt. Die NFP 68-Projekte haben weiterführende Politikinstrumente erarbeitet und untersucht. Von Interesse sind insbesondere diejenigen Instrumente, die eine bessere Wirkung erzeugen als die bisherigen und die zugleich im politischen Prozess auf Akzeptanz stossen. Aus einer breiten Auswahl von Vorschlägen erweist sich kein einzelnes als «First-Best»-Instrument[37]. Notwendig ist vielmehr eine Mischung bereits vorhandener – teilweise optimierter – und neuer Instrumente.

Unerlässlich für die Reduktion des Siedlungswachstums bleibt die Innenentwicklung. Dazu braucht es unter anderem ein gutes Flächenmanagement der Kantone und Gemeinden. Deren Bemühungen müssen durch Forschung, Verbreitung guter Beispiele und wo nötig auch Anpassung der Rechtsgrundlagen unterstützt werden[1].

Vorschläge für neue Instrumente aus NFP 68-Projekten

Das NFP 68-Projekt LASTENAUSGLEICH präsentiert in Zusammenarbeit mit sanu durabilitas einen Überblick über denkbare Instrumente, die insbesondere im Rahmen der Raumplanung eingesetzt werden können[37, 38].

Als «Instrumente erster Wahl» identifizieren sie folgende Instrumente:

- Bodenindexpunkte (BI) analog zum Bodenschutzkonzept in Stuttgart (Exkurs, S. 35)[1].
- Bestandsschutz für fruchtbaren und ökologisch wertvollen Boden: Mit diesem hoheitlichen planerischen Instrument, das Boden mit hoher Bodenqualität von Einzonungen ausnimmt, wird gewährleistet, dass dieser in seinem Gesamtbestand erhalten bleibt.
- Finanzausgleich bei Siedlungsausweitungsverzicht: Ein Verzicht auf eine Ausweitung der Siedlung wird im Rahmen eines innerkantonalen Finanzausgleichs berücksichtigt beziehungsweise abgegolten.
- Funktionalräumliche Organisation mit parallelen Planungskompetenzen: Die Siedlungsplanung (Richt- und Nutzungsplanung) wird auf der Ebene der Agglomerationen parallel zu den Gemeinden erstellt.

Im NFP 68-Projekt POLITIKINSTRUMENTE stehen drei neue Instrumente im Fokus, deren Effekte und deren Akzeptanz untersucht wurden:

- Flächennutzungsabgabe mit Berücksichtigung der Bodenqualität und der Zersiedelung.
- Kontingentierung der Bodenindexpunkte: Der maximale Verbrauch von Bodenindexpunkten wird festgelegt, ebenfalls analog zum Bodenschutzkonzept in Stuttgart.
- Kontingentierung der Böden mit guter Qualität: Gute Böden mit einem hohen Bodenindex werden identifiziert. Davon darf nur noch ein bestimmter Anteil eingezont beziehungsweise bebaut werden.

Das NFP 68-Projekt ENTSCHEIDUNGSPLATTFORM hat mithilfe von Szenarien untersucht, welchen Effekt der Einbezug der ÖSL und der Bodenfunktionen in die Raumplanung hätte. Die Ergebnisse zeigen, dass die Ressource Boden dadurch grundsätzlich besser geschützt werden könnte. Im Studiengebiet zwischen Uster sowie Pfäffiker- und Zürichsee unterscheiden sich die meisten Böden bezüglich ihrer Bodenfunktionen aber nur gering, weshalb der Einbezug der Bodenfunktionen nur einen kleinen Effekt hat. Hingegen variieren die ÖSL und dabei insbesondere die Erholungsleistungen (z.B. Raum für Spiel, Sport und Bewegung in der Natur) stärker, sodass deren Einbezug eine grössere Auswirkung auf raumplanerische Entscheide hat. In den Modellen zählen insbesondere diejenigen Landwirtschaftsbetriebe zu den Verlierern, die Flächen mit geringem Potenzial an ÖSL bewirtschaften, weil diese im Szenario bevorzugt versiegelt werden. In den meisten Fällen sind dies aber landwirtschaftlich nicht die besten Böden, denn die Modellierung berücksichtigt die Produktionsleistung als ÖSL.

Insgesamt haben die NFP 68-Projekte interessante und teilweise innovative Instrumente entwickelt. Speziell erwähnenswert ist das Handbuch über die Politikinstrumente, das aus dem NFP 68-Projekt LASTENAUSGLEICH in Zusammenarbeit mit sanu durabilitas entstanden ist[38]. Es umfasst Faktenblätter zu zahlreichen Instrumenten, die für die Praxis erklären, wie die Instrumente eingesetzt werden können, was die Vor- und Nachteile sind und wie sie wirken. Wertvoll sind aber auch die neu lancierten Diskussionen zu Instrumenten, die die Bodenqualität in die Raumplanung integrieren sollen, oder die Forschung zu den bereits etablierten Instrumenten der Mehrwertabschöpfung und der Flur- und Raumplanungsgenossenschaften.

b) Raumplanungsinstrumente prüfen, die die Bodenqualität berücksichtigen

Ein wichtiges Ziel des Bodenschutzes ist, dass prioritär der Verlust an Böden mit hoher Bodenqualität eingedämmt wird. Drei Instrumente, die die Bodenqualität in die Raumplanung integrieren, wurden von den NFP 68-Projekten LASTENAUSGLEICH und POLITIKINSTRUMENTE genauer analysiert (Kasten, S. 32).

▪ Bodennutzungsabgabe

Die Bodennutzungsabgabe ist ein marktwirtschaftliches, anreizorientiertes Instrument. Für das Überbauen einer Fläche wird eine einmalige Abgabe fällig, wobei die Abgabehöhe nicht nur von der Fläche, sondern auch von der Bodenqualität der

Mehrwertabgabe: begrenzte Unterstützung für Auszonungen

Grundstücke, die von den Gemeinden neu als Bauland eingezont werden, gewinnen stark an Wert. Das Instrument der Mehrwertabgabe verpflichtet Grundstückbesitzer, einen Teil des Wertzuwachses abzugeben. Mit der ersten Teilrevision des Raumplanungsgesetzes (RPG 1) wurden die Kantone verpflichtet, eine Mehrwertabschöpfung im Umfang von mindestens 20 Prozent einzuführen. Das NFP 68-Projekt LASTENAUSGLEICH befasst sich in einer Fallstudie mit der für die Gemeinden freiwilligen vertraglichen Mehrwertabgabe im Kanton Bern, wie sie noch vor der Umsetzung des RPG 1 angewendet wurde. Viele Gemeinden hatten die Mehrwertabgabe nicht eingeführt, weil sie diese als Entwicklungshindernis wahrgenommen hatten. Die Fallstudie weist für die künftige Umsetzung der Mehrwertabgabe auf zwei Probleme hin: Einerseits kann die Mehrwertabgabe zwar Planungsmehrwerte und damit Gewinne aus Einzonungen abschöpfen, sie kann aber keine direkte Unterstützung bei Auszonungen leisten. Sind andererseits die Bauzonen zu gross, erfolgen kaum Neueinzonungen. Entsprechend fallen auch keine Mehrwertabgaben an. Ihr Beitrag zur Finanzierung von Entschädigungen bei Auszonungen ist damit sehr begrenzt. Falls überhaupt Entschädigungen fällig werden, treffen diese meist nicht diejenigen Gemeinden, bei denen die Einnahmen anfallen. Zu diskutieren wären daher Ausgleichsmechanismen über die Gemeindegrenzen hinweg oder via Kanton und andere Motivationsinstrumente für Auszonungen[39, 40].

Innovatives Instrument: Flur- und Raumplanungsgenossenschaften im Kanton Waadt

Das NFP 68-Projekt LASTENAUSGLEICH befasste sich mit dem in Entstehung begriffenen Instrument der Flur- und Raumplanungsgenossenschaften mehrerer Standorte im Kanton Waadt. Dieses Instrument erweist sich insofern als vielversprechend, als die Baurechte überdimensionierter Bauzonen aus periurbanen Gemeinden abgezogen und in Agglomerationen verlagert werden könnten, um dort geeignete Gebiete verdichtet zu bebauen. Als Empfehlungen zu einer bestmöglichen Ausgestaltung empfiehlt das Projekt unter anderem bereits, dass nur eine beschränkte Anzahl von Landbesitzern involviert werden.

überbauten Fläche abhängig ist: je höher die Qualität, desto höher die Abgabe. Damit wird ein finanzieller Anreiz geschaffen, die Überbauung qualitativ hochwertiger Flächen zu vermeiden.

Kontingentierung der Bodenindexpunkte

Wie im Bodenschutzkonzept in Stuttgart (Exkurs, S. 35) wird das Gesamtkapital an Bodenqualität (z.B. über Bodenindexpunkte) berechnet. Anschliessend wird ein Kontingent an Bodenindexpunkten festgelegt, das künftig noch verbraucht werden darf. Zusätzlich könnten die Kontingente verteilt werden, sodass diese gehandelt werden könnten.

In einer Simulation im Rahmen der NFP 68-Projekte LASTENAUSGLEICH und POLITIKINSTRUMENTE hat sich die Kontingentierung der Bodenindexpunkte als wirksam erwiesen: So kann eine hohe Bodenqualität über einen längeren Zeitraum erhalten werden. Da die Überbauung von Böden mit hoher Qualität einen zu grossen Anteil des Kontingentes beanspruchen würde, erhöht sich der Anreiz zur Innenentwicklung, und neue Bauten fokussieren sich auf vergleichsweise schlechtere Böden. Allerdings besteht die Gefahr, dass den Kantonen oder den Gemeinden neue Indexpunkte zugewiesen werden, wenn sie aufgebraucht sind. Um dies zu vermeiden, schlägt die TS3 vor, einen allgemeingültigen, schweizweiten Grenzwert für den Verbrauch an Bodenqualität festzulegen [1].

In einer globalen Betrachtungsweise bleibt das Problem jedoch bestehen: Eine Begrenzung des schweizerischen Bodenverbrauchs schützt noch nicht vor dem Bodenverbrauch im Ausland, der tendenziell zunehmen wird, wenn in der Schweiz der Verbrauch an Boden erschwert beziehungsweise verteuert wird.

SP FFF plus

Erweiterung des SP FFF auf Flächen mit hoher Multifunktionalität, das heisst mit umfassend guter Bodenqualität (NFP 68-Projekte LASTENAUSGLEICH und POLITIKINSTRUMENTE): Grundsätzlich werden mit dem SP FFF plus die besten Böden identifiziert, und es wird ein Mindestumfang der zu erhaltenden «guten Böden» festgelegt. Der heutige SP FFF bezeichnet Böden mit einem hohen landwirtschaftlichen Produktionspotenzial als FFF. Mit dem SP FFF plus sollen künftig nebst der Produktionsfunktion des Bodens weitere Bodenfunktionen, also auch die Regulierungsfunktion und die Lebensraumfunktion, oder sogar ÖSL (Erholungsleistung, Produktionsleistung usw.) massgebend sein, um «gute Böden» zu identifizieren.

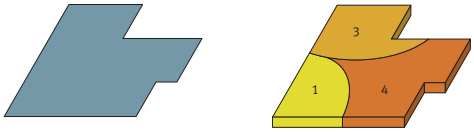
Im Gegensatz zur Kontingentierung der Bodenindexpunkte wäre es mit einem SP FFF plus nicht möglich, den Verlust guter Böden durch den Erhalt weniger guter Böden aufzuwiegen. Eine erste Simulation hat gezeigt, dass aus quantitativer Perspektive das Instrument im Vergleich zum heutigen SP FFF nicht zu einem deutlich besseren Schutz der landwirtschaftlichen Bodenqualität führt [41]. Dieses Ergebnis ist nicht ganz überraschend, da viele der besten Ackerböden tiefgründig und fruchtbar sind und einen sehr guten Wasserhaushalt aufweisen, aber bereits als FFF geschützt werden. Der Schutz der FFF bedeutet somit in vielen Fällen auch den Schutz weiterer wichtiger Bodenfunktionen. Dies gilt aber nicht generell: Beispielsweise beeinträchtigt intensive landwirtschaftliche Produktion teilweise die Lebensraumfunktion. In diesen Fällen würde das skizzierte multifunktionale Schutzkonzept mit dem SP FFF plus Vorteile bringen.

Die Instrumente könnten anstatt flächendeckend auch bloss in einem eingeschränkten Perimeter eingesetzt werden. In Stuttgart ist die Kontingentierung der Bodenindexpunkte beispielsweise auf das Gebiet der Stadt Stuttgart beschränkt. Damit verbunden sind aber andere Herausforderungen: Grosse Bauvorhaben können beispielsweise an die Stadtgrenze verlagert werden, wo die Kontingentierung nicht mehr gilt. Die gleiche Gefahr besteht, wenn die Bodenqualität lediglich in einer einzelnen Gemeinde oder einem einzelnen Kanton kontingentiert wird. Trotzdem könnten die besprochenen Instrumente versuchshalber eingesetzt werden.

Einige NFP 68-Projekte diskutieren die Effektivität politischer Instrumente (Kasten, S. 36). Bei der konkreten Ausgestaltung und Auswahl der zu verwendenden

Exkurs
Bodenschutzkonzept Stuttgart [42]

Das Bodenschutzkonzept Stuttgart wurde 2006 eingeführt und gilt verbreitet als Vorzeigeprojekt. Die Neuheit besteht darin, dass die Bodenqualität und nicht nur die zweidimensionale Fläche in die Planung, Steuerung und Messung der Siedlungsentwicklung einfliesst [43].



Boden ist nicht nur «Fläche» → Quantität

... sondern auch «Güte» → Qualität

Zu diesem Zweck kontingentierte die Stadt Stuttgart die künftig zu überbauende, mit der Qualität gewichtete Fläche. Für das Instrument muss vorgängig die Bodenqualität auf Basis einer gesamtfunktionalen Bewertung der Böden bestimmt werden. Je Flächenabschnitt wird eine Bodenqualitätsstufe festgelegt (z.B. zwischen 1 und 10 Indexpunkten). Die Flächen multipliziert mit den Bodenindexpunkten ergeben das Gesamtkapital an Bodenindexpunkten, die in einem bestimmten Perimeter – in diesem Fall der Stadt Stuttgart – verfügbar sind. Nicht beachtet werden bereits versiegelte Böden und Schutzflächen. Das Bodenschutzkonzept legt den maximal tolerierbaren Verbrauch an Bodenindexpunkten (BX) fest (Kontingentierung). Anschliessend wird dieses Kontingent gezielt bewirtschaftet. In Stuttgart bedeutet dies konkret: jährlich geringere Verbrauchsraten und gleichzeitige Stärkung der Innenentwicklung.

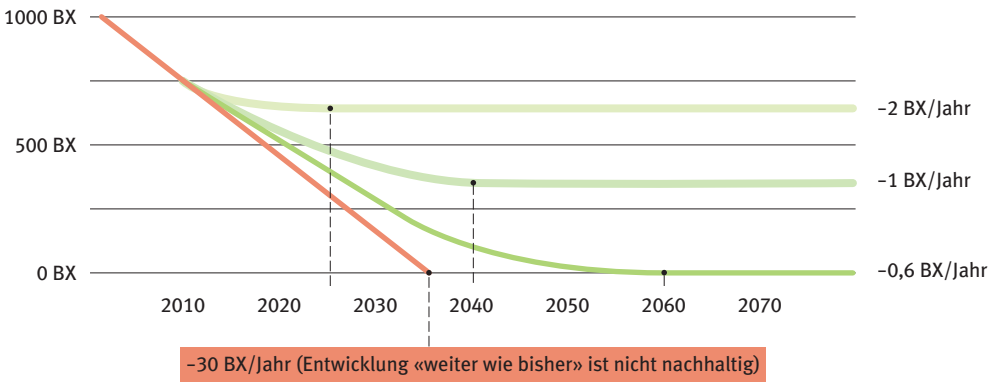


Abbildung 13
Szenarien für den Verbrauch an Bodenindexpunkten im Bodenschutzkonzept Stuttgart.

Ohne jährlich geringere Verbrauchsraten wäre das Kontingent an Bodenindexpunkten (BX) bereits 2035 aufgebraucht, und Stuttgart könnte sich nur noch nach innen entwickeln [43].

Effektivität der politischen Instrumente – Ergebnis der NFP 68-Projekte

NFP 68-Projekt / Wirkung gemessen in:	Ergebnis:
LASTENAUSGLEICH → Sinnvolle räumliche Siedlungsentwicklung	**Kommunale oder überregionale Steuerung?** Das Projekt zeigt Gründe dafür, weshalb die Siedlungsentwicklung überregional gesteuert werden muss. Demnach sind die Gemeinden zu kleinräumig, um ökonomische und ökologische Mehr- und Minderwerte der Siedlungsentwicklung ausgleichen zu können. Das Projekt liefert damit Argumente und Hinweise zur Weiterentwicklung der gemeindeübergreifenden Steuerung, wie sie mit RPG 1 Pflicht ist. Aus planerischer Sicht ist es in vielen Fällen sinnvoll, beispielsweise mittels höherer Ausnützungsziffern an zentralen Lagen einen Mehrwert zu ermöglichen. Die Abschöpfung dieses Mehrwerts könnte Mittel generieren, um Gemeinden zu entschädigen, die auf eine «Entwicklung» verzichten. Entsprechende Ausgleichssysteme existieren indirekt bereits im Rahmen des Finanz- und Lastenausgleichs; sie könnten aber durch ein spezifisches Instrument ergänzt werden.
LASTENAUSGLEICH → Verlust an ÖSL	**Zonenplanung oder marktbasierte Instrumente?** Den gängigen Zonenplanungen wurden in einer Modellierung marktbasierte Instrumente gegenübergestellt, die versuchen, die Bodennutzung über Anreize zu steuern. Beispiele dafür sind eine Bodennutzungsabgabe oder die Kontingentierung der Indexpunkte, allenfalls verbunden mit einem Handel der Kontingente. Die Simulationen zeigten, dass in manchen Gemeinden ein zonenbasiertes, in anderen ein marktbasiertes Instrument optimale Ergebnisse erbringt. Welches Instrument besser wirkt, hängt vom Gemeindetyp ab und davon, welche ÖSL der Boden in der jeweiligen Gemeinde erbringt beziehungsweise welche ÖSL im Modell berücksichtigt werden. Daher empfiehlt das Projekt, bei der Wahl eines Instruments auf Gemeindeebene dieses massgeschneidert auszugestalten.
POLITIKINSTRUMENTE ENTSCHEIDUNGSPLATTFORM → Verlust an Bodenqualität	**Marktbasierte oder regulatorische Instrumente?** Sowohl marktbasierte als auch regulatorische Instrumente erwiesen sich in den Modellanalysen als wirksam. Bei marktbasierten Instrumenten (z.B. Abgabelösungen) müssten hohe Abgabesätze verlangt werden, um tatsächlich eine Wirkung zu erzielen, was der Akzeptanz abträglich ist. Die Akzeptanz hängt jedoch stark vom konkreten Instrument, von der Intensität des Instruments und vor allem von der persönlichen Betroffenheit ab. Eine generelle Aussage darüber, welcher Instrumententypus besser ist, ist daher nicht möglich. Marktwirtschaftliche Instrumente haben in der Raumplanung allerdings durchaus gute Akzeptanzchancen.
ZERSIEDELUNG → Zersiedelungsgrad	**Verhandlungsbasierte oder regulatorische Instrumente?** Für komplexe Vorhaben oder grosse Gemeinden sind verhandlungsbasierte Instrumente geeignet oder gar notwendig, um einen Interessenausgleich und Akzeptanz zu erreichen. Einfachere regulatorische Instrumente sind leichter umzusetzen und für kleinere Vorhaben ausreichend. Da in kleinen Gemeinden in der Regel weniger Personal verfügbar ist und die Vorhaben tendenziell weniger gross sind, kommt das Projekt zum Schluss, dass für kleinere Gemeinden regulatorische Instrumente eher ausreichen als für grössere Gemeinden.

Instrumente sollten diese Überlegungen berücksichtigt werden.

Die Wirkung der vorgeschlagenen Instrumente wurde bisher erst in Modellen untersucht. Für einen Einsatz in der Praxis müssten sie weiter konkretisiert werden. Ihre Effektivität hinsichtlich des Schutzes der Bodenqualität hängt auch davon ab, welche Böden in der Gemeinde oder Region vorhanden sind, welche Aspekte (Indikatoren) der Bodenqualität berücksichtigt werden und welche Bodeninformationen verfügbar sind. Beispielsweise zeigen Modellierungen im NFP 68-Projekt ENTSCHEIDUNGSPLATTFORM, dass im untersuchten Gebiet – im Zürcher Oberland – die Böden innerhalb der Bauzonenreserven relativ homogen sind und deshalb der Einbezug der Bodenqualität für die Raumplanung wenig bewirkt: Es würden deshalb so oder so gute Böden überbaut, egal, welche Fläche ausgewählt wird. Ein anderes Ergebnis ist zu erwarten, wenn ergänzend die ÖSL des Bodens, insbesondere die Erholungsleistung im Sinne von Raum für Spiel, Sport und Bewegung, im Entscheidungsprozess berücksichtigt werden: Dies würde die Siedlungsstruktur insofern beeinflussen, als die Erholungsleistung des Bodens räumlich heterogen verteilt und in gewissen Teilräumen sehr hoch ist. Mehr Einfluss auf raumplanerische Entscheide hat der Einbezug von Bodenqualitäten in denjenigen Gebieten, in denen die Qualität der Böden auf kleinem Raum stark variiert. Ein grösserer Effekt resultiert auch aus der Verwendung höher aufgelöster Bodenkarten, die kleinräumigere Unterschiede sichtbar machen.

Eine zentrale Herausforderung bei den drei vorgeschlagenen Instrumenten – Bodennutzungsabgabe, Kontingentierung der Bodenindexpunkte und Erweiterung des SP FFF – sind die fehlenden Bodeninformationen. Derzeit sind Bodendaten weder flächendeckend noch in einheitlicher Form vorhanden. Es besteht auch nicht überall in der Schweiz die Absicht, solche zu erarbeiten (Details in HF7, S. 68). Basierend auf den entsprechenden Bodendaten, wäre ein einfacher Bodenindikator zu erarbeiten, mit dem die Bodenqualität, ausgehend von den Bodenfunktionen oder den ÖSL, für die Anwendung der drei Instrumente bewertet werden kann. Für die Erarbeitung eines Bodenindikators hat das NFP eine Fokusstudie lanciert (Kasten unten). Der Weg dahin benötigt aber viel Zeit. Die TS4 rechnet mit zwei bis drei Jahrzehnten, bis die Bodendaten als Grundlage für einen Indikator flächendeckend verfügbar sind[23].

Für die Akzeptanz von Raumplanungsinstrumenten, bei denen die Bodenqualität über einen Bodenindikator berücksichtigt wird, ist ein guter Bodenindikator zentral. Dies bestätigen auch die Diskussionen an einem Stakeholder-Workshop mit verschiedenen Vertretungen aus der Verwaltung und von Organisationen zu

Bodenindikatoren für die Schweiz

Die NFP 68-Fokusstudie BODENINDIKATOREN prüfte die Anwendbarkeit von zwei unterschiedlichen Bodenindikatoren für die Schweiz. Einer der Indikatoren (Wolff-Index) entspricht dem Indikator in Stuttgart (Exkurs, S. 35), der andere (SQUID-Index) wurde vom Projektteam selbst entwickelt. Massgebend sind bei beiden Indikatoren die Bodenfunktionen: Für jede Bodenfunktion wird eine Karte erstellt, die für jeden Standort dessen Funktionen bewertet. Beim SQUID-Index geht das Projektteam einen Schritt weiter und bewertet die ÖSL, die der Boden erbringt. Die Bewertungen werden je Standort addiert; daraus resultiert ein Indikator für die Bodenqualität zwischen 1 und 5.

den ersten Ergebnissen der NFP 68-Projekte im Januar 2016: Die Entscheide, die aufgrund eines entsprechenden Indikators getroffen würden, sind zu bedeutend, als dass sie auf Näherungen oder halbrichtige Daten abgestützt werden dürfen. Notwendig ist somit ein fundierter Indikator, der auf guten Bodeninformationen basiert.

c) Kompensationsmechanismen prüfen

Ein Grundproblem der Raumplanung besteht darin, dass die Entwicklung grundsätzlich bedarfsorientiert gesteuert wird: Die Bauzonen werden nach dem abgeschätzten künftigen Bedarf festgelegt und erweitert. Es existiert somit keine Gesamtkontingentierung des unüberbauten Bodens; der SP FFF legt jedoch eine Art «Teilkontingent» für die FFF fest. Darüber hinaus bestehen weitere Schutzbestimmungen, beispielsweise für den Wald, Moore, BLN-Schutzgebiete usw. Aus Sicht des Bodenschutzes gibt es allerdings kein wirksames Instrument, das die zunehmende Beanspruchung des Bodens insgesamt wirksam limitiert.

Ein interessanter Ansatz ist daher die Kompensationspflicht von Boden mit hoher Bodenqualität.

- Das NFP 68-Projekt MULTIKRITERIELLE KOMPENSATIONEN schlägt vor, bei der Kompensation von Einzonungen die Bodenqualität umfassend – und nicht nur

Kriterien für den Vergleich von Kompensationsflächen

Das NFP 68-Projekt MULTIKRITERIELLE KOMPENSATIONEN hat zum Ziel, einen vereinfachten Indikator zu entwickeln, mit dem die Bodenqualität der zu überbauenden Fläche direkt mit der zu kompensierenden Fläche verglichen werden kann. Da das Projekt zum Zeitpunkt der Erarbeitung der TS5 noch nicht abgeschlossen war, wurden erst vorläufige Ergebnisse berücksichtigt:

- Werden für eine Überbauung FFF genutzt, die anderswo kompensiert werden müssen, so werden zwar die Kriterien für FFF erfüllt. Mit einem vereinfachten Indikator für die Produktionsfunktion des Bodens hat das Projektteam jedoch nachgewiesen, dass die Ersatzflächen in den untersuchten Fällen eine schlechtere Qualität aufweisen. So kann auch bei einer FFF-Kompensation Bodenqualität verloren gehen.
- Aufgrund dessen soll der Indikator bei der Kompensation ausgeweitet werden und sich nicht auf die zurzeit gültigen FFF-Kriterien stützen. Zugleich sollen weitere Bodenfunktionen berücksichtigt werden (multikriterielle Kompensationen).
- Entsprechende multikriterielle Kompensationen diskutierten die Forschenden in einem Workshop mit Fachexpertinnen und -experten. Es zeigte sich: Meist ist es schwierig, geeignetes Land für eine Kompensation zu finden, sodass die Diskussion darüber, welcher Boden für eine Kompensation aufgrund der unterschiedlichen Bodenqualität gewählt werden soll, oft voreilig ist. Die Überlegungen zur multikriteriellen Kompensation sollen daher möglichst früh in den Planungsprozess einfliessen. Sie führen in manchen Projekten dazu, dass die Beanspruchung von Boden nochmals überdacht und allenfalls reduziert wird. Die Forderung nach einer multikriteriellen Kompensation hat zudem einige Stakeholder verwirrt, weil sie den Unterschied zur FFF-Kompensation nicht verstanden. Analoges gilt generell für den inhaltlichen Unterschied zwischen FFF und Bodenqualität. Das Projektteam empfiehlt deshalb, eine verständliche und einheitliche Definition der Bodenqualität zu erarbeiten.
- Gerade beim Instrument der Kompensation ist es unerlässlich, dieses auf nationaler Ebene einzuführen, da die Gefahr besteht, dass die Siedlungsentwicklung sich in weniger geschützte Regionen verlagert.

die Produktionsfähigkeit im Sinne einer FFF-Kompensation – zu berücksichtigen (Kasten, S. 38).

- Die TS3 führt den Gedanken der Kompensation im gleichen Sinne fort und empfiehlt, dass verlorener Boden möglichst gleichwertig kompensiert werden soll, wenn aufgrund der Rahmenbedingungen hochwertiger Boden der Bebauung weichen muss.

Ein Kompensationsmechanismus, prioritär von FFF und – sobald die Datengrundlagen vorhanden sind – von Böden mit guter Qualität, ist ein zentrales Instrument für einen umfassenderen Bodenschutz. Ansätze dazu sind in der Politik bereits zu finden: Die Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates schlägt vor, den Kulturlandschutz inklusive allfälliger Kompensationspflicht auf Bundesebene gesetzlich zu verankern[44]. Der Kanton Bern hat die Kompensationspflicht für FFF als Gegenvorschlag zur kantonalen Kulturlandinitiative bereits verankert. Damit wird zumindest das beste Kulturland mengenmässig geschützt. Eine Ausweitung auf Böden mit hoher Multifunktionalität wäre jedoch noch zu leisten. Erste Erfahrungen im Kanton Bern bestätigen den Einwand aus dem NFP 68-Projekt MULTIKRITERIELLE KOMPENSATIONEN: Es ist schwierig, Boden zur Kompensation zu finden. Notwendig wären ein Markt mit Anbietenden – also ein Angebot möglicher Kompensationsflächen – und eine Vermittlung oder eine marktorientierte Preisfindung zwischen Anbietenden und Nachfragenden, um Kompensationen effizient abwickeln zu können.

Ein Kompensationsansatz wird auch im Rahmen der zweiten Revision des RPG (RPG 2) diskutiert: Bauen ausserhalb der Bauzone soll unter verschiedenen Bedingungen möglich sein, wenn andere Bauten zurückgebaut werden und dadurch die Nutzungen insgesamt nicht grösser, intensiver oder störender werden. Ein Bodenindikator könnte dabei helfen festzustellen, ob die Kompensation gleichwertig ist.

Auch auf europäischer Ebene wird eine Kompensation mit Einbezug der Bodenqualität thematisiert. Dabei geht es jedoch nicht nur um Umzonungen von Boden gleicher Qualität, sondern auch um eine reale Kompensation: Wird Boden verbaut, soll an einem anderen Ort Boden aufgewertet, rekultiviert oder renaturiert werden. Dadurch verbessert sich die Bodenqualität an einem anderen Ort. Dank einer derartigen Kompensation soll gemäss einer Forschungsarbeit im Auftrag der Europäischen Kommission die Nettoversiegelung von Böden bis 2050 stagnieren[45]. Umstritten ist vor allem, ob derartige Aufwertungen mit vertretbaren Kosten und in ausreichendem Masse und in ausreichender Qualität möglich sind.

4.2.2 Sinnvolle räumliche Zuordnung von Nutzungs- und Schutzgebieten

Bei der räumlichen Zuordnung stehen die Fragen im Vordergrund, wo Siedlungsentwicklung stattfinden soll, wo es Schutzgebiete geben soll oder wo Raum für landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Nutzung erhalten bleiben soll. Die Massnahme «Räumliche Zuordnung von Nutzungs- und Schutzgebieten» ist mit der Massnahme «Bodenverlust eindämmen» verknüpft. Beide haben zum Ziel, das Siedlungsflächenwachstum einzudämmen und räumlich so zu steuern, dass die Bodenqualität möglichst erhalten bleibt. Die Frage der sinnvollen räumlichen Zuordnung geht aber weiter, indem sie verschiedene Nutzungen und Bodenqualitätsaspekte gegeneinander abwägt.

a) Bodenqualität in die Interessenabwägung einbeziehen

Mit dem SP FFF – und verstärkt mit RPG 1 – erhalten die FFF einen speziellen Schutz in der Raumplanung. Die Kantone sind verpflichtet, den festgelegten Mindestumfang zu erhalten. Die Produktionsfunktion des Bodens erhält damit eine Sonderstellung gegenüber allen anderen Bodenfunktionen. Die NFP 68-Projekte LASTENAUSGLEICH und POLITIKINSTRUMENTE schlagen vor, das Kriterium für FFF auf die übrigen Bodenfunktionen auszuweiten (Kap. 4.2.1b, S. 33).

Eigentlich wäre die derzeitige Überarbeitung des SP FFF eine geeignete Gelegen-

Interessenabwägung – mehr Gewicht für den Boden?

Die TS3 macht zahlreiche Vorschläge, wie der Bodenqualität auf Gesetzes- und Verordnungsstufe mehr Beachtung verschafft werden könnte: Die fundierte und transparente Interessenabwägung soll gestärkt und der Bodenqualität dabei grössere Bedeutung zugemessen werden:

- Die Ziele der Raumplanung (Art. 1 RPG) könnten im RPG direkt durch das Kriterium der Bodenqualität ergänzt werden. Heute ist darin nur geregelt, dass mit den Massnahmen der Raumplanung unter anderem der Boden zu schützen ist.
- Mit einem eigenen Artikel zur Abstimmung und Abwägung könnte die Interessenabwägung im RPG gestärkt werden. Ergänzend könnte die Berücksichtigung der Bodenindexpunkte in der Interessenabwägung auf Verordnungsstufe vorgeschrieben werden.
- Im Interesse der Bodenqualität sollte die Interessenabwägung zudem möglichst frühzeitig erfolgen. Die Planungsbehörden könnten zudem verpflichtet werden, die vorgenommene Interessenabwägung in einem Bericht auszuweisen.

Basierend auf verschiedenen NFP 68-Projekten identifiziert die TS3 weitere Möglichkeiten, über die die Bodenqualität in die Interessenabwägung der Raumplanung einfliessen könnte (Kap. 4.3 der TS3 [1]):

- Mithilfe einer gezielten Modellierung könnten Flächen identifiziert werden, die dazu beitragen, ein Maximum an Bodenqualität zu erhalten und ein von der Planungsbehörde definiertes Ziel zu erfüllen. Das Optimierungsmodell aus dem NFP 68-Projekt LASTENAUSGLEICH identifiziert beispielsweise Flächen, die möglichst wenig zur Zersiedelung beitragen und bei der gleichzeitig die Bodenqualität – indiziert über einen Bodenindikator – möglichst erhalten bleibt, falls sie überbaut werden. Diese Flächen könnten für neue bauliche Nutzungen prioritär zur Diskussion gestellt werden.
- Mit einer nutzerfreundlichen Plattform könnte der Planungsbehörde aufgezeigt werden, welche Wirkung ihre Projekte auf die Bodenqualität haben, um sie so bei ihrer Entscheidung zu unterstützen. Das Projekt ENTSCHEIDUNGSPLATTFORM beispielsweise hat eine Plattform entwickelt, die für einen begrenzten Perimeter visuell darstellt, welche Bodenfunktionen und ÖSL bei einer baulichen Nutzung verloren gehen. Solche Visualisierungs- und Prognosewerkzeuge sollten gemäss TS3 vermehrt in der Raumplanung verwendet werden. Voraussetzung sind aber genügend Bodeninformationen (HF7).
- Gemäss TS3 trägt eine überkommunale Planung ebenfalls dazu bei, die Bodenqualität besser in der Interessenabwägung zu berücksichtigen. Wie das NFP 68-Projekt LASTENAUSGLEICH feststellt, ist die Bodenqualität nicht homogen über die Gemeinden verteilt. Mit einer überkommunalen Planung könnte die bauliche Nutzung deshalb gezielter auf die weniger wertvollen Böden gelenkt werden. Allerdings wird mit einer überkommunalen Planung die Bodenqualität nur dann besser geschützt, wenn die Planungsbehörden den Erhalt der Bodenqualität tatsächlich als Ziel verfolgen. Es handelt sich also um eine nachgelagerte Massnahme, die voraussetzt, dass die Bodenqualität in die Interessenabwägung einbezogen ist.

heit, den Schutz auf multifunktionale Böden auszuweiten. Dazu fehlen – wie erwähnt – die notwendigen Bodeninformationen (HF7 «Grundlagen und flankierende Massnahmen»). Die TS3 setzt einen Schwerpunkt auf die Frage, wie die Bodenqualität in der Interessenabwägung stärker gewichtet werden könnte (Kasten, S. 40).

b) Zersiedelung bremsen – Innenentwicklung fördern

Nach einer zwischenzeitlichen Abflachung erreichte die Zunahme der Zersiedelung von 2002 bis 2010 wieder eine ähnlich hohe Geschwindigkeit wie von 1960 bis 1980[46]. Eine zersiedelte Landschaft bringt sowohl ökologische als auch ökonomische Probleme mit sich: Eine zersiedelte Bauweise beansprucht mehr Boden und erfordert eine aufwendigere Infrastruktur (Wasserversorgung und Abwasserentsorgung, Verkehrserschliessung und Stromversorgung), sodass auch die Kosten höher sind. Eine Neuerschliessung, bei der die Siedlungserweiterung durch eine flächenmässige Ausdehnung der Gebiete erfolgt, führt zu bis zu dreimal höheren Kosten pro Kopf als eine verdichtete Siedlungserweiterung[47]. Mit dem teilrevi-

Mit genügend Ressourcen zu einer nachhaltigeren Raumplanung

Im Rahmen des NFP 68-Projekts ZERSIEDELUNG wurde eine Umfrage unter allen Schweizer Gemeinden durchgeführt, die sie zu ihren administrativen Strukturen und zum Einsatz von Politikinstrumenten befragte. Es zeigte sich: Grössere Gemeinden verfügen über grössere Planungskapazitäten, was ihnen den Einsatz verschiedener politischer Instrumente erlaubt. Kleinen und ländlichen Gemeinden fehlen dagegen die dafür notwendigen Planungsressourcen. Es wäre deshalb wertvoll, in kleinen Gemeinden verstärkt Planungskapazitäten zu schaffen, beispielsweise indem ihnen ein erschwingliches Beratungsangebot zur Verfügung gestellt wird. Da bereits heute 90 Prozent der Gemeinden externe Planungsbüros beanspruchen, sind weitere Lösungsmöglichkeiten gesucht. Das Projektteam schlägt vor, dass sich Gemeinden in regionalen Planungsgremien zusammenschliessen und dort ihre Planungsprozesse koordinieren. Die Kantone könnten sie dabei unterstützen oder sogar explizit Anreize dafür schaffen. Das RPG fordert seit 2014 die überkommunale Abstimmung der Planungen ausdrücklich.

Mit einer innovativen Flächennutzungsabgabe zu einer sinnvollen Raumordnung

Das NFP 68-Projekt POLITIKINSTRUMENTE schlägt eine Flächennutzungsabgabe vor, bei der der «zusätzliche Zersiedelungsfaktor» die Abgabehöhe mitbestimmt. Angestrebt wird ein Indikator, der – beispielsweise über die Ausnutzungsziffer – die Ausnutzung der neu bebauten Parzelle einbezieht und die Lage, also die Distanz zur nächsten Bauparzelle, zum Ortskern usw., im raumplanerischen Sinne abbildet. Dies könnte zum Beispiel über den Zersiedelungsindikator der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) erfolgen, der auf einem Projekt des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung» (NFP 54) basiert[49]. Dies würde bedeuten: Je stärker eine zusätzlich zu überbauende Parzelle zur Zersiedelung beiträgt, umso höher wäre die Flächennutzungsabgabe. Ziel ist es, die Zersiedelung zu bremsen. Das Projekt schätzte die Wirkung und die Akzeptanz des Instruments ab. Die Ergebnisse zeigen: Wäre der Zersiedelungsindikator allein für die Höhe der Flächennutzungsabgabe massgebend, würden insbesondere Flächen am Siedlungsrand überbaut, wo mehrheitlich guter Boden zu finden ist. Damit wäre der Verlust der Bodenqualität grösser als erhofft. Eine entsprechend ausgestaltete Flächennutzungsabgabe wäre deshalb nur sinnvoll, wenn ein zusätzlicher Indikator für die Bodenqualität die Abgabehöhe mitbestimmen würde.

dierten RPG und der RPV stehen wichtige Grundlagen zur Verfügung, um die Siedlungsentwicklung nach innen, in bereits überbaute Gebiete, zu lenken.

Unter dem Ziel, Siedlungsentwicklung auf bereits überbaute Gebiete zu lenken, könnte nebst der inneren Verdichtung auch verstanden werden, dass das Siedlungswachstum am Stadt- oder Dorfrand erfolgen soll und nicht weit abseits von bisherigen Siedlungen und Infrastrukturen. Was aus Infrastruktursicht durchwegs sinnvoll ist, ist aus Sicht des Bodenschutzes aber oft problematisch: Dörfer und Städte sind meistens dort entstanden, wo landwirtschaftlich guter Boden zu finden ist. Wird nun also rund um bestehende Siedlungen gebaut, wird mit grosser Wahrscheinlichkeit guter Ackerboden beansprucht (NFP 68-Projekt LASTENAUSGLEICH) [48]. Daraus erwachsen Zielkonflikte zwischen Raumplanung und Bodenschutz. Das Bremsen der Zersiedelung darf deshalb nicht als singuläres Ziel verstanden werden, sondern ist stets unter Einbezug der Bodenqualität zu beurteilen.

Der politische Wille, die Zersiedelung zu bremsen, wird zwar immer wieder betont, die Umsetzung in der Praxis aber harzt. Die beiden NFP 68-Projekte ZERSIEDELUNG und POLITIKINSTRUMENTE empfehlen deshalb, den Vollzug wirksam auszustatten, indem in ländlichen Gebieten für die Raumplanung mehr Ressourcen eingesetzt werden oder vermehrt auf regionaler Ebene geplant wird (Kästen, S. 41). Zudem könnte ein zusätzliches Instrument eingesetzt werden – beispielsweise eine nach dem Zersiedelungsgrad abgestufte Flächennutzungsabgabe –, das spezifisch gegen die Zersiedelung wirken soll.

Es ist nicht nur wichtig, bestehende Instrumente besser anzuwenden und allenfalls einige neue oder optimierte Instrumente einzusetzen, ebenso gilt es, Fehlanreize abzubauen, die teilweise aus anderen Politiksektoren stammen. Mit der Steuerpolitik werden beispielsweise nach wie vor Anreize für grosse Pendlerdistanzen und damit dezentralisiertes Wohnen gesetzt. Auch das Wohneigentum wird stark gefördert. Weder für den Verkehr noch für andere Infrastrukturen werden verursachergerechte und kostendeckende Preise bezahlt [47]. Die Wirkung entsprechender Fehlanreize und die Korrekturmöglichkeiten wären vertieft zu untersuchen, analog zu ähnlichen Untersuchungen zu den Fehlanreizen im Mobilitätsbereich und bei der Biodiversität [50, 51].

Fehlanreize in anderen Sektoralpolitiken beheben

Die TS3 stellt fest, dass ökonomische Rahmenbedingungen die Zersiedelung stark beeinflussen und dass deshalb vermehrt auf marktwirtschaftliche Instrumente gesetzt werden sollte. Aus der Forschung identifiziert sie folgende drei Massnahmen:

- Kostenwahrheit im Verkehr
- Verursachergerechte Kostenverteilung von Grundstückserschliessungskosten
- Abschaffung von Steuervergünstigungen für selbstgenutztes Wohneigentum (Kap. 4.2.2, TS3 [1])

c) Bauen ausserhalb der Bauzone eindämmen

Grundsätzlich dient das Konzept von Bauzonen dazu, festzulegen, wo künftig gebaut werden soll und wo nicht. Dennoch sind 2016 ungefähr 38 Prozent der Siedlungsflächen ausserhalb der Bauzonen zu finden [52], wobei nur ein Teil dieser Bauten der landwirtschaftlichen Nutzung im engeren Sinn dient. Mit der zweiten Etappe der Teilrevision RPG (RPG 2) wurden Lösungsvorschläge erarbeitet, um das

Bauen ausserhalb der Bauzonen (BaB) klarer zu regeln (Stand: Juni 2017): Beispielsweise sollen neuerstellte Bauten ausserhalb der Bauzone an einen zonenkonformen Verwendungszweck gebunden werden und entfernt werden müssen, wenn der Verwendungszweck entfällt. Da zugleich gewisse Erleichterungen und flexiblere Ansätze («Planungs- und Kompensationsansatz») vorgeschlagen werden, ist offen, ob die neuen Regelungen das BaB einzudämmen vermögen [53].

Noch kaum thematisiert wird die Rolle der Bodenqualität bei Bauten ausserhalb der Bauzone. Gerade bei solchen Bauten müssen die Bodenfunktionen bei der Planung und Bewilligung genügend berücksichtigt werden, weil sie mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Boden mit hoher Qualität erfolgen. Zur Berücksichtigung der Bodenqualität fehlen einerseits die Ressourcen und Methoden im Vollzug und teilweise die notwendigen Bodeninformationen. Zu prüfen wäre eine Kompensationspflicht oder die Anwendung von Raumplanungsinstrumenten, die die Bodenqualität berücksichtigen (vgl. Kap. 4.2.1, S. 31). Die TS3 macht ergänzende Empfehlungen, um den Verlust von Boden ausserhalb der Bauzone zu reduzieren (vgl. auch Empfehlungen der Parlamentarischen Verwaltungskontrolle [54]): Für landwirtschaftsfremde Nutzungen ausserhalb der Bauzonen sollen ein Mehrwertausgleich und eine Kompensation vorgesehen werden. Zur Stärkung des Vollzugs müsste die Datenbasis verbessert und ein flächendeckendes Monitoring über das BaB aufgebaut werden (Empfehlungen und Kapitel 3.3.2 der TS3). Ebenfalls müsste ein verstärktes Augenmerk auf den Rückbau von nicht mehr verwendeten Bauten ausserhalb der Bauzone gelegt werden («Aufräumen»), wozu der erwähnte Planungs- und Kompensationsansatz im Vorschlag zu RPG 2 von 2017 einen Ansatzpunkt bietet.

d) Schutzstatus des Waldes überprüfen

Der Wald geniesst heute absoluten Schutz, ein wichtiger Grund, weshalb das Siedlungswachstum bisher hauptsächlich auf Kosten der Landwirtschaft ging. Das NFP 68-Projekt LASTENAUSGLEICH konnte mit seinem Modell simulieren, welche Auswirkungen eine Lockerung des Waldschutzes mit sich brächte (Kasten unten): Grundsätzlich würden Bodenschutz und Waldschutz damit bei Interessenabwägungen gleich gewichtet (Kap. 4.3.2, TS3) [55].

Die Lockerung des Waldschutzes hat auch die Politik aufgegriffen. Basierend auf einer Untersuchung im Rahmen der Umsetzung der parlamentarischen Initiative zur Flexibilisierung der Waldpolitik zeichnet sich momentan keine Änderung ab [44].

Lockerung des Waldschutzes: Was bewirkt das?

Im Untersuchungsraum Kanton Zürich zeigten die Modellierungen des NFP 68-Projektes LASTENAUSGLEICH, dass mit einer Lockerung des Waldschutzes rund 27 Prozent der neu überbauten Fläche auf Waldfläche anstatt auf Kulturland entstehen würden, was aus Sicht des Kulturlandschutzes von Vorteil wäre. Ist es aber ein Ziel, möglichst viele ÖSL zu erhalten, so stellt die Überbauung der Waldfläche keine wirkliche Alternative dar [55].

Die Massnahmen des HF1 zielen in erster Linie auf den Erhalt der Bodenqualität und -quantität ab. Dazu werden Instrumente vorgeschlagen, die die Bodennutzung effizienter steuern (Abb. 25; W3, S. 73). Einige der Instrumente sind mit finan-

Handlungsempfehlungen und Beitrag zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik

Bodenverlust eindämmen

- Bodenverluste eindämmen durch Ergänzen und Optimieren der heutigen Raumplanungsinstrumente.
- Den Instrumentenmix insbesondere durch Instrumente ergänzen, die die Bodenqualität/ÖSL berücksichtigen.

Insbesondere folgende Instrumente sind weiter prüfenswert (TS3, NFP 68-Projekte: LASTENAUSGLEICH, ZERSIEDELUNG, POLITIKINSTRUMENTE, ENTSCHEIDUNGSPLATTFORM, MULTIKRITERIELLE KOMPENSATION):

- Verbindliche gesamtschweizerische oder kantonale Kontingentierung von Bodenindexpunkten
- Bodennutzungsabgabe
- Erweiterung des SP FFF auf Flächen mit hoher Multifunktionalität, das heisst mit gesamthaft hoher Bodenqualität
- Kompensationspflicht für bestimmte Flächen prüfen, beispielsweise kurzfristig für FFF und mittelfristig generell für Flächen mit hoher Qualität
- Bauten ausserhalb der Bauzone besser regulieren, beispielsweise mit Mehrwertausgleich, Kompensationspflicht und Rückbaustrategien.

Bei der konkreten Ausgestaltung und bei der Akzeptanz solcher – unter Umständen einschneidenden – Massnahmen verbleiben gewichtige Herausforderungen und Klärungspunkte.

Nutzungs- und Schutzgebiete sinnvoll zuordnen

- Bodenqualität bei der Interessenabwägung berücksichtigen, beispielsweise:
  - im Rahmen eines revidierten und erweiterten SP FFF (SP FFF plus),
  - über die Stärkung der Interessenabwägung auf Gesetzes- und Verordnungsstufe und
  - über Ergänzung der Interessenabwägung durch geeignete Modellierungen und Visualisierungsplattformen, die die Wirkung bestimmter Vorhaben auf die Bodenqualität zeigen.
- Überkommunale Planungen fördern und überkommunale Ausgleichsmechanismen prüfen.
- Methoden entwickeln, die die Bodenqualität insbesondere auch bei Bauten ausserhalb der Bauzonen berücksichtigen.
- Andere Sektoralpolitiken hinsichtlich Fehlanreizen überprüfen und diese abbauen.

Abbildung 14
Beitrag des Handlungsfeldes 1 «Raumordnung und übergeordnete Massnahmen» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik.

⊕ Positiver Zielbeitrag
⊖ Negativer Zielbeitrag

HF1 Raumordnung und übergeordnete Massnahmen	W1	W2	W3	U1	U2	U3	G1	G2	G3
Eindämmung des Bodenverlustes	⊖	⊖	⊕	⊕	⊕				
Sinnvolle räumliche Zuordnung	⊕		⊕	⊕	⊕		⊕		

Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit:

- W1 Bodennutzung durch die Wirtschaft ermöglichen
- W2 Finanzielle Belastungen vermeiden
- W3 Bodennutzung effizient steuern

Ökologische Verantwortung:

- U1 Bodenqualität sicherstellen
- U2 Bodenquantität sicherstellen
- U3 Kimawandel vermeiden

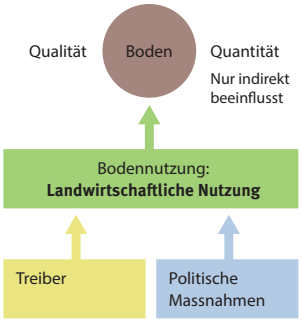
Gesellschaftliche Solidarität:

- G1 Regionale, soziale und intergenerationelle Solidarität
- G2 Soziokulturelle Werte erhalten
- G3 Gesundheit der Menschen fördern und schützen

ziellen Abgeltungen verbunden, weshalb die finanzielle Belastung gewisser Akteure allenfalls erhöht wird (W2). Wenn die Bodenverluste eingedämmt werden, kann dies kurz- und mittelfristig oft zulasten der Wirtschaft, das heisst der wirtschaftlich nutzbaren Flächen, erfolgen (W1). Mit der sinnvollen räumlichen Zuordnung wird aber angestrebt, dass dies nicht nur auf Kosten der Wirtschaft geschieht, weshalb diese Massnahme die wirtschaftliche Bodennutzung positiv beeinflusst (W1).

4.3 HF2: Landwirtschaft

Abbildung 15
Handlungsfeld 2
im Wirkungsmodell-Ausschnitt.



Besonders relevante Treiber
- Klimaerwärmung
- Wirtschaftlicher Druck: intensive Bewirtschaftung

Besonders relevante politische Massnahmen
- Agrarpolitik u.a. mit Direktzahlungen, Vorschriften usw.

Wichtigste Herausforderungen
- Bodenverdichtung
- Bodenerosion infolge landwirtschaftlicher Nutzung
- Verlust an OBS infolge landwirtschaftlicher Nutzung
- Schadstoffeintrag durch die Landwirtschaft

Im HF2 steht im Vordergrund die Erhaltung der Bodenqualität der landwirtschaftlich genutzten Böden. Für die Landwirtschaft hat der Boden primär eine Produktionsfunktion. Durch die Produktion wird der Boden stark beansprucht, beispielsweise durch die Bearbeitung mit Maschinen oder durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln. Den Boden auch im Rahmen der Produktion ökologisch und ökonomisch nachhaltig zu bewirtschaften, stellt eine wichtige und schwierige Herausforderung dar. Im Zusammenhang mit der Erhaltung der Bodenqualität kommt der Landwirtschaft deshalb eine zentrale Rolle zu – auch weil die Landwirtschaftsfläche etwas mehr als einen Drittel der Schweizer Oberfläche ausmacht[56]. Nebst der Qualität der landwirtschaftlichen Böden ist es für die Landwirtschaft zentral, mengenmässig genügend Fläche zur Verfügung zu haben. Diesem Zweck dient insbesondere der SP FFF. Das HF2 behandelt jedoch nur Massnahmen für den qualitativen Bodenschutz. Diese sind insofern indirekt und langfristig auch dafür verantwortlich, genügend landwirtschaftliche Nutzfläche zu erhalten, als nur Boden entsprechender Qualität in der Landwirtschaft für die Produktion ökologisch und ökonomisch effizient nutzbar ist. Die skizzierten Szenarien haben gezeigt, dass es selbst bei einem hinsichtlich des Bodenschutzes positiven Szenario die landwirtschaftlichen Böden sind, die in der Schweiz verloren gehen.

Nachfolgend werden Empfehlungen in vier Teilbereichen des Handlungsfeldes diskutiert:
- Verlust organischer Bodensubstanz
- Schadstoffeintrag und Klimabelastung
- Bodenverdichtung
- Bodenerosion

4.3.1 Verlust organischer Bodensubstanz in der landwirtschaftlichen Nutzung minimieren

Zur organischen Bodensubstanz (OBS) gehört alles lebende (Biomasse) und tote (z. B. Humus) organische (kohlenstoffhaltige) Material im Boden. Die OBS spielt eine zentrale Rolle für die verschiedenen Bodenfunktionen, wie die Bodenstabilität, die Wasserspeicherkapazität und die Biodiversität[9]. Die thematische Synthese

TS2 des NFP 68 «Boden und Umwelt» diskutiert Aspekte, die den OBS-Verlust beeinflussen. Nebst dem Klimawandel ist es insbesondere die Art der Bodennutzung: Der Verlust droht bei allen Böden, die ackerbaulich genutzt werden. Wie Langzeitversuche zeigen, nimmt die OBS in Schweizer Ackerböden ab, höchstwahrscheinlich weil Ackerflächen vormals als Grünland genutzt wurden. Besonders drastisch ist der Verlust an Bodensubstanz in Moorböden.

a) Der Verlust von OBS in der Landwirtschaft

Ein wichtiges Ziel des Bodenschutzes ist es, den OBS-Verlust zu reduzieren. Dazu kennt die Landwirtschaft verschiedene Massnahmen. Die TS2 fasst diejenigen zusammen, die insbesondere die ackerbauliche Nutzung des Bodens betreffen:

- Durch organische Düngung, beispielsweise durch Rückführen von Ernterückständen oder Kompost, kann der Kohlenstoffverlust vermindert und damit die OBS erhalten werden.

- Durch den Anbau von tief wurzelnden, mehrjährigen Kunstwiesen, den gezielten Anbau von Pflanzen zur Bodenverbesserung (sogenannten Gründüngern) und die Rückführung von organischer Substanz in Form von Hofdünger kann der Verlust aus einem Jahr Anbau von Marktfrüchten sogar überkompensiert werden. Allerdings ist der Austrag von Hofdünger begrenzt, da die Gefahr von Gewässer- und Luftverschmutzung durch Phosphor und Stickstoff besteht. Um entsprechende Kompensationsmassnahmen durchzuführen, müssen Landwirtschaftsbetriebe nicht nur Pflanzenbau betreiben, sondern in vernünftigem Umfang (Anzahl, Art, Intensität) auch Tiere halten, was in den meisten Regionen der Schweiz auch der Fall ist.

Nebst diesen bekannten Massnahmen empfiehlt die TS2, innovative Konzepte auszubauen: Als Beispiel nennt sie die Integration von sogenannten Agroforstelementen in die Landwirtschaft. Dabei werden auf einer Fläche mit einjährigen landwirtschaftlichen Nutzpflanzen mehrjährige Hölzer integriert. Über die Bäume gelangt Kohlenstoff in den Boden, was die OBS erhöht. In der Schweiz wurde die Waldbeweidung 1902 mit dem Forstpolizeigesetz verboten. Heute ermöglichen es die kantonalen Waldgesetze, eine solche Nutzung zu bewilligen. Eine Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf den Wald ist aber nicht zulässig.

Die beschriebenen Massnahmen zielen darauf ab, die OBS durch den Kohlenstoffeintrag von Pflanzen zu erhalten oder zu mehren. Dieser Effekt ist bekannt und

Wie viel Kohlenstoff gelangt über Wurzeln in den Boden?

Das NFP 68-Projekt KOHLENSTOFFEINTRAG untersucht, wie viel Kohlenstoff in verschiedenen Schweizer Ackerkulturen über die Wurzeln in den Boden gelangt. Gleichzeitig ermittelt das Projekt den Einfluss verschiedener Bewirtschaftungsformen sowie der Pflanzenarten und -sorten. Die Ergebnisse zeigen: Die Intensität der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung, insbesondere die Art der Düngung, beeinflusst bei Mais-, Weizen- und Rapspflanzen den erwünschten Eintrag von Kohlenstoff in den Boden durch Wurzeln und die von den Wurzeln abgegebene Biomasse nicht. Jüngere Pflanzensorten zeichnen sich im Vergleich zu älteren Sorten durch eine geringere Wurzeltiefe aus. Sie tragen daher wahrscheinlich auch weniger Kohlenstoff in den Boden ein.

verbreitet. Bisher ist allerdings nur wenig bekannt, wie genau der Kohlenstoffeintrag in die Böden durch unterschiedliche Bewirtschaftungsformen, Pflanzenarten oder -sorten und unter künftigen klimatischen Bedingungen beeinflusst wird. Diese Aspekte hat das NFP 68-Projekt KOHLENSTOFFEINTRAG vertieft untersucht (Kasten, S. 46).

b) Organische Böden als bedeutender Sonderfall

Besonders anfällig für den Verlust an OBS sind organische Böden. Dazu gehören Moore und andere Böden mit hohem Gehalt an organischer Substanz. Im Vergleich zu mineralischen Böden kann bei organischem Boden der Verlust an organischem Kohlenstoff nicht kompensiert werden. Durch die Entwässerung und Bewirtschaftung erhöht sich die bodenbiologische Aktivität, was den Abbau der OBS begünstigt. Durch diesen Prozess entweichen auch erhebliche Mengen an klimawirksamem CO_2 in die Atmosphäre. Da die OBS in organischen Böden praktisch die gesamte Menge an Bodenfestsubstanz ausmacht, führt deren Verlust zu einem grossen Volumenverlust des Bodens. So verschwinden jährlich mehrere Millimeter bis Zentimeter des Bodens (Torfsackung), weshalb Landwirte immer wieder Bodenaufwertungen vornehmen (Kap. 4.6.2, S. 64). Aus ökologischer und klimapolitischer Sicht ist die Bewirtschaftung der organischen Böden deshalb höchst problematisch (Kasten, S. 48).

Die Freisetzung von Treibhausgasen stellt aus ökonomischer Sicht einen hohen volkswirtschaftlichen Kostenfaktor dar. Die deutsche Studie «Naturkapital Deutschland – TEEB DE» ermittelte den ökonomischen Wert von Moorverlusten auf 120 Euro pro Tonne CO_2[57], was die grosse Bedeutung von Mooren und kohlenstoffreichen Böden für den Klimaschutz deutlich macht.

Die Erhaltung von kohlenstoffreichen Böden (Moorböden) wäre klimapolitisch auch deshalb bedeutsam, weil sie eine besonders günstige Alternative zur Speicherung von CO_2 darstellen – Klimagase im industriellen Bereich oder im Bereich des Strassenverkehrs zu reduzieren, käme vielfach teurer zu stehen. Um organische Böden landwirtschaftlich nutzbar zu halten, müssen sie zudem laufend entwässert werden. Rund ein Drittel aller bestehenden Drainagen auf Moor- und anderen Böden in der Schweiz sind in einem schlechten oder unbekannten Zustand[58]. Die Kosten für deren Sanierung belaufen sich auf schätzungsweise 1,7 Milliarden Franken. Welcher Anteil davon auf organische Böden entfällt, ist nicht bekannt. Es wäre auch zu klären, wer diese Kosten trägt, wobei nach bisheriger Regelung der Bund und die Kantone je einen Drittel dieser Gesamtkosten übernommen haben. Aus ökonomischer Sicht ist die Bewirtschaftung organischer Böden deshalb auch fragwürdig. Die landwirtschaftliche Nutzung von organischen Böden ist demnach insgesamt weder ökologisch noch ökonomisch nachhaltig. Andererseits ist sie für die Gemüseproduktion der Schweiz und die gesamte Landwirtschaft in gewissen Regionen (z.B. Berner Seeland) von grösster Bedeutung.

Das NFP 68-Projekt MOORBÖDEN kommt deshalb zum Schluss, dass es einen bewussten gesellschaftlichen Entscheid darüber braucht, wie künftig mit den derzeit land- und forstwirtschaftlich genutzten, entwässerten organischen Böden umzugehen ist. Ein weiterer Aufschub dieser Fragestellung ist problematisch, da andernfalls die natürlichen Prozesse in entwässerten organischen Böden den Entscheid vorwegnehmen und die ver-

bleibenden organischen Böden über die kommenden Jahrzehnte verloren gehen werden.

4.3.2 Schadstoffeintrag und Klimabelastung durch die Landwirtschaft reduzieren

Von der Landwirtschaft wird erwartet, dass sie immer produktiver wird. Um den Marktansprüchen gerecht zu werden, kommen Dünger und Pflanzenschutz-

Grosse Herausforderungen bei der Bewirtschaftung organischer Böden

Das Projekt MOORBÖDEN kommt zur Erkenntnis, dass sich eine land- oder forstwirtschaftliche Nutzung nicht mit der Erhaltung von Moorökosystemen vereinbaren lässt. Die Bewirtschaftung führt – in unterschiedlicher Geschwindigkeit – zum fast vollständigen Verlust der OBS und damit des Lebensraums Boden mit all seinen Funktionen (Kohlenstoff- und Wasserspeicherfähigkeit, Produktionsfunktion, Speicherung von Treibhausgas). Ausnahmen bilden sehr extensive Nutzungen sowie natürliche Hochmoorwälder. Die Zufuhr von frischem organischem Material beschleunigt den Abbau des Torfes nicht, kann ihn aber auch nicht kompensieren. Die Bewirtschaftung der Moorböden ist deshalb aus ökologischer und klimapolitischer Sicht nicht sinnvoll. Das Projekt gewann im Weiteren folgende Erkenntnisse:

- Eine Verbesserung der Datengrundlage ist unabdingbar. Zur genaueren Erfassung der noch vorhandenen Fläche an organischen Böden und ihres Zustandes sind gezielte Vor-Ort-Aufnahmen des Bodens anzustreben, um vorhandene GIS-basierte Schätzungen zu validieren und zu erweitern. Dies bedeutet vor allem die Kartierung der organischen Böden im Feld.
- Bei landwirtschaftlich genutzten organischen Böden ist eine Wiedervernässung, verbunden mit starker Extensivierung oder Nutzungsaufgabe, eine Option, um OBS und verloren gegangene Bodenfunktionen wiederherzustellen. Als extensive Bewirtschaftungsform würde sich die Paludikultur (spezifische landwirtschaftliche Nutzung von nassen oder wiedervernässten Moorböden) anbieten, die den Anbau von wassertoleranten, nachwachsenden Rohstoffen bezweckt. Das Potenzial einer solchen Kultivierung wurde in der Schweiz noch nicht und international erst wenig untersucht. Der Wechsel auf eine Paludikultur bedeutet aber auch den Verzicht auf andere, attraktivere Nutzungen und damit Mehrkosten. Es kann damit allerdings auch die Freisetzung anderer Nährstoffe in die Gewässer oder die Atmosphäre verbunden sein. Das Projektteam schlägt vor, für Paludikulturen eine Wiedereinführung der Unterstützungszahlungen durch den Bund in Betracht zu ziehen. Des Weiteren sei zu überlegen, ob die Nutzungsaufgabe als Massnahme im Rahmen von CO_2-Kompensationsprojekten berücksichtigt werden kann. Wichtig bei der Entscheidung ist es auch, zu analysieren, wie eine wegfallende Produktion auf diesen Böden kompensiert werden könnte. Forschungsbedarf besteht bei der Frage, ob es ökonomisch interessante Nutzungen organischer Böden gibt, die die Kohlenstoff- und Wasserspeicherfähigkeit erhalten.
- Alternativ kann auch ein bewusster Entscheid gefällt werden, organische Böden weiterhin zu nutzen und deren weitergehende Degradierung und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen und Verluste an Bodenfunktionen in Kauf zu nehmen. Dies entspricht dem Abbau einer nicht erneuerbaren Ressource und bedeutet insbesondere, dass die Probleme nicht gelöst, sondern nur aufgeschoben werden: Früher oder später muss die Nutzung angepasst und die wirtschaftlich problematische Situation der betroffenen Landwirte angegangen werden.
- Das Projektteam empfiehlt zudem, vorhandene naturnahe Moore besser zu schützen. Dies beinhaltet den zeitnahen Rückbau noch aktiver Drainagesysteme auf allen Flächen, die in den Moorinventaren aufgeführt sind.

mittel zum Einsatz. Übermässiger Austrag von Nährstoffen und die in Düngern und Pflanzenschutzmitteln enthaltenen Schadstoffe können die Bodenfunktionen schädigen. Wird die Pufferfunktion der Böden übermässig beansprucht, ist die Gewässerbelastung ein grosses Problem[59–61]. Wichtig ist deshalb der massvolle Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Düngern, wie ihn verschiedene Gesetze und Verordnungen (Dünger-Verordnung, DüV, SR 916.171; Pflanzenschutzmittelverordnung, PSMV, SR 916.161 usw.) regeln. Mit verschiedenen Massnahmen lässt sich der Eintrag von Schadstoff aber noch weiter reduzieren und besser überwachen. In diesem Sinne hat der Bundesrat 2017 den Aktionsplan zur Reduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln verabschiedet[62].

a) Lenkungsabgabe auf Pflanzenschutzmittel einführen

Mit einer nach den verschiedenen Pflanzenschutzmitteln differenzierten Lenkungsabgabe könnten die Risiken für Mensch und Umwelt effektiv reduziert werden. Zu diesem Schluss kommt ein Bericht der ETH Zürich und der Universität Bonn über mögliche Lenkungsabgaben[63]. Die Abgaben müssten jedoch hoch sein, da die Nachfragenden wenig preissensibel sind. Die damit verbundenen Ertragsverluste bei den Landwirten könnten durch Verteilung der Einnahmen aus der Abgabe wieder kompensiert werden. Die thematische Synthese TS1 des NFP 68, «Boden und Nahrungsmittelproduktion», schlägt vor, die landwirtschaftlichen Direktzahlungen noch gezielter an den Verzicht auf problematische Pflanzenschutzmittel zu knüpfen[64].

b) Empfehlungen an Landwirte durch Erkenntnisse aus NFP 68-Projekten ergänzen

Zwei NFP 68-Projekte bieten Informationen, die am ehesten in der Form von technisch-praktischen Empfehlungen an die Landwirte umgesetzt werden könnten, beispielsweise über Merkblätter und Richtlinien (z.B. in landwirtschaftlichen Good Practices, in den «Grundlagen für

Weniger Mineraldünger und Pestizide dank Gründüngung

Das NFP 68-Projekt GRÜNDÜNGUNG erbrachte den Nachweis, dass in konservierenden Anbausystemen durch den geschickten Einbezug von Gründüngungen, also durch den gezielten Anbau bestimmter Pflanzen zur Bodenverbesserung und Unkrautunterdrückung, weniger Herbizide und weniger Dünger eingesetzt werden müssen. Konservierende Anbausysteme verzichten auf das Pflügen und versuchen den Boden weitgehend in seinem Aufbau zu belassen. Da die Gründüngung in der Umsetzung anspruchsvoll ist, müssten Landwirten detailliertere Informationen zur Verfügung gestellt oder entsprechende Weiterbildungen angeboten werden.

Reduzierter Stickstoffdüngereinsatz vermindert Risiko für Hangrutschungen

Das NFP 68-Projekt BODENSTABILITÄT empfiehlt, den Einsatz von Düngemitteln und die Beweidung oberhalb von und in Gebieten, die anfällig für Hangmuren sind, einzuschränken. Dadurch können zu hoher Nährstoffeintrag und Bodenverdichtung vermieden werden. Zu viel Stickstoff reduziert das Wurzelwachstum und die Diversität der Mykorrhiza. Zudem werden standortangepasste Arten verdrängt. Bodenverdichtung beeinträchtigt die Wurzelentwicklung und somit die Wurzelverstärkung – alles Faktoren, die das Risiko von flachgründigen Hangrutschungen, die in der Schweiz immer wieder grosse Schäden verursachen, erhöhen würden.

die Düngung im Acker- und Futterbau», GRUD, von Agroscope und Agridea oder in Merkblättern von Agridea), oder über Aus- und Weiterbildungsmassnahmen, die von Bund, Kantonen oder Organisationen wie Agridea erstellt beziehungsweise angeboten werden:

- Das NFP 68-Projekt GRÜNDÜNGUNG zeigt, wie die Landwirtschaft in gewissen Fällen mit weniger Dünger und Pestiziden auskommen könnte (Kasten S. 49, oben).
- Das NFP 68-Projekt BODENSTABILITÄT ortet punktuellen Handlungsbedarf beim Düngereinsatz (Kasten, S. 49, unten).

Bodenbakterien sorgen für gesunden Boden

Das NFP 68-Projekt BODENBAKTERIEN hat bestätigt, dass der Einsatz von Bodenbakterien als Biokontrollmethode im Getreideanbau zu einem gesunden Boden beiträgt. Bestimmte Bodenbakterien können die Verbreitung von Pflanzenkrankheiten bekämpfen, die über den Boden übertragen werden und die Wurzeln der Pflanze angreifen. Dazu können die Bakterien Pflanzenwurzeln effizient besiedeln, Anti-Pilzstoffe bilden und Abwehrmechanismen der Pflanzen in Gang setzen. Ob und wie sich diese «natürlichen Polizisten» für einen grossflächigen und ökonomischen Einsatz nutzen lassen, ist weiter zu erforschen.

Fadenwürmer bekämpfen schädliche Bodeninsekten

Das NFP 68-Projekt NEMATODEN hat nachgewiesen, dass sich Fadenwürmer (Nematoden) im Kampf gegen schädliche Bodeninsekten wirksam einsetzen lassen. Ihr Vorkommen in Schweizer Landwirtschaftsböden ist aber – unabhängig von der Anbaupraxis – unzureichend, um gegenwärtige oder künftige Bodenschädlinge wirksam zu bekämpfen. Für eine effektive Schädlingsbekämpfung müssten die Fadenwürmer deshalb ausgebracht werden, was mit der heutigen Technik noch zu teuer ist. Daher müssten neue, kostengünstigere Methoden zur Ausbringung entwickelt werden. Im NFP 68-Projekt BIOLOGISCHE SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG arbeiteten die beiden Teams aus den Projekten BODENBAKTERIEN und NEMATODEN zusammen an der Entwicklung einer alternativen Ausbringungsmethode für Nematoden.

Mykorrhizapilze erhöhen Ökosystemleistungen

Das NFP 68-Projekt MYKORRHIZA lieferte neues Wissen über die Nützlichkeit arbuskulärer Mykorrhizapilze. Dabei handelt es sich um eine weitverbreitete Gruppe von Bodenpilzen, die symbiotische Gesellschaften mit vielen Pflanzen, einschliesslich Kulturpflanzen, bilden. Sie leisten zusammen mit anderen Bodenorganismen einen positiven Beitrag zu den ÖSL des Boden Vorgängige Versuche zeigten, dass deren Vielfalt in intensiv bewirtschafteten Böden, beispielsweise durch Düngung und regelmässiges Pflügen, abnimmt. Das Projekt kommt aber nicht zum Schluss, dass es eine extensive Bewirtschaftung braucht, um die nützlichen Bodenpilze und Bodenorganismen gezielt zu fördern, sondern empfiehlt, Massnahmen aus extensiven Bewirtschaftungsformen mit produktivitätssteigernden Massnahmen zu kombinieren (sogenanntes «Ecological Engineering»). Beispielsweise könnte auf Pflügen verzichtet und gleichzeitig durch Zwischenkulturen, Strohmulch oder Pflanzenkohle die Fruchtbarkeit des Bodens erhöht werden. Oder es könnten Kombinationen von Fruchtfolgen entwickelt werden, die sowohl die Bodenbiodiversität als auch die Produktivität fördern. Das Projekt zeigte zudem, dass die Impfung des Bodens mit Mykorrhizapilzen positive Effekte auf die Erträge von Ackerkulturen haben kann, besonders unter verringerter Phosphatdüngung.

c) Entwicklung alternativer Methoden für Dünger und Pestizide unterstützen

Mehrere NFP 68-Projekte suchten nach alternativen Methoden, um den Düngemittel- und Pestizidbedarf zu reduzieren. Es bedarf jedoch weiterer Forschung und Entwicklung, bis diese in der Praxis eingesetzt werden können.

- Das NFP 68-Projekt BODENBAKTERIEN hat bestätigt, dass sich Bodenbakterien eignen für den Einsatz als Biokontrollmethode im Getreideanbau (Kasten, S. 50, oben).
- Das NFP 68-Projekt NEMATODEN wies die Wirksamkeit des Einsatzes von Fadenwürmern (Nematoden) im Kampf gegen schädliche Bodeninsekten nach (Kasten, S. 50, Mitte).
- Das NFP 68-Projekt BIOLOGISCHE SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG entwickelt eine alternative Ausbringungsmethode für Nematoden und Bodenbakterien zur Schädlingsbekämpfung (Kasten, S. 50, Mitte).
- Das NFP 68-Projekt MYKORRHIZA empfiehlt, Massnahmen aus extensiven Bewirtschaftungsformen, die nützliche Bodenpilze und Bodenorganismen fördern, mit produktivitätssteigernden Massnahmen zu kombinieren (Kasten, S. 50, unten).

Die Erforschung von alternativen Methoden sollte weiterhin unterstützt werden; allerdings ist dabei auch zu prüfen, welche Kosten und Risiken mit diesen Methoden verbunden sind und welche Vor- und Nachteile andere Ansätze wie der Einsatz resistenter Pflanzen oder ganz anderer, geeigneter Kulturen aufweisen.

d) Problematik der Antibiotikaresistenzen vertiefen

Schadstoffe können auch indirekt in den Boden gelangen, beispielsweise durch Futtermittel oder Medikamente, die den Tieren verabreicht werden. Ein wichtiges Thema ist dabei die Verbreitung von Antibiotika und damit von Antibiotikaresistenzen über den Boden. Die «Strategie Antibiotikaresistenz» (StAR) hat unter anderem zum Ziel, herauszufinden, ob und wie Antibiotika über den Boden in die Nahrungsmittel gelangen [65].

Antibiotikaresistenzen in Schweizer Böden

Das NFP 68-Projekt ANTIBIOTIKARESISTENZ zeigt, dass in Schweizer Böden von Natur aus verschiedene antimikrobielle Resistenzen (AMR) vorliegen, diese jedoch weder klinisch relevant noch in grosser Zahl anzutreffen sind. Das Projekt liefert auch Hinweise für die gefahrlose Verwendung von tierischen Abfällen in der Landwirtschaft. Das Ausbringen von Mist und Gülle auf landwirtschaftlichen Böden ist ein Eckpfeiler für produktive Böden und eine wichtige Verwertungsmethode tierischer Abfallstoffe. Die Ergebnisse zeigen, dass die ausgebrachte Gülle die Anzahl antibiotikaresistenter Gene im Boden nur sehr kurzzeitig beeinflusst – über einige Tage oder Wochen. Zudem zeigte sich, dass es sich bei den antibiotischen Resistenzgenen in Schweizer Böden mehrheitlich um allgemeine Resistenzmechanismen handelt, von denen keine reelle Gefahr der Übertragung im Rahmen der landwirtschaftlichen Bodennutzung ausgeht. Damit widersprechen die Ergebnisse – zumindest für die untersuchten Fälle – der weitverbreiteten Meinung, dass landwirtschaftliche Aktivitäten für die Verbreitung von antimikrobiellen Resistenzen generell problematisch sind.

Für eine abschliessende wissenschaftliche Beurteilung des Zusammenhangs zwischen Antibiotikaresistenzen in Böden und der Volksgesundheit braucht es weitere Forschungsarbeiten, wurde doch im Rahmen dieses Projektes die Anzahl AMR-Gene nur an wenigen Standorten untersucht, die nicht für alle Bodenarten in der Schweiz repräsentativ sind.

Wie das NFP 68-Projekt ANTIBIOTIKARESISTENZ zeigt, sind die Zusammenhänge sehr komplex und die zu analysierenden Datenmengen extrem gross (Kasten, S. 51). Es braucht deshalb zusätzliche Forschung, um die Zusammenhänge zu verstehen und entsprechende Massnahmen ableiten zu können. Das Nationale Forschungsprogramm «Antimikrobielle Resistenz» (NFP 72) hat Anfang 2017 seine Forschungsarbeiten aufgenommen.

e) Einsatz eines Monitorings der Schadstoffeinträge

Ein im NFP 68-Projekt FRÜHWARNSYSTEM erarbeitetes Modell ermöglichte es kantonalen Bodenschutzfachstellen, Nähr- und Schadstoffeinträge zu überwachen und besser zu steuern (Kasten unten). Die Nationale Bodenbeobachtung (NABO) berechnet bereits an rund fünfzig Standorten anhand jährlicher Bewirtschaftungsdaten Stoffflussbilanzen für Nähr- und Schadstoffe sowie von Pflanzenschutzmitteln, um die Ursachen unerwünschter Veränderungen im Boden erklären zu können[66]. Das erarbeitete Modell ist in der Lage, aufgrund von regionalen Szenarioanalysen auch Prognosen zu erstellen.

f) Klimawandel und Luftverschmutzung reduzieren

Die Landwirtschaft hat auch einen indirekten Beitrag zur Erhaltung der Bodenqualität zu leisten, indem sie ihren Beitrag zum Klimawandel und zur Luftverschmutzung reduziert.

- Um ihren Beitrag zum Klimawandel möglichst gering zu halten, sollte die Landwirtschaft die Treibhausgasemissionen reduzieren, wie die «Klimastrategie für die Landwirtschaft» aufzeigt[67]. Sie sollte auch die OBS erhalten (Kap. 4.3.1,

Modell zur Erkennung unausgeglichener Nähr- und Schadstoffbilanzen

Im NFP 68-Projekt FRÜHWARNSYSTEM wurde ein Modell entwickelt, das es erlaubt, auf regionaler Ebene Nähr- und Schadstoffbilanzen in Karten abzubilden, und damit die Grundlagen schafft, um ausgeglichene Stoffkreisläufe in Ackerböden zu erzielen. Das Modell erkennt anhand von Szenarioanalysen nicht nachhaltige Entwicklungen in der Landwirtschaft und zeigt auf, welche Massnahmen angewendet werden können. Damit lässt sich der Vollzug im Sinne einer nachhaltigen Bodenbewirtschaftung laufend optimieren.

Pflanzenkohle – grosses Potenzial zur Reduktion von Lachgasemissionen

Gemäss TS2 muss zur Reduktion der Emissionen von Lachgas (N_2O) in der Landwirtschaft prioritär ein Überangebot an Stickstoff im Boden vermieden werden. Dazu kann beispielsweise portioniert und räumlich angepasst gedüngt werden oder durch eine Fruchtfolge mit Kunstwiesen und Zwischenfrüchten der Bedarf an Stickstoffdünger reduziert werden. Auch eine Kalkung stark versauerter landwirtschaftlich genutzter Flächen reduziert die N_2O-Emissionen. Entsprechend müssen gemäss NFP 68-Projekt LACHGAS die Düngestrategien angepasst werden. Pflanzenkohle verfügt dabei über das grösste Reduktionspotenzial. Im Vergleich dazu hat die Wahl des Bodenbewirtschaftungssystems (biologisch oder intensiv) nur einen geringen Einfluss. Ein grosser Vorteil der Pflanzenkohle liegt darin, dass sie sich mit anderen Bewirtschaftungsstrategien kombinieren lässt und auch eine leichte Erhöhung des pH-Werts im Boden hervorruft. Um die Pflanzenkohle als optimale Düngestrategie zu empfehlen, ist es aber noch zu früh, kann es doch beim Einsatz von Pflanzenkohle auch zu unerwünschten Einträgen von Fremdstoffen kommen[9].

S. 45), denn darin wird ein Grossteil des Kohlenstoffes in der Schweiz gespeichert.

Die globale Strategie «4 pour mille» (www.4p1000.org) will darauf aufmerksam machen, dass das Klimaziel – die Begrenzung des Temperaturanstiegs auf maximal 1,5 bis 2 Grad – erreicht werden könnte, wenn jährlich 0,4 Prozent mehr Kohlenstoff im Boden gespeichert würde. Einen Beitrag zur Erhöhung des Kohlenstoffspeichers im Boden kann die Landwirtschaft auch leisten, indem sie die Kohlenstoffverluste des Bodens reduziert. Neben CO_2 gehört auch Lachgas (N_2O) zu den klimawirksamen Gasen. Mögliche Wege dazu identifizierten das NFP 68-Projekt LACHGAS sowie die TS2 (Kasten, S. 52 unten).

- Die Landwirtschaft sollte auch ihre Ammoniak-Emissionen möglichst reduzieren, denn diese tragen massgeblich zur Versauerung der Waldböden bei (Kap. 4.4.1, S. 56). Ammoniak (NH_3) entsteht vor allem beim Abbau organischer und mineralischer Dünger und bei der Lagerung von Gülle, aber auch im Stall, beim Ausbringen der Gülle aufs Feld und während der Beweidung. Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) unterstützt die Reduktion der NH_3-Emissionen in der Landwirtschaft unter anderem über Ressourcenprojekte und im Rahmen der Direktzahlungen mit Ressourceneffizienzbeiträgen. Basis dazu bildet das «Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes»[68].

4.3.3 Bodenverdichtung verhindern

Bei der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung ist die Bodenstruktur besonders fragil: Sie ist innerhalb von Sekunden zerstört, wenn der Boden zum falschen Zeitpunkt oder mit der falschen Maschine befahren wird. Gleichzeitig ist sie sehr schwer wiederherzustellen. Die Ergebnisse des NFP 68-Projekts BODENVERDICHTUNG deuten darauf hin, dass der Boden zur Regeneration mehrere Dekaden braucht (Kasten unten). Mehr Hinweise soll ein Langzeitversuch liefern, der im Rahmen des NFP 68 gestartet wurde. Ist die Bodenstruktur durch Verdichtung zerstört, ist die Produktivität während der gesamten Erholungsphase des Bodens eingeschränkt. Auch weitere Funktionen wie die Gas- und Wassertransportfunktion sind nicht mehr im gleichen Ausmass vorhanden. Deshalb gilt es prioritär, die Verdichtung zu verhindern.

Langfristige Folgen der Bodenverdichtung

Das NFP 68-Projekt BODENVERDICHTUNG untersuchte, ob eine bestimmte Bodenbewirtschaftung die Regeneration des verdichteten Bodens fördert. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die verschiedenen Eigenschaften des Bodens unterschiedlich rasch erholen und auch auf Bewirtschaftungsmassnahmen unterschiedlich reagieren. Durch Pflügen lässt sich zwar die Lagerungsdichte des Oberbodens relativ rasch verbessern, nicht jedoch im Unterboden (d.h. unter der Bearbeitungstiefe). Auch Bodenfunktionen wie Transportfunktionen (d.h. Gas- und Wasseraustausch) lassen sich durch Pflügen nicht sofort wiederhergestellt. Insgesamt haben sich viele der Bodenfunktionen in den ersten 18 Monaten nach dem initialen Verdichtungsereignis des Langzeitversuchs kaum erholt. Eine Bodenbearbeitung wie das Pflügen kann also die Bodenverdichtung nicht einfach beseitigen, sodass das Pflanzenwachstum längerfristig beeinträchtigt ist. Die Vermeidung der Bodenverdichtung bleibt damit die langfristig beste Strategie, auch wenn kurzfristig arbeitstechnische und finanzielle Aspekte für das Befahren des Bodens sprechen können.

Den meisten Landwirten ist die Problematik der Bodenverdichtung zwar bewusst. Mit zusätzlichen Fakten über Kostenfolgen könnten sie jedoch zusätzlich sensibilisiert werden, damit für sie noch deutlicher wird, wie lange sie mit welchen Produktionseinbussen rechnen müssen. Ebenso wichtig ist die Information, wie sich Bodenverdichtungen vermeiden lassen, beispielsweise indem auf nassen Böden keine schweren Maschinen eingesetzt werden. Das Thema der Bodenverdichtung ist deshalb verstärkt in die landwirtschaftliche Aus- und Weiterbildung einzubeziehen und in die Beratung zu integrieren. Dazu könnten Empfehlungen (Good Practice) erarbeitet und die Erkenntnisse in das bestehende Tool zur Ermittlung des Bodenverdichtungsrisikos beim Einsatz von landwirtschaftlichen Fahrzeugen (www.terranimo.ch) integriert werden. Allerdings ist dazu zusätzliche Forschung notwendig, um herauszufinden, wann und wo die Verdichtungsempfindlichkeit am grössten ist[7].

Lässt sich eine Bodenverdichtung nicht verhindern, muss es das Ziel sein, die ursprüngliche Bodenstruktur möglichst rasch wiederherzustellen.

4.3.4 Bodenerosion infolge landwirtschaftlicher Nutzung verhindern

Das gesamte Ausmass der Bodenerosionsproblematik ist derzeit nicht bekannt[7]. Es sind deshalb detailliertere Erhebungen erforderlich, bevor konkrete Massnahmen umgesetzt werden. Aufgrund verschiedener Faktoren ist aber künftig mit mehr Erosion zu rechnen (vgl. Szenarien in Kapitel 3.2, S. 22). Dazu zählen:

- mehr Starkniederschläge als Folge des Klimawandels;
- die Förderung der Bewirtschaftung an Steillagen mit einem Steillagenbeitrag im Rahmen der Direktzahlungen, der den zusätzlichen Bewirtschaftungsaufwand – beispielsweise bei der Hofdüngerausbringung – abgelten soll. Auf diese Weise wird eine Bewirtschaftung auch von Hängen gefördert, an denen sie aus Sicht der Bodenerosion teilweise nicht sinnvoll ist.

Um Bodenerosion zu vermindern, gilt es, die Treiber abzuschwächen, das heisst den Klimawandel zu reduzieren, den Druck des Marktes abzufedern und die Direktzahlungen anzupassen. Mit der Klimastrategie des Bundes[26] ist der erste Aspekt bereits abgedeckt. Geprüft werden müsste, ob der Beitrag für die Bewirtschaftung von Steillagen – und allenfalls auch weitere Beiträge – sinnvollerweise nur für erosionsmindernde Formen der Bewirtschaftung bezahlt werden soll. Je nach Ausmass des Problems sind zusätzliche Massnahmen denkbar, von Sensibilisierung der Landwirte über Richtlinien bis zu Verboten oder finanziellen Anreizen.

Alle Empfehlungen (Abb. 16, S. 55) haben zum Ziel, Landwirtschaftsböden langfristig mit hoher Qualität zu erhalten (Ziel U1). Damit ist die wirtschaftliche Bodennutzung durch die Landwirtschaft langfristig eher gesichert (W1). Einige dieser Massnahmen sind mit Kosten verbunden (W2).

Die Massnahme zur Reduktion des Verlustes organischer Böden wirft die Frage auf, ob diese künftig noch bewirtschaftet werden sollen. Damit verbunden sind Effizienzfragen (W3). Würden organische Böden nicht mehr genutzt, würde sich die Fläche reduzieren, die für die Landwirtschaft zur Verfügung steht. Gleichzeitig führt die Massnahme zum langfristigen Erhalt von Landwirtschaftsflächen (U2).

Handlungsempfehlungen und Beitrag zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik

Verlust an OBS minimieren

- Den Verlust an OBS generell reduzieren, indem bewährte Methoden (z.B. organische Düngung, mehrjährige Kunstwiesen) verstärkt eingesetzt und innovative Konzepte wie die Integration von Agroforstelementen ausgebaut werden.
- Die künftige Nutzung organischer Böden grundsätzlich klären. Dabei ist der Gewinn an Bodenqualität und Klimaschutz gegenüber dem Verlust landwirtschaftlicher Nutzfläche abzuwägen.

Schadstoffeintrag und Klimabelastung reduzieren

- Der Schadstoffeintrag in die Landwirtschaft kann reduziert werden:
  - Durch Gründüngung: Dazu brauchen die Landwirte Unterstützung.
  - Mittels Einsatz von Mykorrhizapilzen: Eine praxistaugliche Methode zur Vermehrung dieser Pilze ist aber noch nicht verfügbar.
  - Durch alternative Methoden wie den Einsatz von Fadenwürmern: Die Entwicklung einer praxistauglichen Anwendung ist mit dem NFP 68-Projekt BIOLOGISCHE SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG auf den Weg gebracht (Kasten, S. 50, Mitte).
- Das Wissen über die Verbreitung von Antibiotika in Böden ausbauen.
- Den Einsatz eines Tools, das übermässige Schadstoffeinträge frühzeitig erkennt, auf breiter Basis prüfen (Tool aus dem NFP 68-Projekt FRÜHWARNSYSTEM, Kasten, S. 52).

Bodenverdichtung verhindern

- Sensibilität für das Thema Bodenverdichtung erhöhen und dabei Erkenntnisse aus dem NFP 68-Projekt BODENVERDICHTUNG einfliessen lassen (Kasten, S. 53).

Bodenerosion verhindern

- Probleme allfälliger Bodenerosion beachten.

Die TS1 ortet die Bodengefahren in der Landwirtschaft ebenfalls beim Verlust der OBS, bei der Verdichtung und bei der Erosion und kommt zu ähnlichen Handlungsempfehlungen. Darüber hinaus fordert sie ganz generell, die Direktzahlungen so auszugestalten, dass sie an die erwähnten Bodenbedrohungen angepasst werden können [64]. Zudem sollen die Landwirte ganz generell für die Bedrohungen besser sensibilisiert und in konkreten Massnahmen geschult werden.

Abbildung 16
Beitrag des Handlungsfeldes 2 «Landwirtschaft» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik.

⊕ Positiver Zielbeitrag
⊖ Negativer Zielbeitrag

HF2 Landwirtschaft	W1	W2	W3	U1	U2	U3	G1	G2	G3
Verlust organischer Bodensubstanz minimieren	⊕ [1]	⊖	⊕	⊕	±⊖	⊕			
Schadstoffeintrag und Klimabelastung reduzieren	⊕ [1]	⊖		⊕					⊕
Bodenverdichtung verhindern	⊕ [1]	⊖		⊕					
Bodenerosion verhindern	⊕ [1]	⊖	⊕	⊕					

Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit:
- W1 Bodennutzung durch die Wirtschaft ermöglichen
- W2 Finanzielle Belastungen vermeiden
- W3 Bodennutzung effizient steuern

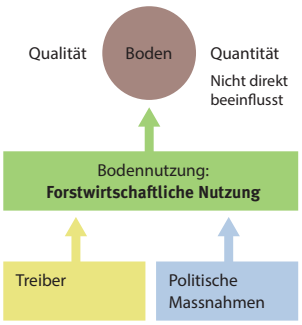
Ökologische Verantwortung:
- U1 Bodenqualität sicherstellen
- U2 Bodenquantität sicherstellen
- U3 Kimawandel vermeiden

Gesellschaftliche Solidarität:
- G1 Regionale, soziale und intergenerationelle Solidarität
- G2 Soziokulturelle Werte erhalten
- G3 Gesundheit der Menschen fördern und schützen

[1] Wirtschaftliche Nutzung durch die Landwirtschaft möglich, wenn Bodenfunktionen erhalten bleiben.

4.4 HF3: Forstwirtschaft

Abbildung 17
Handlungsfeld 3
im Wirkungsmodell-Ausschnitt.



Besonders relevante Treiber
- Klimaerwärmung
- Schadstoffeintrag durch Landwirtschaft und Verkehr

Besonders relevante politische Massnahmen
- «Waldpolitik 2020»

Wichtigste Herausforderungen
- Versauerung des Waldbodens
- Bodenverdichtung durch schwere Maschinen
- Bodenverlust durch oberflächliche Rutschungen
- Wald in der Funktion als Kohlenstoffsenke bedroht

Die Massnahmen bei der Forstwirtschaft sind auf die Qualität des Waldbodens ausgerichtet. Die «Waldpolitik 2020»[69] hat dazu bereits Stossrichtungen und Massnahmen identifiziert, die in den folgenden Punkten teilweise aufgegriffen werden. Nebst der forstwirtschaftlichen Nutzung, die selbst teilweise die Qualität des Waldbodens beeinträchtigt, ist der Waldboden insbesondere durch den Stickstoffeintrag aus der Landwirtschaft und dem Verkehr gefährdet. Die Schweiz zählt beim Klimaschutz auf den Wald als Kohlenstoffsenke. Je grösser die Gefahr der Klimaerwärmung wird, desto wichtiger wird diese Funktion. Der quantitative Schutz des Waldes ist im Folgenden kein Thema, da mit dem absoluten Schutzstatus genügend Fläche vorhanden ist.

4.4.1 Massnahmen gegen die Versauerung des Waldbodens

Eine der grössten Herausforderungen stellt die Versauerung des Waldbodens dar. Die Bäume fangen den Stickstoff aus der Atmosphäre auf und bringen ihn in den Boden. Dadurch steigt der Stickstoffgehalt im Boden, und der Boden versauert. Dies schädigt Bodenlebewesen, und der Boden speichert weniger Nährstoffe. In der Folge sind beispielsweise Bäume weniger stabil verwurzelt und dadurch anfälliger für Windwurf. Eine weit fortgeschrittene Versauerung mobilisiert Schadstoffe wie Schwermetalle und gefährdet das in Wäldern gefasste Grundwasser[70].

Der Stickstoff (N) in der Atmosphäre stammt insbesondere aus der Landwirtschaft (Ammoniakemissionen) und dem Verkehr (Stickoxidemissionen). Darauf kann die Forstwirtschaft keinen direkten Einfluss nehmen (Massnahmen für Landwirtschaft und Verkehr, Kap. 4.3.2, S. 48, und 4.5.4, S. 62). Auch würde der Nährstoffhaushalt erst stark verzögert verbessert. Deshalb sind andere lokale Massnahmen gefragt. Ein Bericht des Bundesrates identifiziert drei Optionen zur Kompensation der Versauerung von Waldböden[11]:

- Waldbauliche Massnahmen wie die Wahl geeigneter Baumarten (z.B. Eiche, Tanne oder Ahorn) sowie Verzicht auf die Vollbaumnutzung (Entnahme ganzer Bäume mitsamt Ästen und Reisig) an gefährdeten Standorten.

- Sanierung durch die Ausbringung von Kalk: Diese Methode ist in der Schweiz im Wald verboten, in Deutschland hingegen wird sie grossflächig eingesetzt. Wenn ein Boden gekalkt wird, erhöht sich seine biologische Aktivität, und der Abbau von OBS

wird begünstigt. Dies ist aus Sicht des Bodenschutzes nicht unproblematisch, ist es doch grundsätzlich erstrebenswert, die OBS zu erhalten (Kap. 4.4.4, S. 57).

- Der Bundesrat rät weiterhin ab, als Sofortmassnahme gegen die Versauerung von Waldböden Asche auszubringen.

4.4.2 Bodenverdichtung verhindern

Eine zweite wichtige Herausforderung stellt die Bodenverdichtung im Wald dar. Eigentlich sind die Massnahmen zur Reduktion der Bodenverdichtung bekannt. So publizierte das BAFU 2016 eine Empfehlung für eine schonende Befahrung von Waldböden[10]. Es mangelt aber an der Kommunikation der Massnahmen an die Akteure und die zuständigen Vollzugsstellen. Eine zusätzliche Herausforderung besteht darin, dass nicht bekannt ist, wo der Boden bereits wie stark verdichtet ist und wo deshalb besondere Vorsicht gilt. Diese Wissenslücke hat bereits die «Waldpolitik 2020» erkannt.

4.4.3 Bodenverlust durch flachgründige Rutschungen reduzieren

Erosionen und flachgründige Rutschungen (bis 2 Meter Tiefe) stellen nicht nur eine Gefahr für Mensch, Gebäude und Verkehrswege dar, sondern gehen auch mit einem merklichen Bodenverlust einher. Das NFP 68-Projekt BODENSTABILITÄT schätzt den Bodenverlust im Falle des Unwetters in Sachseln von 1997 auf 16 500 Kubikmeter[71]. Mit fortschreitendem Klimawandel dürften die Häufigkeit und die Intensität extremer Unwetter zunehmen; damit steigt auch das Risiko für flachgründige Rutschungen.

4.4.4 OBS des Waldes erhalten

Der Wald ist in der Schweiz ein wichtiger Kohlenstoffspeicher. Unter anderem dank der Senkenwirkung des Waldes hat die Schweiz ihre Reduktionsziele gemäss CO_2-Gesetz und Kyoto-Protokoll für die Periode 2008 – 2012 erreicht[73]. Von Bedeutung ist dabei nebst der Speicherung von Kohlenstoff im Holz auch die OBS des Waldbodens. Damit der Wald auch künftig eine Kohlenstoffsenke und keine Quelle

Risiken für Hangrutschungen senken

Das NFP 68-Projekt BODENSTABILITÄT hat die Wirkung von Pflanzen auf die Hangstabilität quantifiziert und Empfehlungen für die Forstwirtschaft erarbeitet, mit denen das Risiko künftiger Hangrutschungen gesenkt werden könnte:

- Waldlücken begrenzen: Waldlücken sollen in der Falllinie eine Länge von 20 bis 30 Metern nicht überschreiten.
- Diversität fördern: Ein reiches Spektrum an Arten, Sukzessionsstadien (d. h. analog der Fruchtfolge auf Landwirtschaftsboden), Pflanzenalter, Schichtung, Durchwurzelungstiefe und Wurzelarchitektur stabilisiert Hänge effizient und nachhaltig.
- Mykorrhizapilze einsetzen: Bei Aufforstungs- und Bepflanzungsmassnahmen (z.B. nach natürlichen Störungen, Verjüngungsschlägen, Neubegründung von Waldbeständen) fördern Mykorrhizapilze stabilisierende Pflanzenleistungen und -entwicklungen.

Diese Massnahmen sollen in die Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion (NaiS)[72] integriert werden.

für Kohlenstoffemissionen bildet, muss es ein grundsätzliches Ziel der Forstwirtschaft sein, die OBS zu erhalten. Mit dieser Frage haben sich drei NFP 68-Projekte auseinandergesetzt:

- Das NFP 68-Projekt WALDBÖDEN untersuchte, ob mit der Aufforstung der Kohlenstoffgehalt im Boden erhöht werden könnte (Kasten, S. 58 oben).

- Die NFP 68-Projekte KOHLENSTOFFDYNAMIK und ANFÄLLIGKEITSINDIKATOREN entwickelten ein Modell und identifizierten Indikatoren, um Böden zu identifizieren, die anfällig sind, ihre Kohlenstoffspeicherfähigkeit zu verlieren (Kasten, S. 58 unten).

Da die Nährstoffverfügbarkeit im Boden direkt vom Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis abhängt, ist Kohlenstoff auch für den Nährstoffhaushalt des Bodens wichtig. Die Nährstoffbilanz eines Bodens muss im «Gleichgewicht» gehalten werden, damit Bäume und andere Pflanzen auch künftig gute Lebensbedingungen haben. Deshalb ist von der Forstwirtschaft ein nachhaltiges Management gefordert[74]. Die «Waldpolitik 2020» sieht deshalb vor, unter Einbezug der Akteure ein Konzept zur Verbesserung des Nährstoffhaushalts im Wald zu erarbeiten[69]. Das Ziel ist, durch eine Überprüfung der Folgen von Stoffentzügen aus dem Wald (z.B. Ganzbaumernte) oder durch Massnahmen zur Kompensation von Nähr-

Klima – dominanter Faktor für den Kohlenstoffvorrat des Waldbodens

Das NFP 68-Projekt WALDBÖDEN untersuchte anhand zahlreicher Bodenprofile die Faktoren, die die Speicherung von Kohlenstoff in Schweizer Waldböden bestimmen. Die Ergebnisse zeigen, dass das Alter eines Waldes kaum Einfluss auf die Kohlenstoffvorräte in den Waldböden hat. Diese Kohlenstoffvorräte verändern sich bei einer Entwaldung oder einer Aufforstung kaum. Demzufolge führt die Wiederbewaldung in alpinen Gebieten in der Schweiz zu keiner grösseren Kohlenstoffspeicherung im Boden. Möglicher Grund für den unerwartet geringen Einfluss des Waldalters auf die Kohlenstoffspeicherung ist die vormalige Nutzung der meisten Standorte als Grünland, in deren Böden der Kohlenstoffeintrag durch Wurzeln höher ist als im Wald und als auf Ackerflächen. Eine zentrale Rolle spielt jedoch das Klima: Ein wärmeres und trockeneres Klima begünstigt den Verlust von OBS, und zwar vor allem bei mächtigeren Bodenschichten in grösseren Höhen.

Risiken für Kohlenstoffverluste bestimmen

Nicht alle Böden sind für den Verlust von OBS gleich anfällig, wie die Untersuchung der Anfälligkeit von OBS im NFP 68-Projekt KOHLENSTOFFDYNAMIK an 54 repräsentativen Waldstandorten in der Schweiz zeigt. Folglich ist es wichtig, zu erkennen, welche Böden ihre Fähigkeit, Kohlenstoff zu speichern, schneller und umfassender als andere verlieren. Auf der Basis der Ergebnisse schlägt das Projektteam ein Modell vor, das anhand der Merkmale des jeweiligen Ökosystems (Klima, Boden, Gelände) vorhersagt, welche Böden in Zukunft das höchste Risiko tragen, ihre OBS zu verlieren.

In eine ähnliche Richtung zielt das NFP 68-Projekt ANFÄLLIGKEITSINDIKATOREN: Es ermöglicht eine genauere Einschätzung der Kohlenstoffmengen, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel in Böden gespeichert und von ihnen freigesetzt werden können. Dazu liefert es umfassende Erkenntnisse über die Wechselwirkung von klimatischen und geologischen Faktoren auf die Störanfälligkeit und die Stabilität von Bodenkohlenstoff.

Handlungsempfehlungen und Beitrag zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik

- Bodenverdichtung durch ungeeigneten Einsatz von Maschinen verhindern.
- Risiko für Bodenverlust durch flachgründige Rutschungen mit weiteren Massnahmen reduzieren.
- Landmanagement in der Forstwirtschaft hinsichtlich der Nährstoffbilanz optimieren, insbesondere die Stickstoffbilanz durch waldbauliche Massnahmen verbessern, und Kalkung als mögliche Massnahme in der Praxis prüfen. Dabei sind Wechselwirkungen mit den anderen Empfehlungen zu prüfen (z.B. Kalkung und Verlust an OBS reduzieren).
- Verlust an OBS reduzieren, um unter anderem die Kohlenstoff-Speicherkapazität des Waldbodens zu erhalten, indem risikoreiche Standorte identifiziert und spezifisch geschützt werden.

stoffverlusten (z.B. durch Austrag von Holzasche) den Nährstoffhaushalt zu erhalten und zu verbessern.

Mit den Handlungsempfehlungen werden mehrere Zielbeiträge geleistet. Primär soll die Waldbodenqualität langfristig gefördert und so die Nutzung durch die Forstwirtschaft nachhaltig erhalten werden (U1 und W1). Auch diese Massnahmen sind wie die Massnahmen in der Landwirtschaft teilweise mit Mehraufwand verbunden (W2).

Die Massnahmen gegen die Versauerung des Waldbodens fördern zudem die Gesundheit der Menschen, da damit weniger Schwermetalle in den Boden gelangen und so das in Wäldern generierte Grundwasser weniger gefährdet ist (G3).

Mit der Reduktion des Verlustes an OBS im Wald soll primär der Wald als Kohlenstoffsenke für den Klimaschutz erhalten bleiben (U3).

Abbildung 18
Beitrag des Handlungsfeldes 3 «Forstwirtschaft» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik.

⊕ Positiver Zielbeitrag
⊖ Negativer Zielbeitrag

HF3 Forstwirtschaft	W1	W2	W3	U1	U2	U3	G1	G2	G3
Massnahmen gegen die Versauerung des Waldbodens	⊕ [2]	⊖		⊕					⊕
Bodenverdichtung verhindern	⊕ [2]	⊖		⊕					
Bodenverlust durch Rutschungen reduzieren	⊕ [2]	⊖		⊕	⊕				⊕
Organische Bodensubstanz erhalten		⊖		⊕		⊕			

Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit:
- W1 Bodennutzung durch die Wirtschaft ermöglichen
- W2 Finanzielle Belastungen vermeiden
- W3 Bodennutzung effizient steuern

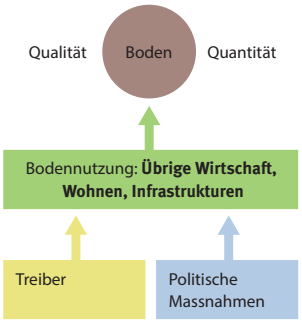
Ökologische Verantwortung:
- U1 Bodenqualität sicherstellen
- U2 Bodenquantität sicherstellen
- U3 Kimawandel vermeiden

Gesellschaftliche Solidarität:
- G1 Regionale, soziale und intergenerationelle Solidarität
- G2 Soziokulturelle Werte erhalten
- G3 Gesundheit der Menschen fördern und schützen

[2] Wirtschaftliche Nutzung durch die Forstwirtschaft möglich, wenn Bodenfunktionen erhalten bleiben.

4.5 HF4: Übrige Wirtschaft, Wohnen, Infrastrukturen

Abbildung 19
Handlungsfeld 4
im Wirkungsmodell-Ausschnitt.



Besonders relevante Treiber
- Wohn- und Arbeitsplatzstruktur
- Soziale und demografische Strukturen
- Technischer Fortschritt

Besonders relevante politische Massnahmen
- Verschiedene sektorale Strategien und Massnahmen (vgl. auch Strategie nachhaltige Entwicklung)

Wichtigste Herausforderungen
- Stetig wachsender Flächenbedarf
- Unsachgemässer Umgang mit Bodenaushub auf Baustellen und bei Baustellen, illegale Bodenaufwertungen
- Bodenfunktionen in Siedlungsgebieten werden nicht gebührend beachtet.

Im Vordergrund des HF4 steht der Schutz der Bodenqualität bei verschiedenen nicht landwirtschaftlichen und nicht forstwirtschaftlichen Nutzungen. Zudem geht das HF4 der Frage nach, wie der Bedarf an Wohn-, Arbeits- und Infrastrukturflächen reduziert werden kann. Dabei geht es in erster Linie um die Nachfrage nach Flächen, also um die Quantität, doch können auch qualitative Probleme wie Schadstoffeinträge eine Rolle spielen. Auf Aspekte wie Kiesabbau, Abfalldeponien, Altlasten usw. wird nicht weiter eingegangen, da sich das NFP 68 damit nicht beschäftigte.

4.5.1 Flächenbedarf für Wohnen, Arbeiten und Verkehr reduzieren

Ein wichtiger Treiber für den Bodenverbrauch ist der zunehmende Flächenbedarf, der mit steigendem Wohlstand und anderen soziodemografischen Faktoren wie zunehmenden Singlehaushalten oder einer älteren Bevölkerung zu erklären ist (Szenarien in Kap. 3.2, S. 22). HF1 behandelte bereits politische Instrumente, die mit Anreizen oder Verboten und Geboten dazu beitragen könnten, den Bodenverlust einzudämmen. HF4 befasst sich mit Massnahmen, die gezielt auf die Reduktion des Flächenbedarfs bestimmter Nutzungen, also der Nachfrage nach Boden, abzielen.

a) Instrumente zur Reduktion des Wohnflächenbedarfs prüfen

Eine Studie im Auftrag des Bundesamtes für Wohnungswesen untersuchte 14 Instrumente, die den Wohnflächenbedarf reduzieren sollten[75]. Vier Instrumente verfügten aus Sicht der Autoren am ehesten über das Potenzial, eine Wirkung zu erzielen und gleichzeitig auf Akzeptanz zu stossen:

- Spezifische Belegungsvorschriften: Es würde bei bestimmten Bauten beispielsweise vorgeschrieben, wie viele Personen in einer Wohnung mindestens leben müssten.

- Spezifische Wohnflächenvorgabe nach Wohnungsgrössen: Die Vorgabe würde sich auf die Anzahl Quadratmeter der Wohnung stützen.

- Umzugshilfe (Beratung): Die Beratung würde versuchen, die Angebots- und Nachfrageseite besser zu vermitteln, insbesondere wenn Nachfragende eine Wohnung suchen, die ihren objektiven Wohnflächenbedarf besser erfüllt.

- Planerischer Dichtebonus für flächensparendes Wohnen: Wohnbauträger erhalten einen Dichtebonus (höhere Ausnützungsziffer, mit der sie eine höhere Rendite erzielen), wenn sie sich für flächensparendes Wohnen verpflichten.

Nicht untersucht wurden Massnahmen zur Deregulierung des Wohnungsmarktes, die möglicherweise das Angebot erhöhen und die Nachfrage senken, allerdings auch sozialpolitische Probleme aufwerfen könnten.

Der Handlungsdruck ist aber generell noch zu klein, als dass solche Instrumente flächendeckend akzeptiert würden. Eine Studie der Hochschule Luzern verfolgt deshalb einen anderen Weg: Sie identifiziert eine Gruppe von Haushalten, die gemäss eigener Einschätzung einen zu grossen Wohnflächenkonsum haben und die gleichzeitig effektiv viel Wohnfläche konsumieren[76]. Bei diesen Haushalten vermutet die Studie Sparpotenzial, kombiniert mit einem potenziellen Willen für eine Veränderung der Wohnsituation. Deshalb schlägt sie konkrete Massnahmen für diese Gruppe vor, der meist finanziell eher Privilegierte angehören und Personen, die aufgrund von Faktoren wie Alter, Haushaltszusammensetzung oder Eigentumsverhältnissen mehr Wohnfläche nutzen, als sie brauchen. Diese Personengruppe deckt insgesamt etwas weniger als 10 Prozent der Haushalte in der Schweiz ab, rund 350 000 an der Zahl. Sie ist kaum mit finanziellen Instrumenten zu beeinflussen. Es könnte aber beispielsweise eine lokale Fachstelle eingerichtet werden, die ältere Personen bei der Suche nach neuen Wohnmöglichkeiten unterstützt (analog zur beratenden Umzugshilfe).

b) Innovative Ideen prüfen

Zur Reduktion des Flächenbedarfs sind auch Ideen aufzugreifen, wie sie in der Sharing-Economy-Bewegung oder im Rahmen der Work-Smart-Initiative diskutiert werden[77]:

- Das «smart sharing» der Hochschule Luzern zeigt, wie dank der Verbindung von Technik, Architektur und Raum eine neuartige, geteilte Nutzung des Wohn- und Lebensraums möglich ist. Mit einer neuen Dreiteilung der Räume können nebst privaten Räumen wie Schlafzimmer und Bad in jeder Wohnung geteilte Räume wie Küche und Wohnzimmer geschaffen werden, die nur wenige Personen mitbenutzen. Weitere Räume wie eine Bibliothek oder ein Gästezimmer könnten vom gesamten Wohnquartier gemeinsam benutzt werden. Auf Basis dieses Konzepts würden 35 Quadratmeter Wohnfläche pro Person benötigt anstatt der heute durchschnittlich 45 Quadratmeter[78].

- Die Work-Smart-Initiative propagiert flexiblere Arbeitsverhältnisse. Damit könnten Büro- und Verkehrsinfrastrukturen intelligenter genutzt werden, wodurch sich der Flächenbedarf für Arbeitsplätze und Verkehr reduzieren würde[79].

Auch neue Technologien können es ermöglichen, die bestehende Infrastruktur effizienter zu nutzen, sodass deren Flächenbedarf reduziert würde. Mit dem Aufkommen von Elektrofahrzeugen könnte etwa geprüft werden, ob das Nachtfahrverbot für Elektrolastwagen noch gerechtfertigt ist.

4.5.2 Bodenfunktionen in der Siedlung gezielt erhalten

Böden in Siedlungsgebieten werden oft unterschätzt; dabei sind ihre Sickerwasserfunktion und ihre Lebensraum- und Erholungsfunktion sehr wichtig[7]. Die Bodenfunktionen müssen deshalb auch in Siedlungsgebieten möglichst erhalten bleiben. Dabei besteht ein Konflikt mit der angestrebten Innenentwicklung (Art. 1 Abs. 2 Bst. a^{bis} RPG). Die Behörden

müssen für diesen Zielkonflikt sensibilisiert werden, und es müssen auch die Grenzen der Innenverdichtung festgelegt werden[80].

Eine weitere Problematik in Siedlungsgebieten sind Gärten. Sie zählen zu den am stärksten belasteten Böden in der Schweiz. Private kennen sich mit Dünger und Pflanzenschutzmitteln nicht aus und verwenden oft zu viel davon. Diese Dünger und Pflanzenschutzmittel erfüllen zusätzlich nicht immer die Vorschriften, wie verschiedene Prüfungen ergeben haben[7]. Dies versucht der Aktionsplan Pflanzenschutzmittel des Bundes[62] zu beheben. Private müssen aber für die Anwendung sensibilisiert werden.

4.5.3 Arbeiten mit Bodenmaterial bei Terrainveränderungen sachgemäss durchführen

Bei baulichen Tätigkeiten wie Aushubarbeiten fällt qualitativ gutes Bodenmaterial an, wobei insbesondere das Unterbodenmaterial in der Regel bisher in Deponien entsorgt wurde. Dadurch geht gutes Bodenmaterial unwiederbringlich verloren, mit dem eigentlich degradierte Landwirtschaftsböden aufgewertet werden könnten. Seit 2016 schreibt die Abfallverordnung auf Bundesebene (VVEA) vor, dass abgetragener Ober- und Unterboden möglichst vollständig zu verwerten ist (Art. 18 VVEA). Der Umgang mit dem Bodenmaterial muss sachgemäss erfolgen, damit der Boden vor physikalischen Belastungen geschützt ist und beispielsweise nicht gebietsfremde Pflanzenarten (Neophyten) verbreitet werden. Dafür müssen die zuständigen Stellen für physikalischen und biologischen Bodenschutz sensibilisiert werden.

4.5.4 Quantitative und qualitative Bodenbelastungen durch den Verkehr reduzieren

Der Verkehr trägt mit Stickstoffdioxid-(NO_2-)Emissionen wesentlich zur Versauerung des Waldbodens und mit CO_2-Emissionen zum Klimawandel bei (Kap. 4.4.1, S. 56). Diese zu reduzieren, muss ein wichtiges Ziel bleiben. Dazu können technische, planerische oder verhaltensändernde Massnahmen eingesetzt werden.

Auch lokal kann der Verkehr zur Verschmutzung des Bodens beitragen. Beispielsweise wird der Boden direkt neben der Strasse durch Luftverwirbelungen durch Pneu- oder Bremsabrieb belastet. Auch kann Strassen- und Gleisabwasser in den Boden sickern und gewisse Bodenfunktionen negativ beeinflussen. Zum Schutz der Gewässer müssen stark frequentierte Verkehrswege jedoch fachgerecht entwässert werden, was auch dem Bodenschutz dient.

Die Empfehlungen im HF4 zielen fast ausschliesslich auf die Sicherung der Bodenqualität und -quantität ab (U1 und U2). Mit innovativen Lösungen für Wohnen und Arbeiten, die in der Massnahme «Flächenbedarf reduzieren» angedacht sind, wird eine wirtschaftliche Bodennutzung verstärkt (W1). Die Massnahme zur Reduktion der Belastungen durch den Verkehr zielt prioritär auf die Reduktion des Schadstoffausstosses ab, um den Klimawandel zu dämpfen (U3). In den meisten Fällen ist davon auszugehen, dass die Massnahmen mit Kosten verbunden sind (W2).

Handlungsempfehlungen und Beitrag zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik

- Flächenbedarf für Wohnen, Arbeiten und Infrastrukturen mit zielgerichteten Instrumenten und innovativen Lösungen reduzieren.
- Bodenfunktionen in der Siedlung gezielt erhalten, indem:
  - Behörden für den Interessenkonflikt zwischen Verdichtung und dem Erhalt von Bodenfunktionen in der Siedlung sensibilisiert werden,
  - Private über den korrekten Pflanzenschutzmittel- und Düngereinsatz informiert werden.
- Bauherren für physikalischen und biologischen Bodenschutz bei Bodenarbeiten sensibilisieren.
- Projektbewilligungsbehörden und Gemeinden für einen sachgemässen Bodenaushub sensibilisieren.
- Die Belastungen des Bodens durch den Verkehr im Rahmen der Luftreinhaltepolitik und des Gewässerschutzes weiterhin reduzieren.

Abbildung 20
Beitrag des Handlungsfeldes 4 «Übrige Wirtschaft, Wohnen, Infrastrukturen» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik.

⊕ Positiver Zielbeitrag
⊖ Negativer Zielbeitrag

HF4 Übrige Wirtschaft, Wohnen, Infrastrukturen	W1	W2	W3	U1	U2	U3	G1	G2	G3
Flächenbedarf reduzieren	⊕	⊖			⊕				
Bodenfunktionen in der Siedlung gezielt erhalten		⊖		⊕					
Arbeiten mit Bodenmaterial sachgemäss durchführen		⊖		⊕	⊕				
Belastungen durch den Verkehr reduzieren		⊖		⊕		⊕			

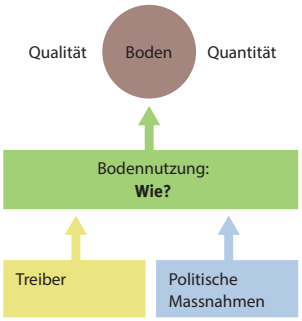
Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit:
- W1 Bodennutzung durch die Wirtschaft ermöglichen
- W2 Finanzielle Belastungen vermeiden
- W3 Bodennutzung effizient steuern

Ökologische Verantwortung:
- U1 Bodenqualität sicherstellen
- U2 Bodenquantität sicherstellen
- U3 Kimawandel vermeiden

Gesellschaftliche Solidarität:
- G1 Regionale, soziale und intergenerationelle Solidarität
- G2 Soziokulturelle Werte erhalten
- G3 Gesundheit der Menschen fördern und schützen

4.6 HF5: Immissionen und belastete Böden

Abbildung 21
Handlungsfeld 5
im Wirkungsmodell-Ausschnitt.



Besonders relevante Treiber
– Marktdruck auf Landwirtschaft

Besonders relevante politische Massnahmen
– Altlastenverordnung und Verordnung über Belastung des Bodens

Wichtigste Herausforderungen
– Uneinheitlicher Umgang mit belasteten Böden
– Illegale Bodenaufwertungen

Das HF5 betrachtet ergänzend zu den übrigen HF, die in erster Linie die Ursachen von Bodenbelastungen (Emissionen im weitesten Sinn) angehen, einige immissionsorientierte Massnahmen.

4.6.1 Umgang mit belasteten Böden vereinheitlichen

Schadstoffe, die den Boden belasten, stammen aus verschiedenen Quellen. Je nach Herkunft ist die Altlastenverordnung (AltIV) oder die Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) relevant: Handelt es sich um Belastungen aus der Ablagerung von Abfällen mit einer beschränkten Ausdehnung (Deponien, Betriebs- oder Unfallstandorte), erfolgt die Beurteilung nach den Vorgaben der AltIV. Stammen die Belastungen hingegen aus diffusen Quellen, kommt die VBBo zur Anwendung. Beide Verordnungen legen fest, dass Massnahmen zur Behebung oder zur Sanierung eingeleitet werden müssen, wenn ein festgelegter Konzentrationswert beziehungsweise Richt- oder Sanierungswert (Art. 35 USG) überschritten ist. Sie verlangen aber bei gleicher Schadstoffbelastung nicht immer die gleichen Massnahmen, weshalb sich eine Vereinheitlichung der beiden Verordnungen aufdrängt. Eine entsprechende Evaluation ist in Erarbeitung.

Insgesamt nimmt die Belastung der Böden mit Schadstoffen ab[81]. Deshalb besteht abgesehen von der Vereinheitlichung der beiden Verordnungen bei der Nachsorge kein konkreter Handlungsbedarf. Der Vollzug bleibt aber weiterhin sehr wichtig.

4.6.2 Vollzug bei Bodenaufwertungen stärken

Mit abgetragenem Bodenmaterial kann landwirtschaftlicher Boden aufgewertet werden. Damit bei diesen Arbeiten die Bodenqualität wirklich verbessert und nicht unnötig belastet wird, muss der Vollzug verbessert werden.

- Da Terrainveränderungen und Bodenaufwertungen erhebliche Eingriffe in die Böden darstellen, ist dazu eine Baubewilligung erforderlich. Heute bringen Landwirte teilweise Boden ohne Bewilligung aus, und zwar insbesondere auf organische Böden (Kap. 4.3.1b, S. 47). Die Bewilligungspraxis und der Vollzug müssen deshalb verbessert werden. Weiter ist zu prüfen, wie die Verwertung von Bodenmaterial verbessert werden kann, beispielsweise über Bodenumschlagplätze (HF4, 4.5.3, S. 62).

- Es darf nur Boden verwertet werden, der weder Fremdstoffe noch invasive gebietsfremde Organismen enthält und der die Richtwerte für belasteten Boden einhält. Grundsätzlich ist der Gesuchsteller verantwortlich für die Prüfung des Bodens. Dies wird von den Kantonen stichprobenartig kontrolliert. In einzelnen Kantonen

Handlungsempfehlungen und Beitrag zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik

- Umgang mit belasteten Böden vereinheitlichen
- Vollzug bei Bodenaufwertungen stärken

muss geklärt werden, wer für die Stichproben zuständig ist (z. B. kantonale Gesundheitsfachstellen oder Bodenschutzfachstellen) und zu welchem Zeitpunkt kontrolliert werden soll. Das entsprechende Vollzugsorgan muss in den Bewilligungsprozess involviert sein.

Die immissionsorientierten Massnahmen umfassen Vollzugsverbesserungen. Damit sollte die Bodennutzung effizienter gesteuert werden (W3). Sie dienen letztlich der Verbesserung der Bodenqualität (U1).

Abbildung 22
Beitrag des Handlungsfeldes 5 «Immissionen und belastete Böden» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik.

⊕ Positiver Zielbeitrag
⊖ Negativer Zielbeitrag

HF5 Immissionen und belastete Böden	W1	W2	W3	U1	U2	U3	G1	G2	G3
Umgang mit belasteten Böden vereinheitlichen			⊕	⊕					⊕
Vollzug bei Bodenaufwertungen stärken			⊕	⊕					

Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit:
- W1 Bodennutzung durch die Wirtschaft ermöglichen
- W2 Finanzielle Belastungen vermeiden
- W3 Bodennutzung effizient steuern

Ökologische Verantwortung:
- U1 Bodenqualität sicherstellen
- U2 Bodenquantität sicherstellen
- U3 Kimawandel vermeiden

Gesellschaftliche Solidarität:
- G1 Regionale, soziale und intergenerationelle Solidarität
- G2 Soziokulturelle Werte erhalten
- G3 Gesundheit der Menschen fördern und schützen

Landakquisitionen im Ausland: Erweiterung der Sorgfaltspflicht

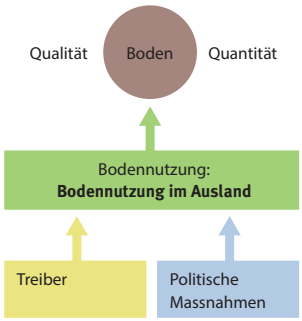
Das NFP 68-Projekt LAND GRABBING analysiert die Nachhaltigkeit einer internationalen Investition in Agrarland am Fallbeispiel der ABSL, einer Tochtergesellschaft der in der Schweiz ansässigen Erdölfirma Addax Oryx Group Energy. Diese pachtete 2008 in Sierra Leone 54 000 Hektaren Landwirtschaftsland für eine Dauer von 50 Jahren zur exportorientierten Produktion von Bioethanol. Die durchgeführten Untersuchungen erlauben eine ganzheitliche Beurteilung grossflächiger Landinvestitionen. Dies wird helfen, den rechtlich-politischen Umgang mit Produkten aus solchen Projekten (Biotreibstoffe, Agrarrohstoffe usw.) auf eine fundierte Basis zu stellen. Das Projekt kommt zum Schluss, dass in Zukunft bei aus der Schweiz stammenden Investitionen in Ländern des globalen Südens die Sorgfaltspflicht um folgende – bisher unberücksichtigte – Aspekte ergänzt werden muss:

- Bei grossflächigen Landinvestitionen müssen, neben der Abklärung von Menschen-, Umwelt- und Gesundheitsabklärungen, wirksame Massnahmen geplant und durchgeführt werden, die es verhindern, dass Einnahmen aus Leasingverträgen und anderen Abgaben nur einer beschränkten Elite zukommen (Verhinderung von «elite capture»).
- Die Schweizer Politik muss darauf pochen, dass eine faire Beteiligung von landbesitzenden und landbesitzlosen Familien im Aushandlungsprozess zwischen Investor und Gastland garantiert ist. Nur mit Landbesitzenden ausgehandelte Verträge unterstützen «elite capture». Sie verstärken bestehende – oder schaffen neue – soziale Spannungen und ökonomische Unterschiede zwischen Landbesitzenden und Landnutzenden und sind nicht nachhaltig.
- Die öffentliche Verwaltung und Politik muss sicherstellen, dass vor der Finanzierung und Implementierung grossflächiger Landinvestitionsprojekte eine Vulnerabilitätsanalyse erstellt wird, die einen Notfallplan mit entsprechenden Verantwortlichkeiten und Finanzierungsmöglichkeiten enthält.
- Private Nachhaltigkeitslabel müssen umfassender formuliert werden, und die Untersuchungen und Daten, die zur Erteilung derartiger Labels führen, müssen der öffentlichen oder wissenschaftlichen Überprüfung zugänglich gemacht werden. Eine öffentliche Diskussion der Labels wäre andernfalls nicht möglich, und die Labels würden deshalb einen zentralen Zweck verfehlen.
- Die Investitions-, Handels- und Steuerregulierung der Gast- und Sitzstaaten und der Internationalen Gemeinschaft ist auf eine nachhaltige Boden- und Landnutzung abzustimmen. Dies erfordert unter anderem:
  – den Abschluss von Investitionsschutzverträgen, die nicht nur die Interessen der Investoren schützen, sondern sie auch zu einer nachhaltigen Umsetzung des Projekts verpflichten,
  – die Formulierung von Handelsverträgen in einer Art, dass nachhaltig erzeugte Produkte Marktzugang zum globalen Norden erhalten,
  – die Formulierung von Nachhaltigkeitsstandards, die nicht zum Ausschluss, sondern zum Einschluss von nachhaltig (und v.a. kleinräumig) erzeugten Produkten führen,
  – eine Begrenzung des internationalen Steuerwettbewerbs über die globale Steuerregulierung, sodass die Anbauländer von Steuereinnahmen profitieren können.

Das NFP 68-Projekt LANDNUTZUNGSENTSCHEIDE widmete sich ebenfalls der Nachhaltigkeit von grossen Land akquisitionen. Die Forschenden der beiden Projekte empfehlen, dass sich die Schweiz weiterhin für Forschungsprojekte einsetzt, die zu Grundlagen beitragen, um transnationale Landkäufe rechtlich, ökologisch, ökonomisch und sozial fair auszugestalten.

4.7 HF6: Internationale Kooperation

Abbildung 23
Handlungsfeld 6
im Wirkungsmodell-Ausschnitt.



Besonders relevante Treiber
- Internationale Handlungspolitik/ Globalisierung
- Klimaerwärmung

Besonders relevante politische Massnahmen
- Auf globaler Ebene fehlt eine Bodenschutzstrategie.

Wichtigste Herausforderungen
- Fehlendes globales Bodenschutzkonzept
- Fehlendes Bewusstsein für Internationalität des Problems Boden

Im Handlungsfeld 6 rückt der internationale Bodenschutz in den Fokus. Ziel muss es sein, dass – auch im Interesse der Schweiz – die Bodenqualität und -quantität international ebenfalls sichergestellt werden kann.

Die Schweiz nimmt zur Produktion von landwirtschaftlichen Produkten weitaus mehr Flächen in Anspruch, als in der Schweiz zur Verfügung stehen (virtueller Landhandel). Der Selbstversorgungsgrad lag 2015 kalorienmässig netto bei 51 Prozent[82], worin sich der internationale Charakter des Bodens spiegelt. Auch nicht landwirtschaftliche Unternehmen beanspruchen teilweise grosse Flächen im Ausland. Mit der Nachhaltigkeit ausgewählter Arten von Landakquisitionen befassen sich die NFP 68-Projekte LAND GRABBING und LANDNUTZUNGSENTSCHEIDUNG (Kasten, S. 66).

Nebst der internationalen Landakquisition hängt die Nutzung der Böden im Ausland indirekt mit der Schweiz zusammen, beispielsweise über das Klima und die Land- und Forstwirtschaft. Es ist deshalb unerlässlich, dass sich die Schweiz an internationalen Gremien zum Bodenschutz proaktiv beteiligt.

Im Fokus von HF6 steht der Beitrag der Schweiz in internationalen Gremien. Der aktive Einsatz der Schweiz soll den Bodenschutz global fördern und so eine ökologische Verantwortung wahrnehmen (U1–3). Vorgeschlagen wird in HF5 zudem, weiterhin Aspekte der Nachhaltigkeit bei transnationalen Landkäufen durch weitere Forschung und Wissenstransfer zu fördern. Diese Massnahme fördert so auch die internationale Solidarität (G1).

Handlungsempfehlungen und Beitrag zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik

- Bei aus der Schweiz stammenden Investitionen in Ländern des globalen Südens sicherstellen, dass die Sorgfaltspflicht um die vom NFP 68-Projekt LAND GRABBING identifizierten Aspekte ergänzt wird.
- Aspekte der Nachhaltigkeit bei transnationalen Landkäufen durch weitere Forschung und Wissenstransfer fördern.
- Schweizer Beitrag in internationalen Gremien zum Bodenschutz verstärken.

Abbildung 24
Beitrag des Handlungsfeldes 6 «Internationale Kooperation» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik.

⊕ Positiver Zielbeitrag
⊖ Negativer Zielbeitrag

HF6 Internationale Kooperation	W1	W2	W3	U1	U2	U3	G1	G2	G3
				⊕	⊕	⊕	⊕		⊕

Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit:
- W1 Bodennutzung durch die Wirtschaft ermöglichen
- W2 Finanzielle Belastungen vermeiden
- W3 Bodennutzung effizient steuern

Ökologische Verantwortung:
- U1 Bodenqualität sicherstellen
- U2 Bodenquantität sicherstellen
- U3 Kimawandel vermeiden

Gesellschaftliche Solidarität:
- G1 Regionale, soziale und intergenerationelle Solidarität
- G2 Soziokulturelle Werte erhalten
- G3 Gesundheit der Menschen fördern und schützen

4.8 HF7: Grundlagen und flankierende Massnahmen (Bodeninformation, Sensibilisierung, Forschung)

Wichtigste Herausforderungen
- Fehlende Bodeninformation
- Fehlende Sensitivität für Probleme des Bodens
- Wissenslücken

Die Massnahmen im Handlungsfeld 7 fördern nicht direkt den Erhalt der Bodenqualität oder -quantität, sind aber als Grundlage für verschiedene oben aufgelistete Massnahmen wichtig.

4.8.1 Bodendaten als Grundlage

a) Flächendeckende Bodeninformation
Fehlende Bodeninformation ist in der Schweiz ein gravierendes Hindernis für die Berücksichtigung der Bodenqualität in der Raumplanung und in der Landwirtschaft und für notwendige politische Entscheide. Konkret haben ausreichende Bodeninformationen im Vollzug Relevanz für die Kompensation und Ausscheidung von FFF, für Meliorationen und für die Verschiebung von Bodenmaterial, aber auch für verschiedene in den NFP 68-Projekten vorgeschlagene Politikinstrumente, die die Bodenqualität berücksichtigen. Die TS4[23] befasst sich umfassend mit der Thematik. Sie formuliert vier Kernbotschaften zuhanden der Politik:

- Eine landesweite Bodenkartierung stellt eine lohnende Investition dar: Jeder in die Erhebung von Bodeninformationen investierte Franken generiert einen Mehrwert von 2 bis 13 Franken. Bei einer auf Bodeninformationen basierenden, standortgerechteren Anpflanzung geeigneter Kulturen kann beispielsweise der Mineraldüngereinsatz oder das Erosionsrisiko reduziert werden. Die Politik ist deshalb gefordert, prioritär zu kartierende Bodeneigenschaften, Gebiete und Etappen zu bestimmen. Dabei soll auf die für die nachhaltige Nutzung und den Schutz der Böden drängendsten Aspekte Rücksicht genommen werden wie siedlungsnahe, für die Landwirtschaft hochwertige FFF. Die Kosten für eine landesweite Bodenkartierung belaufen sich gemäss TS4 auf 15 bis 25 Millionen Franken pro Jahr während zwei bis maximal drei Jahrzehnten.

- Für eine flächendeckende Bodenkartierung sollen mit Fallstudien neuste Technologien erprobt und gestützt darauf schweizweit einheitliche Standards für die Bodenkartierungen festgelegt werden.

▪ Unter dem Titel «Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH)» soll eine Informationsplattform und Datendrehscheibe aufgebaut werden, die die Aufgabe hat, Bodeninformationen zu harmonisieren und verschiedene Produkte zur Verfügung zu stellen. Dabei kann auf dem Nationalen Bodeninformationssystem (NABODAT) aufgebaut werden, in dem der Bund und die Kantone die digitalen Bodendaten der Schweiz nach einem einheitlichen Modell erfassen und verwalten. Für räumliche Auswertungen ist die Datenbank mit einem geografischen Informationssystem verknüpft. Damit stehen die Bodeninformationen in NABODAT für unterschiedliche Fragestellungen und verschiedenste Fachdisziplinen zur Verfügung. Darin sind die Daten jedoch nicht für alle frei verfügbar, was aber aus Sicht der TS4 für Bund, Kantone und Gemeinden sowie für die Öffentlichkeit und die Forschung eine zentrale Voraussetzung darstellt und mit der BIP-CH sichergestellt werden soll.

▪ Ausgehend von den Bodendaten sollen Tools und Indikatoren entwickelt werden, die in der Politik und im Vollzug direkt angewendet werden können. Mehrere NFP 68-Projekte haben Instrumente vorgeschlagen, die auf einem Bodenindikator basieren. Hilfreich sind beispielsweise Bodenkarten, wie sie das NFP 68-Projekt BODENKARTEN für erste Gebiete erarbeitet (Kasten unten). Zusätzlich braucht es einen interdisziplinären Wissenstransfer, beispielsweise von Boden- zu Raumplanungs- oder Landwirtschaftsexpertinnen und -experten.

b) Bodenmonitoring

In Bodenüberwachungsprogrammen (Monitoring) wird die zeitliche Veränderung ausgewählter Bodeneigenschaften überwacht. Auf nationaler Ebene beobachtet die Nationale Bodenbeobachtung (NABO) bereits seit rund dreissig Jahren die Qualität des Bodens in der Schweiz. An über hundert Standorten werden nebst chemischen auch physikalische und biologi-

Vorschläge für Schweizer Bodenfunktionskarten

Das NFP 68-Projekt BODENKARTEN hat in einem ersten Schritt mittels statistischer Verfahren vorhandene Bodendaten mit räumlich flächendeckend vorhandenen Umweltvariablen verknüpft und daraus flächenhafte Aussagen über die Eigenschaften von Böden abgeleitet. Dies entspricht einer neuen Technologie zur Bodenkartierung, wie sie die TS4 in ihrer zweiten Kernbotschaft fordert. In einem zweiten Schritt hat das Projekt Bodenfunktionskarten für die landwirtschaftliche Produktion, für die Regulierung von Nährstoff- und Wasserkreisläufen sowie für die Filterung von Schadstoffen erstellt. Aus diesen kann der «Wert» des Bodens für verschiedene Bodenfunktionen direkt abgelesen werden. Dabei wurde von den Bodeneigenschaftskarten ausgegangen, und es kamen die in Deutschland und in der Schweiz etablierten Bewertungsverfahren zur Anwendung.

sche Bodenbelastungen überwacht. Einige Kantone betreiben zusätzlich eigene Monitoringprogramme. Die Beobachtung steht aufgrund des Klimawandels und neuer Forschungsergebnisse vor neuen Herausforderungen. Beispielsweise möchte das BAFU künftig auch die Bodenbiodiversität über das NABO-Messnetz verfolgen[66], oder es bedarf – wie die TS2 anmerkt – für das Schweizer Treibhausgasinventar eines räumlich besser aufgelösten Monitoringsystems als jenes, das für NABO zum Einsatz kommt. Aufgrund neuer Erkenntnisse werden auch Erhebungen zur Verbreitung von Antibiotikaresistenzen im Boden von Bedeutung.

Werden die Bodeninformationen flächendeckend erhoben (Kap. 4.8.1a, S. 68), könnte die Bodenbeobachtung die Qualität des Bodens generell – und nicht nur bezüglich Belastungen – observieren. So liesse sich das Monitoring als künftiges Steuerungsinstrument einsetzen: Es könnten Bodenqualitätsziele für verschiedene Regionen und, basierend auf dem Monitoring, regionale Massnahmen festgelegt werden. Die TS1 «Boden und Nahrungsmittelproduktion» sieht in einem standortspezifischen Bodenmonitoring Potenzial, die Landwirtschaft für die Bodenproblematik stärker zu sensibilisieren und Bewirtschaftungsformen entsprechend auszurichten.

4.8.2 Sensibilisierung für Bodenthemen

Eine Bodenpolitik kann nur nachhaltig sein, wenn der Boden nicht mehr nur als Fläche, sondern in seiner Drei- und Vierdimensionalität verstanden wird. Gerade in der Raumplanung fehlen dazu teilweise das notwendige Verständnis und die Kenntnis für den Wert und die Empfindlichkeit des Bodens und seiner Funktionen. Umgekehrt fehlt bei den Bodenschutzfachleuten oftmals das Verständnis für die Aspekte der Raumplanung. So besteht eine grosse und wichtige Schnittstelle zwischen zwei Themenfeldern, ohne dass die Fachpersonen einander gegenseitig effektiv verstehen. An dieser Schnittstelle ergibt sich Bedarf für Vermittlungsarbeit und einen Austausch zwischen den zuständigen Personen, sei es in der Forschung, der Verwaltung oder der Politik.

Nicht nur die Raumplanungsfachleute, sondern generell die wichtigsten Akteure müssen für den Wert des Bodens und seine Qualität sensibilisiert werden. Sie müssen erkennen, welche ÖSL der Boden erbringt und welche Konsequenzen deren Verlust mit sich bringt. Als Grundlage für diese Vermittlung eignet sich auch das Konzept des NFP 68 zu den ÖSL[2].

Zentrale Akteurgruppen für die Sensibilisierungsarbeit sind die Verwaltung, die Politik und die Forschung, aber natürlich auch die Nutzenden des Bodens (Land- und Forstwirte, Private, übrige Wirtschaft). Diese müssen zielgruppenspezifisch angegangen werden. Soll eine absolute

Sensibilisierung von Akteuren im Landwirtschaftssektor

Die TS1 spricht konkret die Kommunikation für die Zielgruppe der Landwirte an: Sie sollen den Boden mit all seinen Funktionen besser verstehen und in der Ausbildung für die Bedeutung der Bodenqualität sensibilisiert werden. Es sind aber auch Akteure indirekt in die Bodenbewirtschaftung involviert, die wenig landwirtschaftliches Know-how haben, etwa Grundeigentümer von Kulturland, landwirtschaftliche Grossunternehmen und die landwirtschaftliche Beratung. Auch diese müssen die Bodenfunktionen kennen und sich der Konflikte zwischen Bodennutzung und Bodenschutz bewusst sein.

Grenze für den Bodenverbrauch in der Schweiz eingeführt werden, wie in Kapitel 2.2 diskutiert und von der TS3 vorgeschlagen, müsste bei allen Akteursgruppen gewiss noch umfassende Kommunikationsarbeit geleistet werden.

4.8.3 Wissenslücken schliessen

Die Projekte des NFP 68 haben zahlreiche Wissenslücken geschlossen. Dennoch verbleiben noch welche, die es weiter zu ergründen gilt. Einige seien hier genannt:

- Die TS3 fasst die wichtigsten Forschungslücken im Bereich der Raumplanung in ihren Empfehlungen zusammen. Wichtig ist vor allem die Frage, wo ein möglicher Grenzwert liegt, bei dem der Bodenverbrauch in der Schweiz gestoppt werden muss, damit der Boden die Funktionen und ÖSL noch erbringen kann. Wie auch die TS5 zeigt, müssten die vorgeschlagenen Instrumente noch konkretisiert werden, mit denen eine Limitierung des Bodenverbrauchs umgesetzt werden könnte. Ein Weg dazu sind Pilotversuche zu Bodenindexpunkten, wie sie die Stiftung sanu durabilitas mit einzelnen Gemeinden plant.

- Die TS4 verweist auf die umfangreichen Wissenslücken über die fehlenden Bodeninformationen in der Schweiz (Eigenschaften, Funktionen, Art, Umfang und Qualität der Böden).

- Die TS1 erkennt Forschungsbedarf beim Zusammenhang zwischen dem Boden und der Lebensmittelqualität. Dazu laufen im Nationalen Forschungsprogramm «Gesunde Ernährung und nachhaltige Lebensmittelproduktion» (NFP 69) verschiedene Forschungsprojekte, beispielsweise zu den Schwermetalleinträgen in landwirtschaftliche Böden.

Es gibt aber auch Bereiche, in denen aus Qualitätsgründen oder mangels Angeboten aus der Forschung keine NFP 68-Forschungsprojekte finanziert werden konnten, beispielsweise zur Rolle der Finanzmärkte für die Raumentwicklung und den Immobilienmarkt oder zur Frage des Bodeneigentums. Ebenso fehlt eine umfassende internationale Betrachtung der Ressource Boden: Für künftige Politikentscheide müssten die Entscheidungsträger wissen, welche Konsequenzen eine konkrete Massnahme für den internationalen Bodenverbrauch hat oder wo das Potenzial für eine allfällige Kompensation im Ausland liegt. Es fehlen auch konkrete praxisorientierte Pilotprojekte, mit denen beispielsweise in einzelnen Gemeinden ein Instrument ausprobiert werden könnte. Für einen umfassenden und fundierten Bodenschutz ist es wichtig, die erwähnten Wissenslücken zu schliessen.

Für viele der identifizierten Massnahmen in den Handlungsfeldern 1 bis 6 fehlen die notwendigen Grundlagen oder die Sensibilität der betroffenen Akteure. Um die Voraussetzungen für diese Massnahmen zu verbessern, werden in HF7 drei Massnahmen vorgeschlagen. Diese tragen indirekt über verschiedene Handlungsempfehlungen zu den Zielen bei.

Handlungsempfehlungen und Beitrag zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik

- Erarbeitung Bodeninformations-Plattform Schweiz anpacken
- Zielgruppenspezifisch sensibilisieren: Verwaltung, Politik, Bodennutzende (Land- und Forstwirtschaft, Private, übrige Wirtschaft)
- Wichtige Forschungslücken schliessen

4.9 Bilanz der möglichen Zielbeiträge der Massnahmen

Welche Empfehlungen zu welchen Zielen und somit zur nachhaltigen Bodenpolitik beitragen, wurde je Handlungsfeld diskutiert. Abbildung 25 gibt nochmals einen Überblick über die Einschätzung der Wirkungen. Mit den identifizierten Handlungsempfehlungen wird in erster Linie der Erhalt der Bodenqualität und -quantität gefördert. Wie die drei Zukunftsszenarien (Kap. 3, S. 22) deutlich machen, bestehen selbst bei geringem Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum und bei reduziertem Klimawandel dort die grössten Ziellücken.

Abbildung 25 zeigt auch, dass mit den vorgeschlagenen Massnahmen insbesondere die ökologische Verantwortung verstärkt wahrgenommen werden kann, teilweise auf Kosten der kurzfristig verstandenen wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit. Längerfristig ist ein gesunder Boden aber auch für die Wirtschaft eine unerlässliche Lebensgrundlage. Beim Bodenschutz und beim Erhalten von freien Flächen geht es indirekt immer auch um regionale und soziale Verteilungsfragen und die Generationengerechtigkeit und damit um die gesellschaftliche Solidarität: Nur wenn der Boden heute nicht irreversibel geschädigt wird, kann man morgen noch über seine Verwendung entscheiden – wer dagegen heute Boden zerstört, lässt für künftige Generationen keine Entscheidungsspielräume offen.

Entsprechend wurde eine Zeile mit diesen generellen beziehungsweise indirekten Zielbeiträgen, die insbesondere positiv auf die Wirtschaft und die Gesellschaft wirken, in die Abbildung eingefügt. Dies kann und soll aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass im NFP 68 wichtige wirtschaftliche und gesellschaftliche Fragen (z.B. Regionalpolitik, Eigentumsfragen, Immobilienmärkte) nicht untersucht wurden und hier deshalb Forschungslücken bestehen.

Abbildung 25
Beitrag der Massnahmen zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik.

⊕ Positiver Zielbeitrag
⊖ Negativer Zielbeitrag

Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit

W1 Bodennutzung durch die Wirtschaft ermöglichen
W2 Finanzielle Belastungen vermeiden
W3 Bodennutzung effizient steuern

Ökologische Verantwortung

U1 Bodenqualität sicherstellen
U2 Bodenquantität sicherstellen
U3 Kimawandel vermeiden

Gesellschaftliche Solidarität

G1 Regionale, soziale und intergenerationelle Solidarität
G2 Soziokulturelle Werte erhalten
G3 Gesundheit der Menschen fördern und schützen

	W1	W2	W3	U1	U2	U3	G1	G2	G3
HF1 Raumordnung und übergeordnete Massnahmen									
Eindämmung des Bodenverlustes	⊖	⊖	⊕	⊕	⊕				
Sinnvolle räumliche Zuordnung	⊕		⊕	⊕	⊕		⊕		
HF2 Landwirtschaft									
Verlust organischer Bodensubstanz minimieren	⊕ [1]	⊖	⊕	⊕	⊕⊖	⊕			
Schadstoffeintrag und Klimabelastung reduzieren	⊕ [1]	⊖		⊕					⊕
Bodenverdichtung verhindern	⊕ [1]	⊖		⊕					
Bodenerosion verhindern	⊕ [1]	⊖	⊕	⊕					
HF3 Forstwirtschaft									
Massnahmen gegen die Versauerung des Waldbodens	⊕ [2]	⊖		⊕					⊕
Bodenverdichtung verhindern	⊕ [2]	⊖		⊕					
Bodenverlust durch Rutschungen reduzieren	⊕ [2]	⊖		⊕	⊕				⊕
Organische Bodensubstanz erhalten		⊖		⊕		⊕			
HF4 Übrige Wirtschaft, Wohnen, Infrastrukturen									
Flächenbedarf reduzieren	⊕	⊖			⊕				
Bodenfunktionen in der Siedlung gezielt erhalten		⊖		⊕					
Arbeiten mit Bodenmaterial sachgemäss durchführen		⊖		⊕	⊕				
Belastungen durch den Verkehr reduzieren		⊖		⊕		⊕			
HF5 Immissionen und belastete Böden									
Umgang mit belasteten Böden vereinheitlichen			⊕	⊕					⊕
Vollzug bei Bodenaufwertungen stärken			⊕	⊕					
HF6 Internationale Kooperation				⊕	⊕	⊕	⊕		⊕
HF7 Grundlagen und flankierende Massnahmen									
Bodendaten als Grundlage	Als Grundlage für verschiedene Massnahmen ⇢ indirekter Zielbeitrag								
Sensibilisierung für Bodenthemen									
Wissenslücken schliessen									
Genereller und indirekter Zielbeitrag	⊕	⊕	⊕			⊕	⊕	⊕	⊕

Wirtschaftliche Nutzung möglich, wenn Bodenfunktionen erhalten bleiben:
[1] durch die Landwirtschaft
[2] durch die Forstwirtschaft

5 Wie können die Empfehlungen umgesetzt werden?
Akzeptanz und Vollzug

5.1 Akzeptanz

Damit die vorgeschlagenen Massnahmen umgesetzt werden können und sie auch effektiv angewendet werden, müssen sie von der Öffentlichkeit und insbesondere den betroffenen Akteuren akzeptiert sein. Eine Studie im Auftrag des Bundesamtes für Wohnungswesen stellt bei der theoretischen Analyse von 14 Raumplanungsinstrumenten fest, dass diejenigen Instrumente, die eine hohe Wirksamkeit haben, aufgrund ihrer «Eingriffstiefe» hinsichtlich einer Umsetzung problematisch sind und dass weniger weitgehende Instrumente von ihrer Wirksamkeit her eingeschränkt sind[75]. Diese Problematik gilt generell und macht die Steuerung der nachhaltigen Bodennutzung zu einer Herausforderung.

5.2 Bodengouvernanz: Zuständigkeiten und Finanzierung

Wer ist für die Umsetzung einer nachhaltigen Bodenpolitik zuständig? Welchen Beitrag können Bund, Kantone, Gemeinden, Verbände und die Forschung leisten? Und wer soll das bezahlen? Dies sind die Fragen, die man unter dem Oberbegriff «Bodengouvernanz» aufwerfen kann (Prozessziele in Tabelle 2, S. 21).

Das NFP 68-Projekt POLITIKINSTRUMENTE untersuchte die Akzeptanz von Raumplanungsvorlagen in der Schweiz und hat seine Empfehlungen in zehn Punkten zur Verbesserung der Akzeptanz solcher Vorlagen zusammengefasst (Kasten, S. 75).

Die vorgeschlagenen Massnahmen lassen sich nicht fix einer Staatsebene oder einer Institution zuordnen. Bei allen braucht es die richtigen Rahmenbedingungen und verstärkte Koordinationsanstrengungen durch den Bund. Der Vollzug wird zweckmässigerweise weiterhin bei den Kantonen liegen. Doch auch innerhalb der Kantone und zwischen ihnen braucht es eine gute Koordination, denn oft sind mehrere Direktionen oder Fachbereiche für den Bodenschutz zuständig, beispielsweise (je nach kantonaler Organisation) die Ämter für Umwelt, Wald, Landwirtschaft, Boden, Gewässer, Abfall und Raumplanung.

Die Zuteilung der Hauptverantwortung und des Vollzugs an die Kantone führt zwar im positiven Fall zu einem «föderalistischen Labor» mit vielen guten Ideen und einer gewissen belebenden Konkurrenz, kann aber auch zu problematischen Unterschieden im Vollzug (z.B. ungleiche Voraussetzungen für die Bodennutzung durch die Wirtschaft) und zu mangelhafter Nutzung von Synergien führen. Es stellt sich deshalb die Frage, ob es bei gewissen Aufgabenbereichen stärkere Bundeskompetenzen oder -aktivitäten braucht. Dies ist der Fall bei der Koordination der Erhebung von Bodendaten und beim Aufbau einer «Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH)». In der Raumplanung hat das RPG 1 eine gewisse Stärkung – bereits geltender – gesamtschweizerischer Grundsätze gebracht, die Hauptverantwortung liegt aber weiterhin bei den Kantonen. Nach allen bisherigen Erfahrungen und aufgrund des starken wirtschaftlichen Standortwettbewerbs zwischen den Kantonen dürfte es schwierig sein, ohne Stärkung der Bundesverantwortung die Ziele einer nachhaltigen Nutzung des Bodens und insbesondere eine starke Reduktion des quantitativen Bodenverbrauchs und der qualitativen Bodenbelastungen gesamtschweizerisch zu erreichen. Allerdings stösst jegliche Zentralisierung auf grossen Widerstand der Kantone.

Auch die Ressourcen bilden eine bedeutende Herausforderung: Bei gewissen Fachstellen fehlt es für einen zielgerichteten Vollzug an personellen und finan-

Akzeptanz von Raumplanungsvorlagen in der Schweiz

Ob eine Massnahme im politischen Prozess und in einer Abstimmung akzeptiert wird, hängt gemäss Untersuchungen des NFP 68-Projekts POLITIKINSTRUMENTE vom Inhalt, aber auch vom Kontext und von der Kommunikation ab. Um die Akzeptanz zu steigern, macht das Projektteam folgende Empfehlungen:

1. Besonderheiten der Raumordnungs- und der Bodenpolitik beachten: Raumplanung wirkt sich fast immer direkt auf viele Stimmberechtigte aus, während «Boden» im qualitativen Sinn bis heute für viele eine abstrakte Grösse ist; beides macht dieses Politikfeld besonders schwierig.

2. Chancen von anreizorientierten Instrumenten nutzen: Das Projekt zeigt, dass anreizorientierte Raumplanungsinstrumente je nach Konzeption auf Akzeptanz stossen können.

3. Durch fundierte Abschätzung der Auswirkungen einer Massnahme die Unterstützung bei den politischen Entscheidungsträgern und in der Bevölkerung sichern: Hierfür müssen die Auswirkungen einer Massnahme fundiert geklärt werden. Auf diese Weise steigen die Chancen, dass die Stimmbevölkerung das nötige Vertrauen in die Entscheidungsträger gewinnt.

4. Konsens oder zumindest Unterstützung suchen und Adressaten frühzeitig einbinden: Wer eine Massnahme umsetzen muss, beispielsweise Kantone oder Gemeinden, muss frühzeitig angehört werden. Damit kann die Unterstützung dieser Kreise gewonnen werden und die unter Umständen kritische, auch von Parteihaltungen geprägte Grundeinstellung überwunden werden.

5. Den Kreis der «Gewinner» maximieren: Der Kreis derjenigen, die von einer Massnahme begünstigt werden, muss durch die Konzeption der Massnahme möglichst gross, der Kreis der negativ Betroffenen so klein wie möglich gefasst werden.

6. Gut organisierte Interessengruppen berücksichtigen: Weil der Einfluss von gut organisierten Akteurgruppen besonders gross und wirksam ist, müssen diese bei der Konzeption und Kommunikation prioritär einbezogen werden.

7. Die Skepsis von Direktbetroffenen ernst nehmen: Wer Gebäude oder Grundstücke besitzt, reagiert auf Boden- und Raumplanungsmassnahmen besonders hellhörig und skeptisch. Die Befürchtungen dieser und von weiteren direkt Betroffenen müssen bei der Gestaltung und Kommunikation der Massnahme gut beachtet werden. Dies gilt auch für die Anliegen der Kreise, die staatlichen Regulierungen aller Art oft mit Ablehnung begegnen.

8. Verständlich kommunizieren: Raumplanung und Bodenpolitik sind komplex, und um die Bevölkerung von einer Massnahme zu überzeugen, muss einer einfachen und verständlichen Kommunikation besonders hohe Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die Forschungsergebnisse zeigen, dass die Verständlichkeit einer Massnahme für deren Akzeptanz eine Rolle spielt.

9. Bei der Kommunikation die Ziele und den Nutzen in den Vordergrund stellen: Dies ist in der Regel wirksamer, als auf die negativen Folgen von «weiter wie bisher» zu verweisen.

10. Gute und fundierte Argumente liefern: Die Forschungsergebnisse zeigen, dass Fakten allein zwar nicht ausreichen, Argumente für oder gegen eine Massnahme jedoch von den Wählerinnen und Wählern aufgenommen werden und eine nicht unwesentliche Rolle für die Akzeptanz einer Massnahme spielen.

Neue, innovative und wirksame Politikinstrumente scheitern nach Ansicht des Forschungsteams nicht unbedingt an der fehlenden Akzeptanz, ganz im Gegenteil: Die vorhandene Akzeptanz ruft nach ergänzenden, für eine Mehrheit langfristig nutzbringenden Massnahmen. Vielleicht kann gerade das «föderalistische Labor» der Schweizer Kantone durch eine schrittweise Einführung innovativer Massnahmen und das Aufzeigen der Akzeptanz, der Umsetzbarkeit und der positiven Wirkungen bestimmter Massnahmen eine Dynamik auslösen.

ziellen Mitteln. Beispielsweise haben sich einige Kantone bewusst gegen eine flächendeckende Kartierung entschieden, weil sie ihrer Einschätzung nach zu teuer wäre. Der Umgang mit den meist knappen Ressourcen stellt somit eine wichtige Herausforderung dar.

Einen Beitrag zur Umsetzung einer nachhaltigen Bodenpolitik könnten folgende Punkte leisten:

- Weiterführung der Arbeiten für eine nationale Bodenstrategie unter Einbezug der Kantone und Gemeinden; dabei sollte versucht werden, die Aspekte des quantitativen Bodenschutzes verstärkt zu berücksichtigen und eine umfassende Gesamtsicht zu erarbeiten.

- Erarbeitung von Szenarien und Perspektiven im quantitativen und qualitativen Bodenschutz: Zwar liefern neuere Daten und Erhebungen und die Projekte des NFP 68 interessante Erkenntnisse, es fehlt aber eine Verdichtung von Szenarien und ein Perspektivbericht, wie sie in der Klima-, der Energie- oder der Verkehrspolitik vorliegen. Damit würde klarer, wo mittel- und langfristig die bedeutendsten Herausforderungen im Umgang mit der Ressource Boden liegen und von welchen heutigen und künftigen politischen Massnahmen eine Wirkung zu erwarten ist.

- Verstärkte Zusammenarbeit zwischen Raumplanungs- und Bodenschutzfachleuten auf allen Ebenen, beispielsweise durch eine Aufwertung gemeinsamer Fachgremien von Bund und Kantonen (sowie von Städten und Gemeinden), eine gemeinsame Austauschplattform und die gegenseitige bessere Berücksichtigung der Anliegen in den Verbands- und Fachpublikationen.

- Schaffung von Koordinationsgremien oder -plattformen in den Kantonen, damit sich Raumplanung, Bodenschutz, Landwirtschaft und weitere betroffene Kreise besser absprechen.

- Bemühungen um eine Erhöhung der finanziellen und personellen Mittel im Bereich der Bodenpolitik (Raumplanung, Bodenschutz sowie Land- und Forstwirtschaft).

- Zusammenschluss funktionaler Räume für raumplanerische Entscheide.

6 Wie weiter?
Eine Roadmap für eine nachhaltige Bodenpolitik

Eine nachhaltige Bodennutzung soll unter Berücksichtigung der drei Nachhaltigkeitsdimensionen Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft langfristig den Erhalt der unverbauten Bodenflächen (quantitativ) und der Bodenfunktionen und ösl (qualitativ) sicherstellen. Die TS5 identifiziert Massnahmen in verschiedenen Handlungsfeldern (HF; Abb. 25, S. 73), die den Verlust an Boden in quantitativer und qualitativer Hinsicht bremsen. Diese lassen sich – stark vereinfachend – zu einer «Roadmap für eine nachhaltige Bodenpolitik» zusammenfassen. Die Reihenfolge der Punkte folgt der Behandlung der Handlungsfelder in Kapitel 4 und stellt keine Gewichtung dar.

1 **Quantität und Qualität gemeinsam betrachten (HF1):** Die Bodenqualität ist in der Raumplanung vermehrt zu beachten; der qualitative Bodenschutz kann Instrumente und Einflüsse der Raumplanung verstärkt berücksichtigen.

2 **Verminderung und Begrenzung des Bodenverbrauchs umsetzen (HF1):** Langfristig führt kein Weg an einer Begrenzung vorbei, weil der Boden eine endliche Ressource ist.

3 **Belastungen der Böden durch Land- und Forstwirtschaft sowie durch Siedlung und Infrastrukturen vermeiden (HF2, 3, 4 und 5):** Verschiedene aufgezeigte Massnahmen tragen dazu bei, die Belastungen auf ein verträgliches Mass zu vermindern.

4 **Internationale Komponente verstärkt beachten (HF6):** Die Schweiz trägt eine Mitverantwortung für die Bodennutzungen und -belastungen im Ausland.

5 **Bodeninformationen verbessern – Daten- und Wissenslücken schliessen (HF7):** Verbesserte Bodeninformationen, gute Indikatoren und Modelle tragen entscheidend dazu bei, dass die Massnahmen optimiert und die Ziele erreicht werden; dazu gehören insbesondere Szenarien und Perspektivarbeiten für den quantitativen und den qualitativen Bodenschutz.

6 **Verständnis für den Boden fördern (HF7):** Die Sensibilisierung für die Herausforderung im Umgang mit der Ressource Boden muss verstärkt werden.

7 **Zusammenarbeit stärken (vgl. Kap. 5.2):** Wesentlich zur Zielerreichung beitragen kann eine intensivierte Zusammenarbeit zwischen Bund, Kantonen, Gemeinden und Fachverbänden, aber insbesondere zwischen Bodenschutz-, Raumplanungs- und Landwirtschaftskreisen.

Erläuterungen zu einzelnen Aspekten:

Zu Punkt 1, «Quantität und Qualität gemeinsam betrachten», und zu Punkt 2, «Verminderung und Begrenzung des Bodenverbrauchs umsetzen»
Das langfristige Ziel muss ein möglichst kleines oder am besten ein Nullwachstum an Siedlungsfläche und an Verlust der ökologischen Bodenfunktionen sein. Es stellt sich deshalb die Frage, welche Massnahmen einen genügend grossen Beitrag leisten können, um diese Ziele zu erreichen.

Aus raumplanerischer Sicht würden ein Bodenschutzkonzept wie dasjenige von Stuttgart oder eine Erweiterung der Kriterien für FFF den Bodenverlust durch Versiegelung begrenzen. Die NFP 68-Projekte LASTENAUSGLEICH und POLITIKINSTRUMENTE thematisieren die Umsetzung dieser Ansätze in der Schweiz und deren Akzeptanz. Auch eine national geregelte Kompensationspflicht, wie sie das NFP 68-Projekt MULTIKRITERIELLE KOMPENSATION vorschlägt, hätte eine Begrenzung des Bodenverbrauchs zur Folge. Prioritär braucht es dazu einen Bodenindikator (NFP 68-Fokusstudie BODENINDIKATOREN). Einen akzeptierten Bodenindikator oder Bodenindex zu finden, ist allerdings nicht einfach: In Politik und Forschung besteht noch keine umfassende Einigkeit darüber, wie Bodendaten erfasst werden müssen und wie daraus ein Indikator abgeleitet werden soll. Um der breiten Öffentlichkeit aufzuzeigen, wie Bodenindizes oder -indikatoren zu verstehen sind, und die erforderliche Akzeptanz für die Verwendung entsprechender Instrumente zu schaffen, ist noch umfassende Kommunikationsarbeit erforderlich.

Zu Punkt 3, «Belastungen der Böden durch Land- und Forstwirtschaft sowie durch Siedlung und Infrastrukturen vermeiden»

Der Verlust der ökologischen Bodenfunktionen ist mit einem Bodenschutzkonzept oder den erweiterten FFF aber noch nicht begrenzt. Auch andere als die landwirtschaftliche und die forstwirtschaftliche Nutzung können die Bodenfunktionen beeinträchtigen. Bedroht sind die Funktionen insbesondere durch Verdichtung, Schadstoffeinträge, Versauerung und Verlust an OBS. Die vorgeschlagenen Massnahmen in den HF «Landwirtschaft» und «Forstwirtschaft» werden kaum zu einem Nullverlust ökologischer Bodenfunktionen führen. Deshalb gilt es, die verschiedenen vorgeschlagenen Massnahmen in Kombination umzusetzen (Instrumentenmix). Um sie zu realisieren, braucht es ein langfristiges, integrierendes Konzept zum Bodenschutz, wie es mit der nationalen Bodenstrategie vorgesehen ist.

Eine effektive und präventiv ausgerichtete Bodenschutzstrategie darf nicht nur auf «Abwehrmassnahmen» («end of pipe») ausgerichtet sein, sondern muss prioritär auf die Treiber des quantitativen und des qualitativen Bodenverbrauchs fokussieren. Deshalb werden die wichtigsten Treiber gemäss den Szenarien nochmals erwähnt:

– Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum
– Klimawandel
– Technischer Fortschritt
– Gesellschaftspolitische Faktoren wie zunehmender Wohlstand, Wohn- und Arbeitsplatzstrukturen, Ernährungsverhalten, Bewusstsein für knappe Ressource Boden
– Internationale Handelspolitik

Das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum führt zu einem wachsenden Bedarf an Raum für Wohnen, Arbeiten und Infrastrukturen. Mit neuen technischen Lösungen könnten innovative Ideen erarbeitet werden, die helfen, den Flächenbedarf zu reduzieren (Kap. 4.5.1b, S. 61). Mit dem weiter voranschreitenden Bevölkerungswachstum gewinnen die Raumplanungsmassnahmen zusätzlich an Bedeutung. Die Berücksichtigung der Bodenqualität in der Raumplanung hält HF1 diesbezüglich als eines der prioritären Ziele fest.

Das Bevölkerungswachstum erhöht gleichzeitig den Bedarf an Nahrungsmitteln. Gekoppelt mit der weltpolitisch – bezüglich Ernährungssicherheit – unsicheren Lage ist der Wunsch nach einer ertragsreichen inländischen Agrarproduktion in der Schweizer Bevölkerung sehr präsent (Stichwort: Initiativen zur Ernährungssouveränität). In diesem Kontext ist die Frage nach der künftigen landwirtschaftlichen Nutzung der organischen Böden zentral. Deren Nutzung ist weder ökologisch noch ökonomisch nachhaltig; gleichzeitig ist ein Grossteil der schweizerischen Gemüse- und Früchteproduktion auf solchen Böden zu finden (z.B. im Berner Seeland). Das NFP 68-Projekt MOORBÖDEN fordert deshalb einen bewussten gesellschaftlichen Entscheid darüber, wie mit den derzeit land- und forstwirtschaftlich genutzten, entwässerten Moorböden umzugehen ist.

Der Klimawandel stellt die Nutzung des Bodens vor verschiedene Herausforderungen. Diskutiert werden in den Handlungsfeldern beispielsweise die Gefahr für Bodenerosion in der Landwirtschaft und die reduzierte Speicherfähigkeit von Kohlenstoff in Waldböden. Gleichzeitig kann mit einer zielgerichteten Bodennutzung der Beitrag der Landwirtschaft zum Klimawandel reduziert werden, und die Böden können auch als Kohlenstoffspeicher dienen («4 pour mille»-Initiative).

Zu Punkt 4, «Internationale Komponente verstärkt beachten»
Die globale Wirkung des individuellen Handelns und der Wirtschaft verlangt von einer nachhaltigen Bodenpolitik, auch international zu denken. Die Projekte des NFP 68 zu diesem Thema empfehlen, dass bei Investitionen aus der Schweiz in Ländern des globalen Südens die Sorgfaltspflicht um verschiedene Aspekte ergänzt wird.

Zu Punkt 5, «Bodeninformation verbessern», und zu Punkt 6, «Verständnis für den Boden fördern»
Voraussetzung für zahlreiche der Massnahmen ist es, dass Grundlagen wie Bodeninformationen zur Verfügung stehen, die Bevölkerung für die Ressource Boden sensibilisiert ist und Wissenslücken geschlossen sind (HF7). Nur so lassen sich auch Szenarien erarbeiten, die den Handlungsbedarf konkreter aufzeigen können. Insbesondere die Frage zu den Bodeninformationen nimmt im NFP 68 einen grossen Stellenwert ein. Die TS4 macht dazu spezifische Empfehlungen: Mit dem Aufbau der Bodeninformations-Plattform Schweiz sollen Bodeninformationen in der Schweiz flächendeckend und nach einem einheitlichen Standard erhoben und für alle öffentlich zugänglich sein. Für die Erhebung der Daten soll die Politik prioritär zu kartierende Bodeneigenschaften, Gebiete und Etappen bestimmen. Insgesamt rechnet die TS4 mit Kosten von 15 bis 25 Millionen Franken pro Jahr während zwei bis maximal drei Jahrzehnten.

Zu Punkt 7, «Zusammenarbeit stärken»
Die beim BAFU in Erarbeitung befindliche nationale Bodenstrategie ist ein guter Ansatz, muss aber komplettiert werden und weitere Akteure einbinden (Kanton, Gemeinden und Verbände). Die Koordination zwischen quantitativem und qualitativem Bodenschutz muss auf allen Ebenen verstärkt werden.

Zum Schluss

Das NFP 68 hat zahlreiche wichtige Bausteine einer ganzheitlichen Politik für die nachhaltige Nutzung und den Schutz der Ressource Boden zusammengetragen. Mit den fünf thematischen Synthesen konnte das Mosaik ergänzt werden. Auch wenn einige Fragen unerforscht oder ungeklärt bleiben und viele Aspekte einer weiteren Konkretisierung bedürfen, bilden die dargestellten Bausteine wichtige Grundlagen für eine nachhaltige Bodenpolitik in der Schweiz. Die Rolle eines NFP ist es, solche Grundlagen bereitzustellen; die Umsetzung obliegt dann wichtigen Akteurinnen und Akteuren, von denen viele bereits frühzeitig einbezogen wurden und lösungsorientiert mitgewirkt haben.

Anhang

Anhang 1

Das Nationale Forschungsprogramm «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68)

Die Nationalen Forschungsprogramme (NFP) leisten wissenschaftlich fundierte Beiträge zur Lösung dringender Probleme von nationaler Bedeutung. Der Schweizerische Nationalfonds (SNF) führt sie im Auftrag des Bundesrats durch.

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. Das NFP 68 verfolgt drei Hauptziele: i) verbessertes Wissen über Bodensysteme bereitstellen; ii) Instrumente zur Bewertung der Ressource Boden entwickeln; iii) Strategien zur nachhaltigen Nutzung von Boden erarbeiten.

Auswahl und Dauer der Forschungsprojekte

Das NFP 68 verfügte über einen Finanzrahmen von 13 Millionen Franken. Die Forschung dauerte, unterteilt in zwei Phasen, von 2013 bis 2017. Die Projekte wurden aus einer Vielzahl von Vorschlägen vor dem Hintergrund des Schweizer Kontexts nach Kriterien der wissenschaftlichen Qualität sowie der Relevanz für das NFP 68 ausgewählt. Nach einem zweistufigen Auswahlverfahren mit internationaler Begutachtung bewilligte der SNF für die Forschungsphase 1 (2013–2015) 19 Projekte. Zwei weitere Projekte wurden im Rahmen einer Zweitausschreibung gefördert. Für die Forschungsphase 2 (2016–2017) lancierte der SNF ergänzend vier weiterführende Projekte. Insgesamt wurden im NFP 68 also 25 Forschungsprojekte durchgeführt. Zusätzlich standen dem NFP 68 und dem NFP 69 «Gesunde Ernährung und nachhaltige Lebensmittelproduktion» 4 Millionen Franken für die Förderung von Forschungsprojekten im Rahmen der Ausschreibungen der European Joint Programming Initiatives «Agriculture, Food Security and Climate Change» (FACCE-JPI) und «A Healthy Diet for a Healthy Life» (HDHL–JPI) zur Verfügung. Dadurch konnten weitere zwölf Projekte mit Bezug zum NFP 68 und mit internationaler Ausstrahlung finanziert werden (www.nfp68.ch → Projekte).

Mangels eingereichter Gesuche von genügend hoher Qualität umfasst das NFP 68 keine Forschungsprojekte zu Fragen des Bodeneigentums und der rechtlichen Rahmenbedingungen sowie zur ökonomischen und sozialen Valorisierung der Ökosystemleistungen, die der Boden erbringt.

Stetiger Austausch

Das NFP 68 legte grossen Wert auf einen offenen und transparenten Austausch innerhalb des Programms sowie mit Vertreterinnen und Vertretern der Anspruchsgruppen. Dazu trafen sich die Forschenden zu drei programminternen Konferenzen. Des Weiteren beteiligten sich Forschende sowie Mitglieder der Leitungsgruppe regelmässig an Veranstaltungen mit Praxispartnern und traten an öffentlichen Symposien auf. Im Vordergrund stand dabei das Finden einer gemeinsamen Sprache von Fachpersonen aus Wissenschaft und Praxis in den für das NFP 68 zentralen Themen «Umwelt», «Landwirtschaft» und «Raumplanung».

Breit abgestützter Begleitprozess für die thematischen Synthesen

Als Auftakt zur Synthesebildung diskutierte das NFP 68 Anfang 2016 die vorläufigen Projektergebnisse in drei Stakeholder-Workshops mit Fachpersonen aus Bundes- und Kantonsverwaltungen, Wirtschafts- und Umweltverbänden sowie der Privatwirtschaft. Die Workshops lieferten wichtige Inputs für die Konzeption und Ausgestaltung der thematischen Synthesen des NFP 68, die zum Ziel haben, die wissenschaftlichen Ergebnisse zielgruppenorientiert in einen übergeordneten Kontext zu bringen und spezifische Instrumente, Konzepte und Strategien für die Praxis und die Verwaltung zu entwickeln. Sie sollen damit einen zentralen Beitrag zur Erreichung der Programmziele leisten.

Abgestützt auf die Inputs dieser Workshops und im Austausch mit den Forschenden beschloss die Leitungsgruppe des NFP 68 im Herbst 2016 die Lancierung von fünf thematischen Synthesen.

Die Verantwortlichen für die thematischen Synthesen legten ihre Konzepte und Entwürfe in jeweils zwei bis drei partizipativen Workshops den Mitgliedern der Begleitgruppen vor. Ziel war es, die Entwürfe kritisch zu diskutieren und Lücken zu füllen. Es lag in der Verantwortung der Autorinnen und Autoren der thematischen Synthesen, diese Inputs zu gewichten und zu entscheiden, welche Aspekte für die weiteren Arbeiten berücksichtigt werden können. Die thematischen Synthesen des NFP 68 wurden schliesslich von der Leitungsgruppe des NFP 68 genehmigt.

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., Walthert L., Zimmermann S.)

* BODENSTABILITÄT: Bodenstabilität und Naturgefahren: Vom Wissen zum Handeln (Graf F., Bebi P., Frei M., Rickli C., Rixen C., Springman S.M.)

* BODENVERDICHTUNG: 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.)

* 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.)

BODENVERBESSERNDE ANBAUSYSTEME: Innovationszentren für bodenverbessernde Anbausysteme (Charles R., Keller T., Mayer J., Six J., Van der Heijden M.)

B * 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-JPI

Projektteams im Rahmen der Joint Programming Initiative «Agriculture, Food Security and Climate Change» (FACCE-JPI) sind aus Wissenschaftern 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 MAGGNET: 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 TS1: Boden und Nahrungsmittelproduktion (Charles R., Burgos S.)

Thematische Synthese TS2: Boden und Umwelt (Krause H.-M., Studer M., Schellenberger A., Gattinger A., Hagedorn F.)

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

Thematische Synthese TS4: Bodenatlas Schweiz (Keller A., Zürrer M., Knüsel P., Franzen J., Papritz J.A.)

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

Fokusstudien

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.)

LANDWIRTSCHAFTLICHER BODENMARKT: Landwirtschaftlicher Bodenmarkt im Brennpunkt von Regionen mit Siedlungserweiterung (Giuliani G., Flury C.)

TREIBHAUSGASBILANZ: Treibhausgas-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden in der Schweiz (Gattinger A., Bretschger D., Schellenberger A.)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Beitrag der Roadmap zu den Zielen der nachhaltigen Bodenpolitik	10
Abbildung 2	Weg zu einer nachhaltigen Bodenpolitik	12
Abbildung 3	Vom zweidimensionalen zum vierdimensionalen Verständnis des Bodens	13
Abbildung 4	Einordnung der TS5 als politische Synthese	14
Abbildung 5	Beitrag des Bodens zu den Ökosystemleistungen	15
Abbildung 6	Bodenfunktionen	16
Abbildung 7	Wirkungsmodell und Denkmodell für die TS5	23
Abbildung 8	Einordnung der Szenarien im Wirkungsmodell	24
Abbildung 9	Ausgewählte bodenrelevante Strategien und Reformprojekte des Bundes	29
Abbildung 10	Handlungsfelder für politische Massnahmen	29
Abbildung 11	Herleitung der Massnahmen: Fokus im Wirkungsmodell	30
Abbildung 12	Handlungsfeld 1 im Wirkungsmodell-Ausschnitt	31
Abbildung 13	Szenarien für den Verbrauch an Bodenindexpunkten im Bodenschutzkonzept Stuttgart	35
Abbildung 14	Beitrag des Handlungsfeldes 1 «Raumordnung und übergeordnete Massnahmen» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik	44
Abbildung 15	Handlungsfeld 2 im Wirkungsmodell-Ausschnitt	45
Abbildung 16	Beitrag des Handlungsfeldes 2 «Landwirtschaft» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik	55
Abbildung 17	Handlungsfeld 3 im Wirkungsmodell-Ausschnitt	56
Abbildung 18	Beitrag des Handlungsfeldes 3 «Forstwirtschaft» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik	59
Abbildung 19	Handlungsfeld 4 im Wirkungsmodell-Ausschnitt	60
Abbildung 20	Beitrag des Handlungsfeldes 4 «Übrige Wirtschaft, Wohnen, Infrastrukturen» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik	63
Abbildung 21	Handlungsfeld 5 im Wirkungsmodell-Ausschnitt	64
Abbildung 22	Beitrag des Handlungsfeldes 5 «Immissionen und belastete Böden» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik	65
Abbildung 23	Handlungsfeld 6 im Wirkungsmodell-Ausschnitt	67
Abbildung 24	Beitrag des Handlungsfeldes 6 «Internationale Kooperation» zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik	68
Abbildung 25	Beitrag der Massnahmen zu den Zielen einer nachhaltigen Bodenpolitik	73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Zielsystem einer nachhaltigen Boden- und Landnutzung	20
Tabelle 2	Prozesseigenschaften einer nachhaltigen Bodenpolitik	21
Tabelle 3	Szenarien für die Nutzung der Ressource Boden: wichtigste Eckwerte	26–27

Glossar

A Ausnützungsziffer
Bezeichnet das Verhältnis zwischen Grundstücksfläche und Bruttogeschossfläche. Bei einer Ausnützungsziffer von 0,3 kann auf einer Parzelle von 400 Quadratmetern (Grundstücksfläche) ein Haus mit einer Wohnfläche von bis zu 120 Quadratmetern (Bruttogeschossfläche) gebaut werden.

B 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.

Bodenbewirtschaftung
Die Bodenbewirtschaftung beschreibt die Gesamtheit an landwirtschaftlichen Massnahmen, die auf den Boden einwirken. Dazu zählen zum Beispiel Massnahmen zur mechanischen Bodenbearbeitung, die Düngung und Fruchtfolge oder die Schädlings- und Unkrautunterdrückung.

Bodenfunktionen
Leistungen des Bodens, die sich aus den Bodeneigenschaften und den im Boden ablaufenden 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[83]:
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 auch 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, Ver- und Entsorgung

Bodenfruchtbarkeit
Ausdruck für alle das Pflanzenwachstum beziehungsweise die Biomasseproduktion beeinflussenden mineralogischen, physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften und Prozesse[84].

Boden gilt 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.

Bodenpolitik
Gesamtheit aller Instrumente, Handlungen und Entscheidungen der öffentlichen Hand, die direkt und indirekt den Schutz und die Nutzung des Bodens betreffen[85].

Bodenqualität
Leistungsvermögen der Böden, ihre Bodenfunktionen in Ökosystemen zu erfüllen[86, 87].

F 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[88].

G Governance
Gesamtheit der formellen und informellen Regelungen, Prozesse und Institutionen und deren Zusammenspiel, die kollektive Angelegenheiten und Handlungen unter den beteiligten Akteuren (im Bereich «Bodenschutz und Bodennutzung») auf und zwischen verschiedenen räumlich-administrativen Ebenen steuern und koordinieren[89].

I Intensive Landwirtschaft
Häufig verwendete Bezeichnung für eine landwirtschaftliche Bewirtschaftungsform, die sich – im Gegensatz zur extensiven Landwirtschaft – dadurch auszeichnet, dass durch Anwendung hochentwickelter, anspruchsvoller Agrartechnik, insbesondere durch hohen Dünger- und Hilfsstoffeinsatz, möglichst hohe Erträge pro Flächeneinheit und/oder Tier erzielt werden. Es existiert keine definierte Grenze für den Übergang von extensiver zu intensiver Landwirtschaft. Entsprechend unterschiedlich ist die Verwendung der Begriffe. Was in der Schweiz als intensive Landwirtschaft betrachtet wird, liegt im europäischen Vergleich auf einem tiefen Bewirtschaftungsniveau.

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.

M Mineralischer Boden
Aaus Skelettmaterial (> 2 mm) und Feinerde (≤ 2 mm) bestehender Boden. Die Feinerde gliedert sich auf in die drei Fraktionen Sand (2–0.06 mm), Schluff [= Silt] (0.06–0.002 mm) und Ton (< 0.002 mm).

Moorboden
(↑) organischer Boden

O Ökosystemleistungen (ösl)
Leistungen, die Menschen von Ökosystemen beziehen, beziehungsweise Aspekte des Ökosystems, die – aktiv oder passiv – genutzt werden, um menschliches Wohlbefinden zu erzeugen. Das Konzept der ösl fördert die Anerkennung des Wertes des Bodens für das menschliche Wohlergehen und die Berücksichtigung von Boden in Entscheidungsprozessen[2]. Im Gegensatz dazu sind die Bodenfunktionen Funktionen, die ein Boden erfüllt ohne direkte Verknüpfung zum Wert des Bodens für das menschliche Wohlergehen.

Organischer Boden
Boden, der im Oberboden einen Torfhorizont von mindestens 20 bis 40 Zentimeter Mächtigkeit aufweist, dessen Trockenmasse zu mindestens 30 Prozent aus Torf besteht. Der Begriff wird oft synonym mit Moorboden verwendet. Organische Böden schliessen aber auch ehemalige Moorböden mit ein.

Organische Bodensubstanz (obs)
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).

P Politikinstrumente
Politikinstrumente sind die in den Rechtsgrundlagen der öffentlichen Hand festgelegten Werkzeuge, welche die Erreichung bestimmter Ziele (Politikziele) erlauben sollen[89].

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[99].

Abkürzungsverzeichnis

AltV	Altlastenverordnung (SR 814.680)
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BaB	Bauen ausserhalb der Bauzone
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFS	Bundesamt für Statistik
BIP-CH	Bodeninformations-Plattform Schweiz
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
BV	Bundesverfassung
FFF	Fruchtfolgeflächen
N	Stickstoff
N_2O	Lachgas
NABO	Nationale Bodenbeobachtung
NABODAT	Nationales Bodeninformationssystem Schweiz (www.nabodat.ch)
OBS	Organische Bodensubstanz
ÖSL	Ökosystemleistungen
RPG	Raumplanungsgesetz (SR 700)
RPG 1	Revision des Raumplanungsgesetzes, erste Etappe (in Kraft)
RPG 2	Revision des Raumplanungsgesetzes, zweite Etappe (in Vorbereitung)
RPV	Raumplanungsverordnung (SR 700.1)
SNF	Schweizerischer Nationalfonds
SP FFF	Sachplan Fruchtfolgeflächen
TS	Thematische Synthese
USG	Umweltschutzgesetz (SR 814.01)
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VBBo	Verordnung über Belastungen des Bodens (SR 814.12)

Literatur

Bundesstrategien
Agglomerationspolitik des Bundes 2016+ (ARE, 2015)
Agrarpolitik 2014–2017, Agrarpolitik 2018–2022, Agrarpolitik 2022+ (BLW)
Aktionsplan grüne Wirtschaft (BAFU, 2013) sowie Massnahmen des Bundes für eine ressourcenschonende, zukunftsfähige Schweiz (BAFU, 2016)
Antibiotikaresistenzstrategie STAR (BAG, BLV, BLW, BAFU, 2016)
Bodenstrategie (BAFU, in Erarbeitung)
Energiestrategie 2050 (BFE, 2016 vom Parlament genehmigt)
Klimastrategie ab 2013 (BAFU, 2012/2014)
Klimastrategie Landwirtschaft (BLW, 2011)
Land- und Ernährungswirtschaft 2025 (BLW, 2015)
Landschaftskonzept (1997, BAFU, ehemals BUWAL)
Raumkonzept Schweiz (Bundesrat, KdK, BPUK, SSV, SGV, 2012)
Sachplan Fruchtfolgeflächen (Revisionsbestrebungen ab 2016)
Sachplan Verkehr (ARE, 2006)
Strategie Biodiversität Schweiz und Aktionsplan (BAFU, 2012)
Strategie Nachhaltige Entwicklung (Bundesrat/ARE, 2016)
Verkehrsperspektiven 2040 (ARE, 2016)
Waldpolitik 2020 (BAFU, 2013)

1 Grêt-Regamey A., Kool S., Bühlmann L., Kissling S. (2018): Eine Bodenagenda für die Raumplanung. Thematische Synthese TS3 des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68), Bern.
2 Grêt-Regamey A., Drobnik T., Greiner L., Keller A., Papritz A. J. (2016): NRP 68 Factsheet on Soil and Ecosystem Services.
3 Bundesamt für Statistik (2015): Die Bodennutzung in der Schweiz. Auswertungen und Analysen. Raum und Umwelt 002-0905, Neuchâtel.
4 Bundesamt für Umwelt (2017): Auf gutem Grund. In: Magazin «umwelt» 4, 4–5.
5 Bundesamt für Statistik (2016): Arealstatistik 2013/2018. Neue Resultate für die Westschweiz. Neuchâtel. (https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt.assetdetail.1401276.html) (Kantone FR, SO, BS, BL, VD, NE, GE, JU)
6 Klaus G. (2017): Boden in der Schweiz. Zustand und Entwicklung. Stand 2017. Umwelt-Zustand Nr. 1712, Bundesamt für Umwelt, Bern.
7 Bundesamt für Umwelt (Entwurf): Ziele und Stossrichtungen für den nachhaltigen Umgang mit dem Boden. Grundlagen der Bundesverwaltung im Hinblick auf die Erarbeitung einer nationalen Bodenstrategie. Stand: 8. März 2016.
8 Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) (2016: Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Bern.
9 Hagedorn F., Krause H.-M., Studer M., Schellenberger A., Gattinger A. (2018): Boden und Umwelt. Organische Bodensubstanz, Treibhausgasemissionen und physikalische Belastung von Schweizer Böden. Thematische Synthese TS1 des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68), Bern.

10 Lüscher P., Frutig F., Thees O. (2016): Physikalischer Bodenschutz im Wald. Waldbewirtschaftung im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit und Erhaltung der physikalischen Bodeneigenschaften. Umwelt-Wissen, 1607, Bundesamt für Umwelt, Bern.
11 Schweizerischer Bundesrat (2017): Optionen zur Kompensation der Versauerung von Waldböden und zur Verbesserung der Nährstoffsituation von Wäldern – Darstellung und Bewertung. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats von Siebenthal (13.4201) «Rückführung von Asche in den Wald als Sofortmassnahme gegen Bodenversauerung».
12 Bundesamt für Umwelt (2017): Boden: Das Wichtigste in Kürze. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/boden/inkuerze.html#-1596480697
13 Gerber J.-D., Nahrath S. (2013): Beitrag zur Entwicklung eines Ressourcenansatzes der Nachhaltigkeit. Eine Diskussion am Beispiel der Regulation der Bodenressource. CRED Research Paper No. 3. Center for Regional Economic Development CRED, Bern.
14 Daly H.E. (2007): Ecological Economics and Sustainable Development: Selected Essays of Herman Daly. Elgar Publishing Limited, Cheltenham.
15 Eidgenössisches Departement für auswärtige Angelegenheiten (EDA; 2017): Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung. https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html
16 Eidgenössisches Departement für auswärtige Angelegenheiten (EDA; 2017): Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Der Bund setzt sich ein. https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/umsetzung/der-bund-setzt-sich-ein.html
17 Grêt-Regamey A., Rabe S.E., Crespo R., Lautenbach S., Ryffel A., Schlup B. (2014): On the importance of non-linear relationships between landscape patterns and the sustainable provision of ecosystem services. In: Landscape Ecology 29, 201–212.
18 Bundesamt für Umwelt (2014): Entwicklung der weltweiten Umweltauswirkungen des Schweizer Konsums: Ausgewählte Ergebnisse. Faktenblatt 1. Bern.
19 Mann S., Bonanomi E.B. (2017): Grabbing or investment? On judging large-scale land acquisitions. In: Agriculture and Human Values 34, 41–51.
20 Schweizerischer Bundesrat (2008): Strategie Nachhaltige Entwicklung: Leitlinien und Aktionsplan 2008–2011, 52–57.
21 Ecoplan (2008): Nachhaltigkeitsbeurteilung, Leitfaden für Bundesstellen und weitere Interessierte, 46–51.
22 Schmid F., Walter F., Schneider F., Rist St. (2014): Nachhaltige Wassergouvernanz, Herausforderung und Wege in die Zukunft. Thematische Synthese 4 im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 «Nachhaltige Wassernutzung», Bern.
23 Keller A., Franzen J., Knüsel P., Zürrer M., Papritz A. (2018): Bodeninformations-Plattform Schweiz (BIP-CH). Thematische Synthese TS4 des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68), Bern.
24 Price B., Kienast F., Seidl I., Ginzler C., Verburg P.H., Bolliger J. (2015): Future landscapes of Switzerland: Risk areas for urbanisation and land abandonment. In: Applied Geography 57, 32–41. doi:10.1016/j.apgeog. 2014.12.009, basierend auf der Arealstatistik des BFS der Jahre 1985/1997/2013.
25 Bundesamt für Landwirtschaft (2010): Land- und Ernährungswirtschaft 2025 – Diskussionspapier des Bundesamtes für Landwirtschaft zur strategischen Ausrichtung der Agrarpolitik.

26 Bundesamt für Umwelt (BAFU; 2013): Klimastrategie ab 2013, Bern.
27 Intergovernmental Technical Panel on Soils (ITPS; 2015): Status of the World's Soil Resources. Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rom.
28 Bundesamt für Statistik (2016): Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz ab 2015. Stat Tab px-x-0104000000_102. https://www.pxweb.bfs.admin.ch. Neuchâtel.
29 CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios CH2011. Hrsg.: Center for Climate Systems Modeling (C2SM), MeteoSchweiz, ETH Zürich, NCCR Climate, Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (OcCC), Zürich.
30 Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Bundesamt für Raumentwicklung (ARE; Hrsg.; 2016): Verkehrsperspektiven 2040 – Entwicklung des Personen- und Güterverkehrs in der Schweiz, ARE, Bern.
31 Last L., Buchmann N., Gilgen A.K., Grant M., Shreck A. (2015): Foresight Study: Research for a Sustainable Swiss Food System. World Food System Center, ETH Zürich, Bundesamt für Landwirtschaft.
32 Hepperle E., Stoll T. (2006): Ressourcenplan Boden. Ein Konzept zum planerisch-nachhaltigen Umgang mit Bodenqualität. Umwelt-Wissen 0633, Bundesamt für Umwelt, Bern.
33 Walter F., Hänni E. (2017): Politische Aktivitäten im Bereich Bodennutzung, www.nfp68.ch/SiteCollectionDocuments/NFP68_TS5_Anhang.pdf
34 ZHAW (2014): Ungelöste Schnittstellen bei Bundesvorgaben für Erdmaterial. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften. Zürich.
35 Dettwiler J., Clément J.-P., Chassot G. (2006): Düngung und Umwelt. Fachkommentare zum anwendbaren Bundesrecht. Umwelt-Wissen 0617. Bundesamt für Umwelt, Bern.
36 Bundesamt für Umwelt (2017): Massnahmen für den Bodenschutz. https:/www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/boden/fachinformationen/massnahmen-fuer-den-bodenschutz.html
37 Estermann, J. (2016): Wie sich der Bodenverbrauch stoppen lässt. Instrumente zur nachhaltigen Nutzung des Bodens. Hrsg.: sanu durabilitas, Biel.
38 Gmünder M. (2016): Steuerungsinstrumente der Bodennutzung, Faktenblätter. Durabilitas.doc N° 3. Hrsg.: sanu durabilitas, Biel.
39 Ecoplan (2013): Mehrwert durch Verdichtung. Darstellung und Diskussion möglicher Vorgehensweisen zum Ausgleich planungsbedingter Mehrwerte. Im Auftrag des Vereins Metropolitanraum Zürich, Bern.
40 Vereinigung für Landesplanung (VLP-ASPAN; 2017): Mehrwertausgleich in den Kantonen. Stand: 4.4.2017. http://www.vlp-aspan.ch/sites/default/files/regelungen_mehrwertausgleich_170404_0.pdf
41 Schwab J, Keller A., Grêt-Regamey A. (2017): Wirkung möglicher Massnahmen zur Flexibilisierung und Stärkung des Sachplans FFF – Schlussbericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Bern (unveröffentlicht).
42 Wolff G., Schwenk H., Blümlein P. (2006): Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS). Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, 4/2006. Amt für Umweltschutz. Abteilung Immissions-, Bodenschutz-, Wasserrechts- und Abfallrechtsbehörde, Stuttgart.
43 Wolff, G. (2016): Das Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS): Bodenqualität als Planungskriterium. In Estermann J.: Wie sich der Bodenverbrauch stoppen lässt. Instrumente zur nachhaltigen Nutzung des Bodens. Hrsg.: sanu durabilitas, Biel.

44 Schweizerischer Bundesrat (2016): Sicherung landwirtschaftlichen Kulturlandes. Bericht der GPK-N vom 20. November 2015. Stellungnahme des Bundesrates.
45 European Commission (Hrsg.; 2016): No net land take by 2050? Science for Environment Policy. Future Brief 14, Bristol.
46 Bundesamt für Umwelt (2017): Indikator Landschaft. Landschaftszersiedelung. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-landschaft/landschaft--daten--indikatoren-und-karten/landschaft--indikatoren/indikator-landschaft.pt.html/
47 Ecoplan, B+S, Hunziker Betatech (2017): Infrastrukturkosten unterschiedlicher Siedlungstypen. Im Auftrage des Bundesamtes für Raumentwicklung, Bern.
48 Schwaab J., Deb K., Goodman E., Lautenbach S., van Strien M., Grêt-Regamey A. (in Vorbereitung): Reducing the Loss of Agricultural Productivity due to Urban Growth in Municipalities of Switzerland.
49 Jaeger J.A.G., Schwick C. (2014): Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and its application to Switzerland. In: Ecol Indic 38, 294–308. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.022
50 Ernst Basler + Partner, Ecoplan (2012): Fehlanreize im Mobilitätsbereich aus Sicht des Energieverbrauchs. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern.
51 Ecoplan (2010): Behebung von Fehlanreizen im Bereich Biodiversität. Analyse der wichtigsten biodiversitätsschädlichen Subventionen. Im Auftrag des WWF.
52 Bundesamt für Raumentwicklung (2016): Monitoring Bauen ausserhalb Bauzonen. Standbericht 2016. Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
53 Bundesamt für Raumentwicklung (2017): Vernehmlassung zur 2. Revision des Raumplanungsgesetzes, inkl. dazu verfasster Nachhaltigkeitsbeurteilung, Bern.
54 Parlamentarische Verwaltungskontrolle (PVK; 2015): Sicherung landwirtschaftlichen Kulturlandes. https://www.admin.ch/opc/de/federal-gazette/2016/3531.pdf
55 Grêt-Regamey A., Schwaab J. (2017): Stärkung des Sachplans FFF und Flexibilisierung von FFF-Rahmenbedingungen – Schlussbericht. Zürich.
56 Bundesamt für Statistik: Arealstatistik 2004/09. https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/erhebungen/area/geschichte/area-2004-09.html
57 Hartje V., Wüstemann H., Bonn A. (Hrsg.; 2014): Naturkapital Deutschland – TEEB DE: Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Kurzbericht für Entscheidungsträger. Technische Universität Berlin, Helmholtz Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig.
58 Béguin J., Smola S. (2010): Stand der Drainagen in der Schweiz. Bilanz der Umfrage 2008. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.
59 Eawag, Bundesamt für Umwelt (BAFU; 2017): Medienmitteilung vom 04.04.2017 zur anhaltend hohen Pestizidbelastung in kleinen Bächen.
60 Doppler T., Mangold S., Wittmer I., Spycher S., Comte R., Stamm C., Singer H., Junghans M., Kunz M. (2017): Hohe PSM-Belastung in Schweizer Bächen. In: Aqua&Gas 4/2017, 46–56.
61 Langer M., Junghans M., Spycher S., Koster M., Baumgartner C., Vermeirssen E., Werner I. (2017): Hohe Ökotoxikologische Risiken in Bächen. In: Aqua&Gas 4/2017, 58–68.
62 Schweizerischer Bundesrat (2017): Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bericht des Bundesrates.

63 Finger R., Böcker T., Möhring N., Dalhaus T. (2016): Ökonomische Analyse des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln – Risikoaspekte und Lenkungsabgaben. Bericht zu Händen des Bundesamts für Landwirtschaft. ETH Zürich und Universität Bonn.
64 Charles R., Wendling M., Burgos S. (2018): Boden und Nahrungsmittelproduktion. Thematische Synthese TS1 des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68), Bern.
65 Schweizerischer Bundesrat (2015): Strategie Antibiotikaresistenzen Schweiz, Bern. www.star.admin.ch
66 Agroscope, Bundesamt für Landwirtschaft, Bundesamt für Umwelt (2016): Drei Jahrzehnte Nationale Bodenbeobachtung NABO: Die Bodenqualität im Fokus. Medienmitteilung vom 19.11.2016. Zürich. https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-64573.html#downloads
67 Bundesamt für Landwirtschaft (2001): Klimastrategie für die Landwirtschaft. Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel für eine nachhaltige Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft. Bern.
68 Schweizerischer Bundesrat (2009): Bericht Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bern.
69 Bundesamt für Umwelt (BAFU; 2013): Waldpolitik 2020. Visionen, Ziele und Massnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. Bern.
70 Amt für Landschaft und Natur des Kantons Zürich, Gasser U. (2016): Waldbodenkarten weisen versauerte Böden aus. In: Zürcher Umweltpraxis (ZUP) 84, 25–28. https://kofu-zup.ch/asp/db/pdf/ZUP84-16_bodenkartierung.pdf
71 Graf F., Bebi P., Frei M., Rickli C., Rixen C., Springman S. (2017): NFP 68-Projekt «Bodenstabilität». Executive Stakeholder Summary. http://www.nfp68.ch/SiteCollectionDocuments/ExecutiveSummary_Bodenstabilita et_Graf_DE.pdf
72 Frehner M., Wasser B., Schwitter R. (Hrsg.; 2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald (NaiS). Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Vollzug Umwelt, Bern.
73 Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2014): Schweizer Klimapolitik auf einen Blick. Stand und Perspektiven auf Grundlage des Berichts 2014 der Schweiz an das UNO-Klimasekretariat, Bern.
74 Frelih-Larsen A., Bowyer C. , Albrecht S., Keenleyside C., Kemper M., Nanni S., Naumann S., Mottershead R.D., Landgrebe R., Andersen E., Banfi P., Bell S., Brémere I., Cools J., Herbert S., Iles A., Kampa E., Kettunen M., Lukacova Z., Moreira G., Kiresiewa Z., Rouillard J., Okx J., Pantzar M., Paquel K., Pederson R., Peepson A., Pelsy F., Petrovic D., Psaila E., Šarapatka B., Sobocka J., Stan A.-C., Tarpey J., Vidaurre R. (2017): Updated Inventory and Assessment of Soil Protection Policy Instruments in EU Member States. Final Report to the European Commission, DG Environment. Ecologic Institute, Berlin.
75 Institut für Wirtschaftsstudien Basel (2016): Analyse von Instrumenten zur Steuerung des Wohnflächenkonsums, Gesamtbericht vom 6.10.2016. Bundesamt für Wohnungswesen (BWO) sowie Kantons- und Stadtentwicklung Basel-Stadt, Grenchen und Basel.
76 Delbiaggio K., Wanzenried G. (Hochschule Luzern; 2016): Wohnflächenkonsum und Wohnflächenbedarf. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Wohnungswesen (BWO).
77 Bundesamt für Raumentwicklung (ARE; 2016): Sharing Economy – Ein gesellschaftlicher Trend prägt auch die Raumentwicklung. In: Forum Raumentwicklung 2/16.

78 Bundesamt für Raumentwicklung (2016): Sharing Economy. Smart Sharing: Architektur und Technik, Raum und Ressourcen. In: Forum Raumentwicklung 2/16, 10–13.
79 work-smart-initiative.ch
80 Schweizerischer Bundesrat (2017): Verdichtetes Bauen in Ortszentren fördern, aber wie? Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats von Graffenried 14.3806 vom 24. September 2014, Bern.
81 Schweizerischer Bundesrat (Hrsg.; 2015): Bericht Umwelt Schweiz 2015. Bundesamt für Umwelt, Bern.
82 Bundesamt für Landwirtschaft (2017): Agrarbericht 2017.
83 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG).
84 Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) vom 1. Juli 1998, Stand: 12. April 2016 (SR 814.12).
85 Definition in Anlehnung an Sager F., Ingold K., Balthasar A. (2017): Policy-Analyse in der Schweiz. Im Rahmen der NZZ-Reihe «Politik und Gesellschaft in der Schweiz», NZZ Libro, Neue Zürcher Zeitung AG, Zürich.
86 Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicek D.F., Stewart B.A. (Hrsg.; 1994): Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. In: Defining Soil Quality for a Sustainable Environment, Special Publication 35.
87 Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F., Schuman G.E. (1997): Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). In: Soil Science Society of America Journal 61, 4–10. doi:10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x
88 Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) (2014): Kulturlandschutz. Faktenblatt. Zweite Etappe Revision des Raumplanungsgesetzes (RPG 2). Bern.
89 Definition in Anlehnung an Scheuchzer P., Walter F., Truffer B., Balsiger J., Chaix O., Kempter T., Klinke A., Menzel S., Wehse H., Zysset A. (2012): Auf dem Weg zu einer integrierten Wasserwirtschaft, Synthese zum Projekt «IWAGO – Integrated Water Governance with Adaptive Capacity in Switzerland» im Rahmen des NFP 61 «Nachhaltige Wassernutzung» des Schweizerischen Nationalfonds.
90 Jaeger J.A.G., Schwick C. (2014): Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (wup) and its application to Switzerland. Ecological Indicators 38: 294–308

Dank

Wir bedanken uns für die vielfältige Unterstützung bei der Erarbeitung der vorliegenden thematischen Synthese. Besonderer Dank geht an unsere Kerngruppenmitglieder Ruedi Stähli (BAFU), Simon Briner (BLW) und Daniel Wachter (AGR Kt. Bern) für ihre inhaltliche Unterstützung und ihre konstruktiven Feedbacks zu unserer thematischen Synthese. Des Weiteren bedanken wir uns bei zahlreichen Forschenden und Fachpersonen aus der Praxis für die Unterstützung und die Zusammenarbeit bei der Erarbeitung der vorliegenden thematischen Synthese. Dazu gehören die Mitglieder der Leitungsgruppe des NFP 68 sowie der Programm-Manager und der Leiter Wissenstransfer, die Mitglieder der Begleitgruppe, die Forschungsleitenden der NFP 68-Projekte und die Verantwortlichen der anderen thematischen Synthesen.

Impressum

Autorenteam
Felix Walter, Ecoplan, Bern
Elvira Hänni, Ecoplan, Bern

Erarbeitet und publiziert mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung als thematische Synthese des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68).

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

Kerngruppe der thematischen Synthese
Ruedi Stähli, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern
Dr. Daniel Wachter, Amt für Gemeinden und Raumordnung (AGR), Kanton Bern
Simon Briner, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern

Begleitgruppe der thematischen Synthese
Matthias Achermann, Kanton Luzern
Frank Argast, Fachverband Schweizer Raumplaner (FSU), Zürich
Hans-Georg Bächtold, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich
Christine Badertscher, Schweizerischer Bauernverband (SBV), Bern
Benoît Biéler, Stratégie et développement de l'Ouest lausannois – Bureau SDOL, Renens
Michael Bützer, Gemeindeverband, Bern
Guillaume de Buren, sanu durabilitas, Biel
Dr. Martin Fritsch, Sofies-Emac, Zürich
Regina Füeg, Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK), Bern
Dr. Raimund Rodewald, Stiftung Landschaftsschutz, Bern
Andreas Stalder, Bundesamt für Umwelt (BAFU)/Raumordnungskonferenz des Bundes (ROK), Bern
Kathrin Strunk, Hauseigentümerverband (HEV), Zürich
Martin Vinzens, Amt für Raumentwicklung (ARE), Bern

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 Institut 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), Bern

Leiter Wissenstransfer/Redaktion
Urs Steiger, steiger texte konzepte beratung, Luzern

Programm-Manager
Dr. Pascal Walther, Schweizerischer Nationalfonds (SNF), Bern

Titelbild
Nils Nova, Luzern

Layout und Grafik
Grafikatelier Max Urech, Unterseen

Korrektorat
Jacqueline Dougoud, Zürich
Andreas Vonmoos, TERMINUS TEXTKORREKTUR, Luzern

Druck
Engelberger Druck AG, Stans

Für die Forschungsergebnisse sind die jeweiligen Forschungsteams verantwortlich, für die thematischen Synthesen und die Empfehlungen die Autorinnen und Autoren sowie die Leitungsgruppe. Ihre Auffassung muss nicht notwendigerweise mit derjenigen der Mitglieder der Begleitgruppen, des Schweizerischen Nationalfonds oder der Forschungsteams übereinstimmen.

Empfohlene Zitierweise
Felix Walter, Elvira Hänni (2018): Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik. Thematische Synthese 5 des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68), Bern. ISBN: 978-3-907087-36-7

www.snf.ch
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 (engen) Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des SNF unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Nationalen Forschungsprogramms «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 Forschung dauerte von 2013 bis 2017. Die Ergebnisse werden in fünf thematischen Synthesen sowie in einer Gesamtsynthese zusammengeführt.

Thematische Synthese TS5
Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik

Eine nachhaltige Bodennutzung soll den Erhalt der unverbauten Bodenflächen (quantitativ) und der Bodenfunktionen (qualitativ) langfristig sicherstellen. Die thematische Synthese TS5 des NFP 68 «Wege zu einer nachhaltigen Bodenpolitik» fasst die entsprechenden politisch relevanten Resultate aus den Projekten des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68) sowie weiteren Grundlagen zusammen und entwickelt aus den Massnahmen, die den Verlust der Bodenquantität und -qualität reduzieren, eine «Roadmap für eine nachhaltige Bodenpolitik» der Schweiz.

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)