Umwelt Schweiz 2018

Bericht des Bundesrates



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Umwelt Schweiz 2018

Bericht des Bundesrates

Impressum

Herausgeber
Schweizerischer Bundesrat

Projektoberleitung
Sibyl Anwander, Thomas Göttin (bis Juni 2017),
Martine Rohn-Brossard, Eliane Schmid (ab Juli 2017),
Franziska Schwarz, Karine Siegwart, Markus Wüest (alle BAFU)

Projektteam
Brigitte Reutter und Karin Fink (Projektleitung), Cindy Aebischer, Anne-Laure Junge, Elisabeth Maret (alle BAFU)

Expertengruppe
Adrian Aeschlimann, Hugo Amacker, Daniel Arn, Gerhard Badertscher, Anne Bernasconi, Lars Birgelen, Roberto Bolgè, Daniel Bonomi, Raphael Bucher, Peter Gerber, Andreas Gössnitzer, Carla Gross, Bernadette Guenot, Hans Ulrich Gujer, Rolf Gurtner, Bernhard Hammer, Andreas Hauser, Michael Hügi, Klaus Kammer, Simon Liechti, Glenn Litsios, Jérémie Millot, Claudia Moll, Christoph Moor, Niklas Nierhoff, Doris Ochsner, Christoph Reusser, Gilles Rudaz, Elisa Salaorni, Petra Schmocker-Fackel, Ulrich Sieber, Andreas Siegenthaler, Chrisoula Stamatiadis, Anja Strahm, Josef Tremp, Sébastien Truffer, Fabio Wegmann (alle BAFU), Reto Camenzind, Marco Kellenberger (beide ARE), Marguerite Trocmé (ASTRA), Gregor Ochsenbein (BAV), Markus Bareit, Sebastian Dickenmann (beide BFE), Jérôme Frei (BLW), Doris Sfar (BWO), Simon Scherrer, Saskia Willemse (beide METEOSCHWEIZ)

Journalistische Umsetzung
Sprachwerk GmbH, Zürich: Christine Arnold, Irene Bättig, Christa Rosatzin, Mirella Wepf
dialog:umwelt GmbH, Bern: Oliver Graf, Markus Nauser

Gestaltungskonzept und Layout
visu'l AG, Agentur für Identity und Kommunikation, Bern

Titelfoto
Eingeschneiter Felsen oberhalb von Monte-Rosa-Hütte und Gornergletscher (VS).

Fotografie und Fotokonzept
Peter Baracchi

Preis
CHF 9.– (inkl. MWSt.)

Bezugsquellen
BBL, Verkauf Bundespublikationen
CH-3003 Bern
www.bundespublikationen.admin.ch

Bestellnummern
810.400.122d (deutsch)
810.400.122f (französisch)
810.400.122i (italienisch)
810.400.122eng (englisch)
PDF-Version: www.bafu.admin.ch/ub2018

Klimaneutral und VOC-arm gedruckt auf Recyclingpapier.

Diese Publikation ist auch in französischer, italienischer und englischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort **6**

Das Wichtigste in Kürze **9**

Aufbau und Methodik **13**

A Natürliche Ressourcen unter Druck **16**

A1 Planetare Belastbarkeitsgrenzen **17**

A2 Synthese: Ressourcenverbrauch der Schweiz **27**

Produktion und Konsum als Treiber 27

Herausforderung Umweltbelastung im Ausland 33

Wichtigste Belastungen und Auswirkungen in der Schweiz 40

Herausforderung Stickstoff 45

Zustand der natürlichen Ressourcen in der Schweiz: räumliche Unterschiede 49

Herausforderungen und Chancen von Agglomerationen 51

A3 Exkurs: Systemsicht **55**

Einführung sozio-ökonomische Systeme 55

Ernährung 57

Wohnen 62

Mobilität 70

B Umsetzung der Umweltpolitik **76**

Umweltbereiche und Instrumente 77

Klima 82

Luft 90

Biodiversität 97

Wasser 107

Wald 118

Boden 124

Landschaft 132

Ruhe 138

Naturgefahren 144

Störfallrisiken 148

Biosicherheit 151

Chemikalien 155

Abfall und Rohstoffe 159

Altlasten 168

Elektrosmog 172

Internationale Umweltpolitik 176

C Intakter Lebensraum: Herausforderungen und Chancen **180**

Anhang

Abkürzungsverzeichnis 188

Literaturverzeichnis 190

Bildnachweis 202

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser

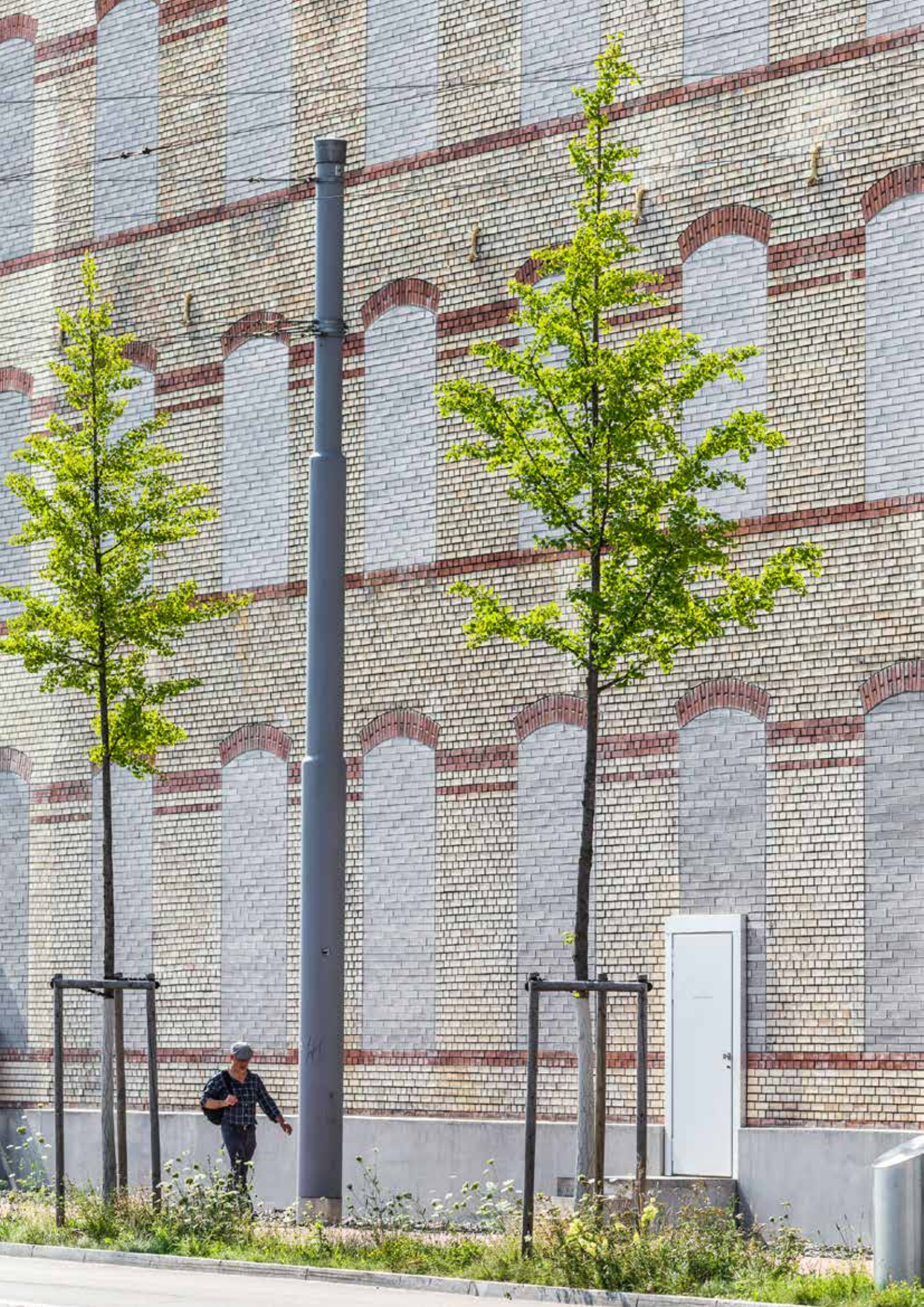
Sauberes Wasser, gute Luft, gesunde Wälder: Die Schweizer Umweltpolitik hat in den letzten Jahrzehnten viel erreicht. Technische und regulatorische Massnahmen trugen ebenso dazu bei wie das tatkräftige Mitwirken der Menschen in unserem Land. Ihnen sowie allen Beteiligten in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft gebührt für diesen Erfolg meine Anerkennung und mein grosser Dank!

Dennoch dürfen wir in unseren Anstrengungen nicht nachlassen. Die Umwelt bleibt unter Druck, wie der vorliegende Bericht des Bundesrats aufzeigt. Der Bericht weitet den Fokus aus, beispielsweise auf die Bereiche Ernährung, Wohnen und Mobilität, die den grössten Teil der Umweltbelastungen verursachen. Dies nicht nur bei uns, sondern auch im Ausland, wo sehr viele unserer Konsumgüter herkommen. Die Herausforderungen in der Umweltpolitik sind zwar lokal verankert, haben aber immer mehr auch eine globale Dimension. Weiter wie bisher, sich zurücklehnen oder auf die anderen zeigen, bringt uns nicht voran. Die Erde stösst an die Grenzen ihrer Belastbarkeit. Der Klimawandel, der zu hohe Ressourcenverbrauch und der anhaltende Verlust an Biodiversität sind Risiken, welche die Lebensgrundlagen der Menschen gefährden. Daher stellt der Bundesrat diese drei Bereiche ins Zentrum seiner Umweltpolitik.

Gefragt ist dabei ein breites Verständnis von Ursachen und Zusammenhängen. Die Digitalisierung bringt Innovationen für einen effizienteren Umgang mit Energie und Ressourcen hervor – etwa bei der Lebensmittelproduktion, beim Wohnungsbau oder bei der Mobilität. Der Bundesrat unterstützt deshalb die Entwicklung und den Einsatz umweltschonender Technologien.

Auch in Zukunft wollen wir Erreichtes sichern und bestehende Umweltbelastungen abbauen. Dafür brauchen Bund und Kantone das Engagement der gesamten Gesellschaft, der Wirtschaft und der Wissenschaft. Alle sind wir gleichermassen von der Natur abhängig – gemeinsam stehen wir auch in der Verantwortung.

Bundesrätin Doris Leuthard



Das Wichtigste in Kürze

Eine intakte Umwelt ist eine wesentliche Grundlage für das tägliche Leben, also für die Gesundheit, Wohlfahrt, Wirtschaft und Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz. Der Schutz und die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen, das Sichern von widerstandsfähigen Ökosystemen und einer hohen biologischen und landschaftlichen Vielfalt, der Klimaschutz sowie Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel dienen letztlich der Erhaltung unserer Lebensgrundlagen. Dazu zählen sauberes Wasser, reine Luft, Bodenfruchtbarkeit, Bestäubungsleistungen, Schutz vor Naturgefahren oder die Bereitstellung von genügend Energie und Rohstoffen.

Trotz Erfolgen überschreitet der Ressourcenverbrauch das umweltverträgliche Mass

Insgesamt ist die Umweltbelastung der Schweiz in den letzten 20 Jahren pro Person um 19 % gesunken. Luft und Wasser sind hierzulande dank gesetzlicher Vorgaben und technologischer Fortschritte sauberer geworden. Seen und Flüsse laden zum Baden ein, und die Belastung der Luft durch Schadstoffe ist deutlich gesunken. Die meisten Wälder sind heute gesund, und Standorte mit giftigen Altlasten gibt es dank Sanierungsmassnahmen immer weniger. Die Schweizer Wirtschaft verbessert ihre Ressourceneffizienz laufend, indem die Wertschöpfung pro Materialeinheit zunimmt. Beim Entkoppeln des Wirtschaftswachstums von Energieverbrauch und Treibhausgasausstoss konnte die Schweiz ebenfalls Erfolge verbuchen.

Dennoch: Mit ihren gegenwärtigen Konsum- und Produktionsmustern nutzt die Schweiz die natürlichen Ressourcen in einem Ausmass, das die Regenerationsfähigkeit der Erde übersteigt.

Steigende Umweltbelastung im Ausland …

Die Schweiz ist zunehmend in globale Wirtschaftskreisläufe eingebunden. Ein wachsender Anteil der konsumierten Güter wird importiert oder aus Rohstoffen und Vorfabrikaten hergestellt, die nicht aus der Schweiz stammen. Die inländische Umweltbelastung verlagert sich so immer mehr ins Ausland. Würden alle Menschen der Welt leben wie die hiesige Bevölkerung, hätte dies zur Folge, dass die planetaren Belastbarkeitsgrenzen – so, wie die Wissenschaft sie definiert – um ein Vielfaches überschritten würden. Die Auswirkungen des schweizerischen Konsums gehen im Ausland vor allem zulasten des Klimas, der Biodiversität und der Verfügbarkeit von Wasser. Zu diesem Ergebnis kommen die Untersuchungen zu den entsprechenden Fussabdrücken der Schweiz.

So sind die Treibhausgas-Emissionen im Inland zwischen 2000 und 2015 zwar zurückgegangen. Diese Reduktion wurde aber teilweise wieder aufgewogen durch zusätzliche Emissionen im Ausland. Der Treibhausgas-Fussabdruck der Schweiz lag im Jahr 2015 mit rund 14 Tonnen CO_2-Äquivalenten pro Person deutlich über dem europäischen Durchschnitt. Planetenverträglich wären schätzungsweise 0,6 Tonnen pro Person.

Der Biodiversitäts-Fussabdruck berücksichtigt den Einfluss der Landnutzung auf die globale Artenvielfalt. Besonders hoch sind die Biodiversitätsverluste in Ländern mit intensiver landwirtschaftlicher Bodennutzung und einer von Natur aus hohen Artenvielfalt. Der Druck der Schweiz auf die weltweite Biodiversität hat im untersuchten Zeitraum um rund 9 % pro Kopf zugenommen – hauptsächlich durch den Konsum importierter Güter.

Der Fussabdruck für die Süsswasserübernutzung ist ein Abbild des Wasserverbrauchs und berücksichtigt die lokale Knappheit in den Herkunftsländern. Der Wasser-Fussabdruck der Schweiz ist zwischen 2000 und 2015 pro Person um 28 % auf circa 4800 m^3 Wasser-Äquivalente gestiegen.

Der Material-Fussabdruck schliesslich erfasst den Rohstoffverbrauch durch inländischen Konsum. Zwischen 2000 und 2015 ist der Material-Fussabdruck der

Schweiz pro Person um circa 6 % auf weniger als 17 Tonnen gesunken. Der Durchschnitt der EU-Länder liegt demgegenüber bei 14 Tonnen pro Einwohnerin oder Einwohner.

… wachsender Druck im Inland

Trotz der erwähnten Fortschritte nimmt auch im Inland der Druck auf die natürlichen Ressourcen weiter zu. Zu den grössten Herausforderungen gehört der Bodenverbrauch durch sich ausdehnende Siedlungs- und Verkehrsflächen, die Überdüngung von Ökosystemen mit Stickstoffverbindungen, der Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Böden und Gewässer sowie der Klimawandel. Mit den weiterhin wachsenden Abfallmengen verliert die Schweiz zudem wertvolle Rohstoffe. Umweltbelastungen haben negative Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bevölkerung, auf natürliche Lebensräume und auf die Artenvielfalt. Die Lebensqualität und die Standortattraktivität der Schweiz werden geschmälert, und es entstehen hohe volkswirtschaftliche Kosten.

Je nach betrachteter räumlicher Einheit stehen andere Herausforderungen im Vordergrund: Im Mittelland dominiert der Verlust von Landschaftsqualität und von unversiegelten Flächen, weil Siedlungen und Infrastrukturen sich immer weiter ausdehnen. Im Jura ist die mit dem Klimawandel zunehmende Trockenheit ein vorrangiges Thema. In den Alpen steigt der Nutzungsdruck durch Freizeitaktivitäten, und mit der Klimaerwärmung dürften Naturereignisse immer grössere Auswirkungen haben. Auf der Alpensüdseite stehen die Qualität der Luft und der Landschaft sowie die steigende Waldbrandgefahr im Vordergrund. In städtischen Gebieten ist der Druck auf die natürlichen Ressourcen generell hoch, durch die Konzentration menschlicher Tätigkeiten ergeben sich jedoch auch Möglichkeiten einer effizienten Versorgung mit Infrastrukturen und Dienstleistungen. Mit der geforderten Siedlungsentwicklung nach innen können gleichzeitig städtebauliche Qualitäten der Agglomerationsgürtel verbessert, Freiräume gestaltet und so die Lebensqualität, das Landschaftsbild, die Biodiversität und das Stadtklima positiv beeinflusst werden.

Wandel von Ernährung, Wohnen und Mobilität als Chance

Der Bodenverbrauch, die Stickstoffüberschüsse, die Belastungen durch Pflanzenschutzmittel und andere chemische Stoffe sowie der Ausstoss von Treibhausgasen lassen sich mit punktuellen technischen Massnahmen allein nicht in den Griff bekommen. Notwendig ist vielmehr eine Transformation derjenigen Konsum- und Produktionsbereiche, von welchen die grössten Auswirkungen auf Umwelt und Ressourcen ausgehen. In dieselbe Richtung gehen auch die Ziele für nachhaltige Entwicklung der UNO (die sogenannten «sustainable development goals» oder SDGs).

Die bedeutendsten Umweltauswirkungen hat in der Schweiz die Ernährung mit einem Anteil von 28 %, gefolgt vom Wohnen mit 24 % und der Mobilität mit 12 %. Veränderungspotenziale liegen dabei sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite.

So braucht es für eine nachhaltige Ernährung nicht nur eine standortangepasste, klimaverträgliche Landwirtschaft mit gut vernetzten, qualitativ wertvollen Flächen zur Erhaltung der Biodiversität oder einen schonenden Umgang mit der Ressource Wasser. Auch das Vermeiden von Nahrungsverlusten und ein massvoller Konsum mit einem höheren Anteil pflanzlicher Lebensmittel können einen Beitrag leisten.

Die Umweltverträglichkeit des Wohnens hängt ab von Gebäudestandards für Energieeffizienz und Klimaverträglichkeit, vom Einsatz nachhaltiger Baumaterialien und Sekundärrohstoffe oder von der Planung von Ruhezonen und Grünräumen. Aber auch die Ansprüche an Wohnfläche und Ausstattung haben einen entscheidenden Einfluss.

Die Mobilität wird zukunftsfähig, wenn das Angebot an Verkehrs- und Transportmitteln und an Infrastrukturen den Anliegen der Luftreinhaltung sowie des Boden-, Landschafts- und Ruheschutzes entspricht und Rohstoffe für Bau und Betrieb sparsam und effizient eingesetzt werden. Gleichzeitig gibt es jedoch auch neue Formen des Arbeitens, der Freizeitgestaltung, des Reisens oder eine besser durchmischte Siedlungsentwicklung, womit sich der Hebel auf der Nachfrageseite ansetzen lässt.

Lösungen benötigen eine gesamtheitliche Systemsicht, die technisch-naturwissenschaftliche Ansätze mit sozioökonomischen Analysen verbindet. Damit der Wandel gelingt, braucht es einen Mix von Instrumenten. Dazu gehören nachhaltige Investitionen und saubere, ressourceneffiziente Technologien ebenso wie eine Stärkung des Vorsorgeprinzips und des Vollzugs der Umweltvorschriften auf nationaler und internationaler Ebene sowie eine intensivere Zusammenarbeit des Bundes mit der Wirtschaft, den Kantonen und den Nachbarländern.

Die Antwort auf die Frage, ob die umweltverträgliche Transformation von Konsum- und Produktionsmustern gelingt, ist schliesslich ebenfalls abhängig von gesellschaftlichen Trends im Zusammenhang mit der Ernährung, der Gesundheit, dem Zusammenleben oder der Mobilität und wird durch technische Innovationen stark beeinflusst. Die Umwelt- und Wirtschaftspolitik muss den technologischen Wandel und die Digitalisierung als Chancen nutzen, um den Verbrauch an natürlichen Ressourcen, Materialien und Energie zu senken und die Effizienz auf allen Ebenen zu steigern. Nur so bringt die Schweiz ihren Fussabdruck mit den planetaren Grenzen in Übereinstimmung.

Verweise

Im Text

(→ Abbildung 1)	Verweis auf Abbildung
(→ Klima)	Verweis auf Kapitel
(→ Infobox)	Verweis auf Infobox
(BAFU 2018a)	Verweis auf Literaturverzeichnis

Bewertung

Zustand

- gut
- mittelmässig
- schlecht
- nicht bewertbar

Entwicklung

- positiv
- unbefriedigend
- negativ
- nicht bewertbar

Aufbau und Methodik

«Der Bundesrat beurteilt mindestens alle vier Jahre den Zustand der Umwelt in der Schweiz und erstattet der Bundesversammlung über die Ergebnisse Bericht». Mit diesem Satz wurde 2014 das Umweltschutzgesetz (USG) aufgrund der Ratifizierung der Aarhus-Konvention ergänzt.

Die Berichte «Umwelt Schweiz» dienen dazu, diesen Informationsauftrag aufzunehmen und in einfacher und klarer Form über den Zustand und die Entwicklung der Umwelt zu berichten. Indem sie Handlungsbedarf ausweisen, setzen die Berichte gleichzeitig auch Signale für die Ausgestaltung der künftigen Umweltpolitik und zeigen Synergien mit anderen Sektoralpolitiken auf.

Der Bericht «Umwelt Schweiz 2018» informiert sachgerecht und faktenorientiert über den Zustand der Umwelt und die Umweltbelastung. Der Bundesrat publiziert mit diesem Bericht eine fundierte Auslegeordnung, die für die künftige Gestaltung der Umweltpolitik und weiterer umweltrelevanter Politikbereiche als Grundlage dienen soll.

Aufbau des Berichts und konzeptionelle Grundlagen
Der vorliegende Bericht besteht aus drei Teilen: Teil A umfasst eine übergeordnete Analyse und Synthese zum Zustand der natürlichen Ressourcen weltweit und zum Einfluss der Schweiz auf diese. Teil B enthält Fachanalysen und Rechenschaftsberichte über die Umsetzung der Umweltpolitik in den verschiedenen Fachbereichen. Teil C schliesslich stellt Herausforderungen und Chancen für die Erhaltung der natürlichen Ressourcen in den Vordergrund. Der Bericht orientiert sich am europaweit harmonisierten **DPSIR-Modell**[1], das den Zusammenhang zwischen Ursachen, Belastungen, Zustand der Ökosysteme, Auswirkungen auf Mensch und Natur sowie erforderlichen Massnahmen herstellt.

Teil A – Natürliche Ressourcen unter Druck
Das erste Kapitel **Planetare Belastbarkeitsgrenzen** schafft einen Überblick zum Einfluss der Schweiz auf den Zustand der natürlichen Ressourcen weltweit.

Das zweite Kapitel **Ressourcenverbrauch der Schweiz** präsentiert eine Synthese zu den wichtigsten Treibern, Belastungen und Auswirkungen der Ressourcennutzung der Schweiz.

Ein **räumlicher Überblick** fasst zudem die wichtigsten Entwicklungen im Mittelland, im Jura und in den Voralpen, in den Alpen sowie in den Südalpen zusammen.

Teil A wirft in diesem Kapitel auch einen vertieften Blick auf drei ausgewählte Querschnittsthemen und die Herausforderungen bzw. Chancen, die sich daraus für die Umweltpolitik ergeben: **Umweltbelastung durch den Schweizer Konsum im Ausland, Stickstoff** sowie **Agglomerationen.**

Das dritte Kapitel **Systemsicht** setzt einen besonderen Fokus auf die Konsum- und Produktionsbereiche mit den grössten Umweltauswirkungen **Ernährung, Wohnen** und **Mobilität.**

Teil B – Umsetzung der Umweltpolitik
Teil B analysiert den Umweltzustand in verschiedenen Fachbereichen und gibt Rechenschaft über die Umsetzung der Umweltpolitik in verschiedenen Bereichen. Folgende **Umweltthemen** werden betrachtet: Klima, Luft, Biodiversität, Wasser, Wald, Boden, Landschaft, Ruhe, Naturgefahren, Störfallrisiken, Biosicherheit, Chemikalien, Abfall und Rohstoffe, Altlasten, Elektrosmog sowie – falls nicht bereits in den Fachbereichen aufgegriffen – die internationale Umweltpolitik.

1 DPSIR: Menschliche Aktivitäten (Driving forces), Druck auf die Umwelt (Pressures), Umweltzustand (State), Auswirkungen auf die Umwelt (Impact), Korrekturmassnahmen (Responses)

Eingeführt werden die Kapitel jeweils mit dem **Auftrag,** welcher sich aus den gesetzlichen Grundlagen, Bundesratsstrategien, internationalen Abkommen und den Zielen der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO (Sustainable Development Goals, SDGs) ergibt.

Danach folgt eine Analyse und Berichterstattung zum Thema gemäss DPSIR-Modell.

Zum Abschluss wird für jedes Thema der spezifische **Handlungsbedarf** aufgezeigt, welcher sich aus Auftrag und Zustand ableiten lässt. Der Handlungsbedarf kann dementsprechend hinweisen auf Nichterreichung von nationalen oder internationalen Zielen, auf Defizite beim Umweltzustand oder beim Vollzug, auf Finanzierungsbedarf, auf Wissenslücken (Forschung und Monitoring) oder auf die internationale Verantwortung der Schweiz.

Teil C – Intakter Lebensraum: Herausforderungen und Chancen

Teil C fasst einerseits die wichtigsten Herausforderungen zusammen, die sich für die Erreichung des Ideals eines intakten Lebensraums ergeben. Andererseits zeigt er auch Chancen auf, die daraus entstehen können.

Bewertungsmethode

Die Indikatoren des Umweltberichts geben Aufschluss über den Zustand und die Entwicklung der Umwelt auf der Grundlage der verfügbaren Daten. Sie werden von einer Bewertung und einem Kommentar begleitet, welche die Interpretation der in der Grafik dargestellten Fakten ermöglichen. Die Bewertungen werden von den für die einzelnen Bereiche zuständigen Fachexpertinnen und -experten vorgenommen. Wo verbindliche Zielvorgaben (Zielwerte, Grenzwerte) bestehen, dienen diese als Grundlage für die Bewertung.

Es werden zwei Aspekte bewertet: der Zustand und die Tendenz. Der Zustand bezieht sich auf die letzten verfügbaren Daten. Die Tendenz berücksichtigt die Entwicklung zwischen dem Beginn und dem Ende des untersuchten Zeitraums. Die zukünftige Entwicklung wird nicht behandelt.

Die Tendenz wird nach der vom Bundesamt für Statistik (BFS) verwendeten Methode für die Indikatoren der nachhaltigen Entwicklung bewertet. Diese Methode besteht in einem Vergleich zwischen der angestrebten Entwicklung und der beobachteten Entwicklung, wobei letztere anhand der verfügbaren Daten berechnet wird. Zusätzlich werden die im Rahmen dieses Berichts erstellten Bewertungen einer kritischen Überprüfung durch Fachexpertinnen und -experten unterzogen. Falls diese der Ansicht sind, dass die Bewertung nicht schlüssig sei und dass weitere Faktoren zu berücksichtigen seien, können sie die Bewertung in letzter Instanz ändern. Diese Entscheidung wird im Kommentar zum betreffenden Indikator begründet.

Für die Beurteilung von Zustand und Entwicklung werden drei Kategorien herangezogen:

Zustand	Entwicklung
Gut Keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt, die Gesundheit oder die Infrastrukturen. Die Grenzwerte werden eingehalten.	**Positiv** **Indikatoren ohne datiertes Ziel:** Die beobachtete Entwicklung geht in die gleiche Richtung wie die angestrebte Entwicklung. **Indikatoren mit einem datierten Ziel:** Die beobachtete Entwicklung ermöglicht es, das Ziel bis zum festgelegten Datum zu erreichen oder zu übertreffen.
Mittelmässig Die Auswirkungen auf die Umwelt, die Gesundheit oder die Infrastrukturen sind beherrschbar. Der Zustand liegt in der Nähe der Grenzwerte.	**Unbefriedigend**[1] **Indikatoren ohne datiertes Ziel:** Die beobachtete Entwicklung ist stabil, während eine Zunahme oder Abnahme angestrebt wird. **Indikatoren mit einem datierten Ziel:** Die beobachtete Entwicklung geht in die richtige Richtung, reicht jedoch nicht aus, um das Ziel bis zum festgelegten Datum zu erreichen.
Schlecht Negative Auswirkungen auf die Umwelt, die Gesundheit oder die Infrastrukturen. Die Grenzwerte werden nicht eingehalten.	**Negativ** Die beobachtete Entwicklung geht in eine dem angestrebten Ziel entgegengesetzte Richtung.
Nicht bewertbar	**Nicht bewertbar**

Weitere Details zur Bewertungsmethode unter www.bafu.admin.ch/indikatoren

Die im Bericht präsentierten Grafiken beruhen im Allgemeinen auf den Daten, die bis August 2018 verfügbar waren.

Bebilderung

Der vorliegende Bericht wurde von einem Fotografen bebildert. Die Fotografien, als eigenständige Ergänzung zu Grafiken und Daten, thematisieren die Beziehungen zwischen Mensch und Umwelt, die Systeme Ernährung, Wohnen und Mobilität sowie die verschiedenen Umweltbereiche.

1 Das Bundesamt für Statistik (BFS) verwendet für diese Kategorie den Begriff «unverändert».

A Natürliche Ressourcen unter Druck

A1 Planetare Belastbarkeitsgrenzen

Die Nutzung und der Verbrauch natürlicher Ressourcen durch Produktion und Konsum liegen weltweit über dem naturverträglichen Mass. Die planetaren Belastbarkeitsgrenzen für Biodiversitätsverluste, den Klimawandel, die Stickstoff- und Phosphorüberschüsse und die Abholzung von Wäldern werden bereits überschritten. Würden alle Länder so viele Ressourcen verbrauchen wie die Schweiz, läge das Risiko für gravierende Folgen nochmals deutlich höher.

Die Erde versorgt 7,5 Milliarden Menschen mit natürlichen Ressourcen für die Ernährung, für Unterkunft, Fortbewegung und zur Befriedigung zahlreicher weiterer Bedürfnisse. Obwohl der Mensch nur eine unter circa 10 Millionen Arten von Tieren, Pflanzen und Pilzen ist, beansprucht er für sich ein Viertel der gesamten pflanzlichen Biomasseproduktion der Erdoberfläche (Krausmann et al. 2013). Die meisten heutigen Gesellschaften beruhen zudem auf einer massiven Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen wie der Biomasseproduktion früherer Erdepochen in Form von Erdöl, Erdgas oder Kohle.

Steiler Anstieg der Ressourcennutzung

Das noch nie dagewesene weltweite Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaft ab Mitte des 20. Jahrhunderts brachte einen starken Anstieg der Ressourcennutzung mit sich. So sind seither die Bevölkerungszahl, das Bruttoinlandprodukt (BIP), der Energieverbrauch, der Düngemitteleinsatz oder der Wasserverbrauch stark angestiegen (Steffen et al. 2015a).

Die **globale Nutzung von Rohstoffen** in Form von Biomasse (Wald- und Landwirtschaftsprodukte), metallhaltigen Erzen (Eisen, Aluminium, Kupfer usw.), nichtmetallischen Mineralien (Sand, Kies, Gesteine usw.) sowie fossilen Energieträgern hat sich zwischen 1970 und 2017 auf knapp 90 Milliarden Tonnen mehr als verdreifacht (UNEP 2017). Die Rohstoffnutzung zieht in vielen Fällen auch einen erhöhten Verbrauch und die **Beeinträchtigung anderer natürlicher Ressourcen** wie Boden, Wasser, Luft, Biodiversität und Landschaft nach sich.

Über dem naturverträglichen Mass

Die Erde nähert sich als Folge dieser Entwicklung ihren **Belastbarkeitsgrenzen** oder hat diese bereits überschritten. Ein Forschungsteam um das Stockholm Resilience Centre und auf dessen Arbeit aufbauende wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass von neun planetaren Belastbarkeitsgrenzen deren vier bereits überschritten sind (Rockström et al. 2009, Steffen et al. 2015b, EUA 2015a, UNEP 2012a, 2017). Bereits verlassen hat die Erde ihren «sicheren Handlungsraum» (safe operating space) demnach bei der Biodiversität (massiv erhöhte Aussterberate), beim Landnutzungswandel (Abholzen von Wäldern), bei den Stickstoff- und Phosphorüberschüssen (Überdüngung und Sauerstoffverlust in den Meeren und Süssgewässern), beim Klima (Anstieg der Treibhausgase) (→ Abbildung 1). Das **Risiko negativer Auswirkungen** auf die Lebensbedingungen des Menschen ist damit entweder hoch (Biodiversität, Stickstoff- und Phosphorflüsse) oder erhöht (Klimawandel, Landnutzungswandel).

Auswirkungen übermässiger Ressourcennutzung

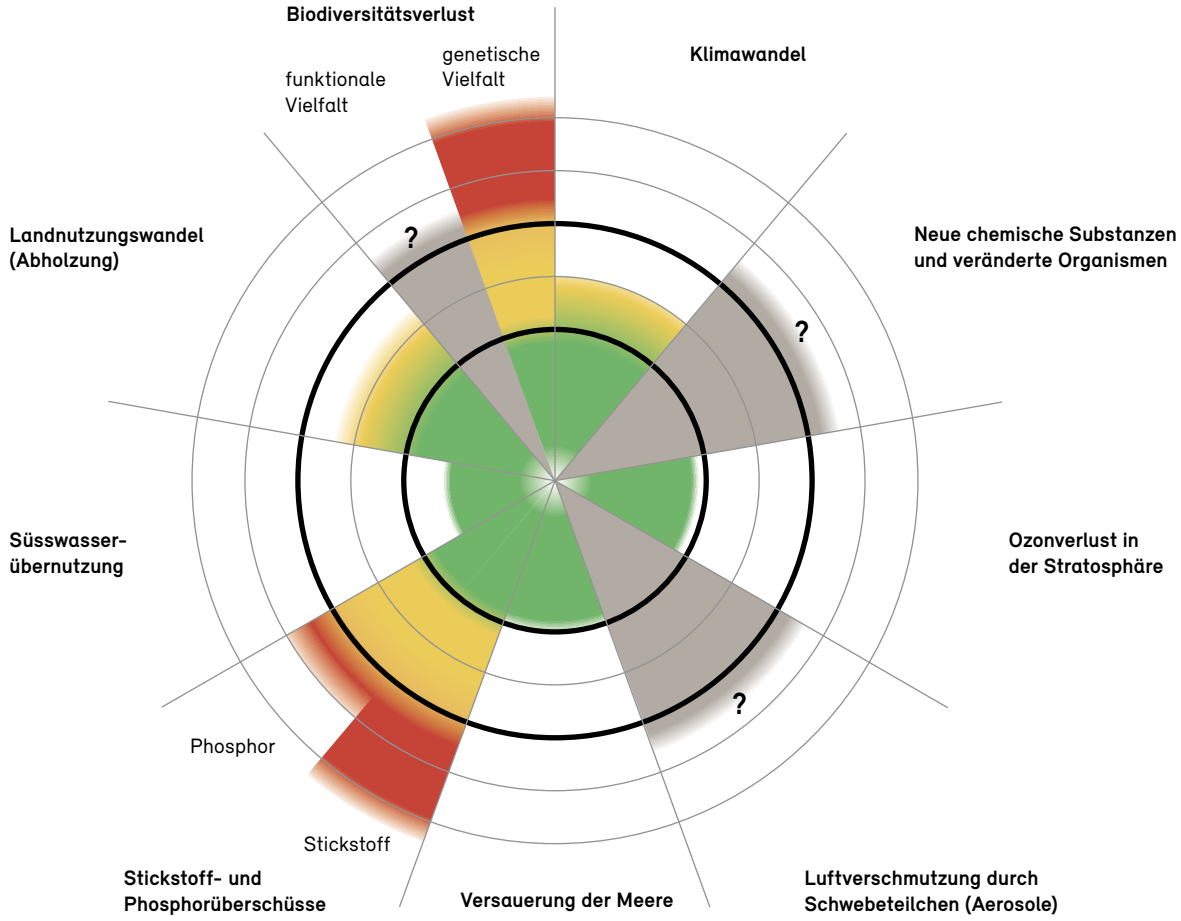
Werden die globalen Belastbarkeitsgrenzen überschritten, können Kippeffekte ausgelöst werden, bei denen Ökosysteme und globale Stoffkreisläufe aus dem Gleichgewicht geraten. Deren Folgen sind teilweise schwer

Abbildung 1

Planetare Belastbarkeitsgrenzen

Die planetaren Belastbarkeitsgrenzen identifizieren für neun lebenswichtige globale Prozesse Grenzen, die nicht überschritten werden dürfen, wenn der Planet Erde nicht in einen Zustand kippen soll, der für das Wohlergehen menschlicher Gesellschaften wesentliche Risiken mit sich bringen würde (Rockström et al. 2009, Steffen et al. 2015b).
Werden diese Grenzen überschritten, verlässt die Menschheit den sicheren Handlungsraum (safe operating space) und geht ein Risiko ein, dass Ökosysteme, Wirtschaft und Gesellschaft von negativen Folgen betroffen sein werden. Überschreitet ein Prozess den (in der Grafik grün dargestellten) sicheren Handlungsraum, besteht ein erhöhtes Risiko für gravierende Folgen (in der Grafik gelb). Bei einer deutlichen Überschreitung besteht ein hohes Risiko für gravierende Folgen (in der Grafik rot).

Für die funktionale Vielfalt (als Teil der Biodiversitätsverluste), die atmosphärische Aerosolbelastung (Luftverschmutzung) und die Verschmutzung durch neue chemische Substanzen und veränderte Organismen fehlen momentan noch die Datengrundlagen, um eine planetare Belastbarkeitsgrenze festzulegen (in der Grafik grau). Dennoch gibt es bereits heute Hinweise darauf, dass diese Prozesse einem starken Druck ausgesetzt sind.
Am Beispiel der Süsswasserübernutzung wird deutlich, dass das Konzept der planetaren Belastbarkeitsgrenzen (abgesehen von den globalen Prozessen des Klimawandels, der Ozeanversauerung und des Ozonverlusts in der Stratosphäre) in den Kontext von lokalen Entwicklungen gestellt werden muss; denn während Süsswasser global ausreichend zur Verfügung steht, gibt es Weltregionen, in denen sich der Wasserkreislauf massiv unter Druck befindet (Pfister et al. 2016).



- Sicherer Handlungsraum verlassen; hohes Risiko gravierender Folgen
- Sicherer Handlungsraum verlassen; erhöhtes Risiko gravierender Folgen
- Menschheit agiert im sicheren Handlungsraum
- Belastbarkeitsgrenze nicht definiert

Quelle: Steffen et al. 2015b, übersetzt

absehbar. Würden sich z. B. natürliche Zirkulationssysteme wie der Golfstrom oder der Monsun grundlegend wandeln, können sich die Lebensbedingungen ganzer Kontinente verändern.

Für folgende Prozesse werden die planetaren Belastbarkeitsgrenzen heute bereits überschritten:

- Die **Biodiversitätsverluste** schreiten global trotz Schutzmassnahmen weiter voran und gefährden damit die Intaktheit der Biosphäre. So sind z. B. im westlichen und zentralen Europa nur noch 38,4 % der ursprünglichen Artenvielfalt erhalten (UNEP 2012a). Mit dem Aussterben von Arten geht Erbgut unwiederbringlich verloren. Der Biodiversitätsverlust schwächt ausserdem die Zuverlässigkeit, mit der Ökosysteme lebenswichtige Funktionen erfüllen.
- Der **globale Klimawandel** ist eine der Folgen des Treibhausgasausstosses in die Atmosphäre. Der Temperaturanstieg führt u. a. zu einem Verlust von Lebensräumen. Die Häufung von Extremereignissen wie Trockenheit, Hitzeperioden oder Starkniederschlägen vernichtet Ernten und gefährdet die menschliche Gesundheit, der erwartete Anstieg des Meeresspiegels bedroht Siedlungen in Küstennähe (IPCC 2015).
- **Stickstoff- und Phosphorüberschüsse** aus der Landwirtschaft (und – im Fall von Stickstoff – zusätzlich aus Verbrennungsprozessen) werden in Seen und Meere ausgewaschen. Dort führen sie zu einer Überdüngung. Durch das gesteigerte Algen- und Bakterienwachstum sinkt der Sauerstoffgehalt im Wasser, und die Gewässerökosysteme kippen in einen lebensfeindlichen Zustand.
- **Landnutzungswandel**, welcher zu einer grossflächigen Abholzung der Wälder führt, ist hauptsächlich eine Folge der Intensivierung und Ausdehnung der Landwirtschaft. Auswirkungen sind ein Verlust von Biodiversität, die Zerstörung von Bodenfunktionen, eine Einschränkung weiterer Ökosystemleistungen sowie der Einfluss auf das Klima. In der Folge wird u. a. für viele Menschen der Zugang zu sauberem Trinkwasser und Nahrung erschwert (UNEP 2012a).

Für folgende drei Prozesse sind die planetaren Belastbarkeitsgrenzen nach heutigem Kenntnisstand noch nicht überschritten. Regional werden jedoch teilweise auch hier kritische Schwellen überschritten:

- Der **Ozonverlust in der Stratosphäre** ist das Ergebnis von Emissionen langlebiger, ozonschädigender Substanzen (insbesondere Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe, FCKW). Eine 1987 unterzeichnete internationale Vereinbarung (das Montreal-Protokoll) führte zu deren Verbot. Seither ist eine Erholung festzustellen. Dennoch kann dieses Umweltproblem noch nicht als gelöst betrachtet werden: Gemäss Modellrechnungen ist eine vollständige Wiederherstellung der Ozonschicht erst für die Zeit nach dem Jahr 2060 zu erwarten (Douglass et al. 2014); über der Antarktis kommt es während des Südfrühlings weiterhin zur Bildung eines Ozonlochs, wodurch sich die schädliche UV-Strahlung in der betroffenen Region verstärkt; und in den Tropen und den mittleren Breiten ist bislang kein wieder ansteigender Trend der Gesamtozonsäule messbar (Ball et al. 2018). Überdies könnten Emissionen von kurzlebigen ozonschichtabbauenden Stoffen (z. B. Dichlormethan), welche nicht durch das Montreal-Protokoll geregelt werden, die Erholung der Ozonschicht weiter hinauszögern (Hossaini et al. 2017).
- Die **Versauerung der Meere** hat ihre Ursache – so wie der Klimawandel auch – vorwiegend im Anstieg der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre. Indem sich CO_2 als Kohlensäure im Meereswasser löst, sinkt auch dessen pH-Wert. Organismen mit Kalkskeletten oder Kalkschalen (Korallen, Meeresschnecken, Zooplankton usw.) werden dadurch geschädigt oder sterben ab. Korallenriffe sind ein ausserordentlich artenreicher Lebensraum und wichtig für die Fischerei. Sie schützen ausserdem Küsten vor der Wucht von Wellen und Stürmen.
- Die **Süsswasserübernutzung** zeigt sich u. a. daran, dass weltweit ungefähr ein Viertel aller Flüsse austrocknen, bevor sie das Meer erreichen. Gründe sind insbesondere die Bewässerung der landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie die Stromproduktion mit Wasserkraft. In stromabwärts gelegenen Regionen wird der natürliche Wasserkreislauf verändert. Dadurch verschärft sich die Wasserknappheit, und die natürlichen Lebensräume und damit die Arten, aber auch die Klimaregulation geraten unter Druck.

Die **Luftverschmutzung durch Schwebeteilchen** (sogenannte Aerosole) stellt als Risikofaktor für Atemwegserkrankungen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen ein grosses Gesundheitsrisiko dar. Ausserdem hat sie Aus-

wirkungen auf das Klima (Reflektion oder Adsorption von Sonnenstrahlung, veränderte Wolkenbildung). Neue oder neu freigesetzte **chemische Substanzen und künstlich veränderte Organismen** können für lebenswichtige planetare Prozesse unerwünschte Auswirkungen haben (ein Beispiel sind die heute verbotenen ozonschädigenden FCKW). Sowohl die Vielzahl verschiedener Schadstoffkomponenten in der Luft als auch die neuen Substanzen und Organismen können komplexe Wechselwirkungen eingehen. Es ist daher (noch) nicht möglich, für diese beiden Prozesse planetare Grenzen festzulegen.

Einfluss der Schweiz auf die natürlichen Ressourcen der Erde

Während die Menschen in den Entwicklungs- und Schwellenländern die Umwelt aufgrund ihres Lebensstandards vergleichsweise wenig belasten, führt der **Konsum der wohlhabenden** Länder lokal und global zu einem hohen Ressourcenverbrauch. Pro Person beträgt der Material-Fussabdruck in Ländern mit hohem Einkommen das Zehnfache der Länder mit tiefem Einkommen (UNEP 2017).

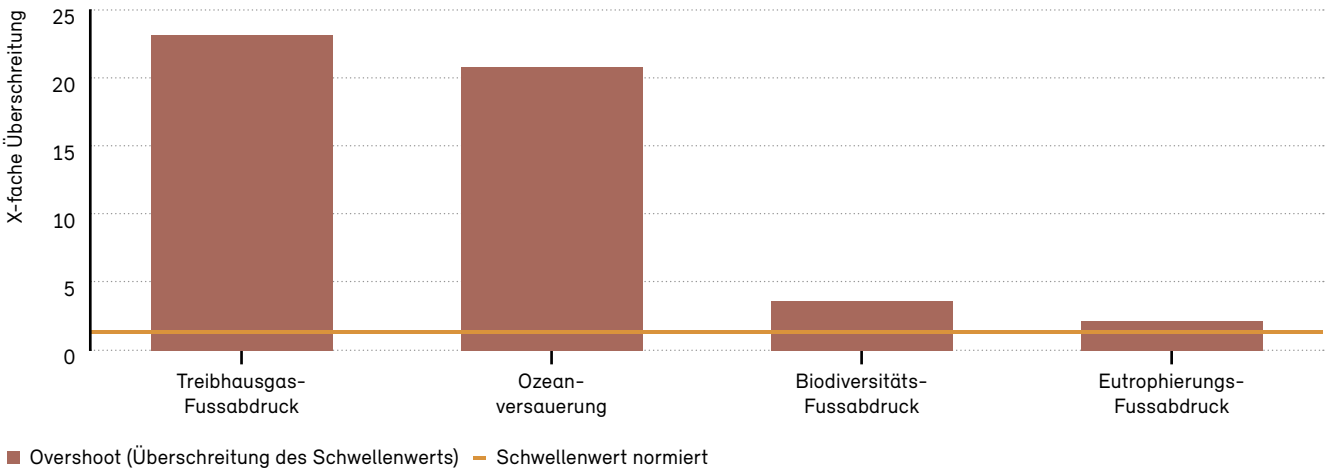
Mit ihrem Konsum übt die Schweiz Druck aus auf die natürlichen Ressourcen des Planeten. Die konsumbedingten Umweltbelastungen können mit sogenannten Fussabdruck-Indikatoren abgeschätzt werden (BAFU 2014a, 2016a, 2018a). Im internationalen Vergleich erscheint der Anteil der Schweiz an den weltweiten Fussabdrücken (d. h. an den kumulierten Fussabdrücken aller Länder) insgesamt klein; beim Treibhausgas-Fussabdruck liegt er z. B. bei lediglich 0,2 %. Die **Umweltbelastungen pro Person** hingegen sind in der Schweiz **vergleichsweise hoch** und liegen weit über dem globalen Durchschnitt. Hätten alle Menschen auf der Erde so

Abbildung 2

Planetare Belastbarkeitsgrenzen und Schweizer Fussabdrücke

Die Schweiz trägt über Umweltbelastungen im Inland und über Emissionen, die in Importen «versteckt» sind, zum hohen Druck auf das Klima, die Gewässer, die Biodiversität sowie zur Überdüngung (Eutrophierung) von Ökosystemen durch Stickstoff überdurchschnittlich stark bei.
Den planetaren Grenzen der Belastbarkeit wurden für ausgesuchte Umweltbereiche Schwellenwerte zugeordnet (Dao et al. 2015). Aufgezeigt am Beispiel Klima, kann aus der Gegenüberstellung der heutigen und kritischen CO_2-Konzentration in der Atmosphäre (für eine 50 %-Chance bis 2100 unter einem 2 °C-Temperaturanstieg zu bleiben) ein Treibhausgas-Budget berechnet und auf Länder- bzw. Personenebene heruntergebrochen werden.

Der Treibhausgas-Fussabdruck (14 Tonnen CO_2-Äquivalente pro Person) überschreitet diesen Schwellenwert von 0,6 Tonnen pro Person um das 23-Fache. Bei der Ozeanversauerung, ebenfalls verursacht durch CO_2 (nicht aber durch andere Treibhausgase), liegt der Fussabdruck mit rund 10,5 Tonnen pro Person rund 21-mal über dem Schwellenwert (0,5 Tonnen pro Person). Der Biodiversitäts-Fussabdruck[1] übersteigt den zugehörigen Schwellenwert um das 3,7-Fache und den Schwellenwert für Überdüngung durch Stickstoff (Eutrophierung) um das Doppelte.
Für die restlichen Umweltbereiche ist eine Gegenüberstellung von Fussabdrücken und Schwellenwerten aufgrund der fehlenden Datengrundlage derzeit nicht möglich.



Quellen: Dao et al. 2015; BAFU 2018a

1 Der Pro-Kopf-Wert beträgt 7,4 Billionstel PDF·a. Die Einheit PDF (potentially disappeared fraction) beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines unwiderruflichen Aussterbens von Arten (über die Jahre «a» integriert) durch das Nutzen von Land im Vergleich zum natürlichen Zustand.

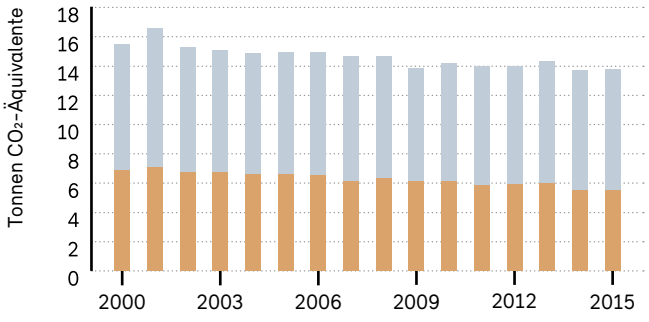


Abbildung 3

Fussabdruck-Indikatoren

Fussabdruck-Indikatoren berechnen die Umweltbelastung (Emissionen bzw. Ressourcenverbrauch) der Schweizer Endnachfrage nach Gütern und Dienstleistungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Gewinnung der Rohstoffe über deren Verarbeitung bis zur Nutzung und Entsorgung.[1] Die Fussabdruck-Perspektive ist eine Ergänzung zu den häufig verwendeten territorialen Indikatoren, die nur Emissionen und Ressourcenverbräuche im Inland abbilden. Sowohl nationale als auch internationale Behörden benutzen vermehrt Fussabdruck-Indikatoren. Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO stützt sich bei Ziel 8.4 (Ressourcen-Effizienz in Konsum und Produktion) beispielsweise auf den Material-Fussabdruck (UN 2015).
Bei allen betrachteten Fussabdrücken fällt deutlich mehr als die Hälfte der Umweltbelastung im Ausland an (→ Herausforderung Umweltbelastung im Ausland). Beim Wasser-Fussabdruck beträgt der ausländische Anteil sogar 99 %.

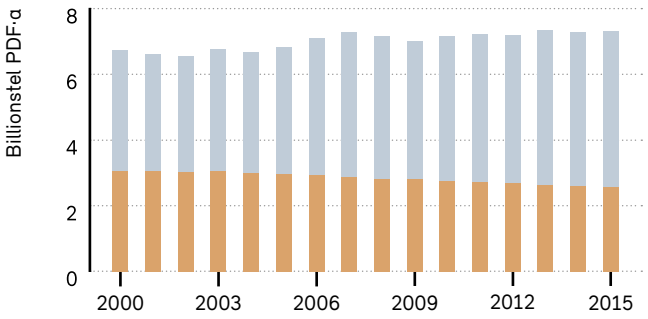
Treibhausgas-Fussabdruck pro Person



Emissionen im Inland aufgrund des inländischen Konsums
Emissionen im Ausland aufgrund des inländischen Konsums

Quellen: BAFU; BFS – ESPOP/STATPOP

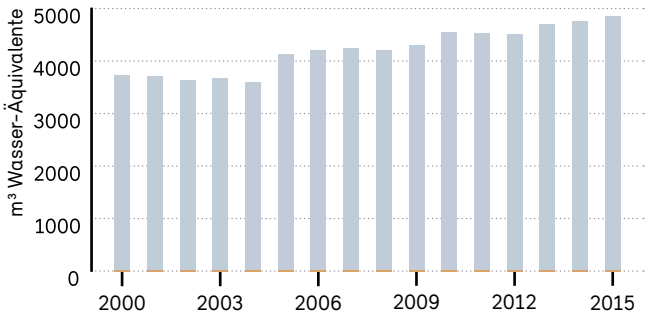
Biodiversitäts-Fussabdruck pro Person



Druck auf die Biodiversität aufgrund der konsumbedingten Landnutzung im Inland
Druck auf die Biodiversität aufgrund der konsumbedingten Landnutzung im Ausland

Quellen: BAFU; BFS – ESPOP/STATPOP

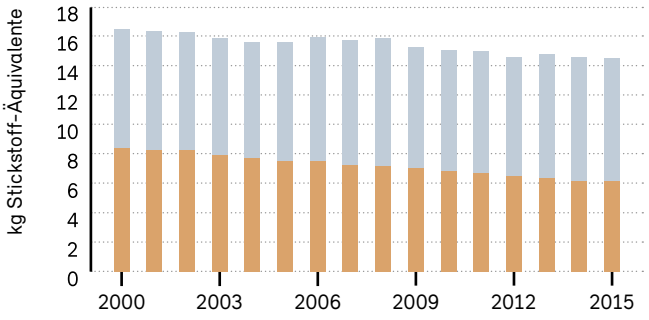
Wasser-Fussabdruck pro Person



Gewichteter Wasserverbrauch im Inland aufgrund des inländischen Konsums
Gewichteter Wasserverbrauch im Ausland aufgrund des inländischen Konsums

Quellen: BAFU; BFS – ESPOP/STATPOP

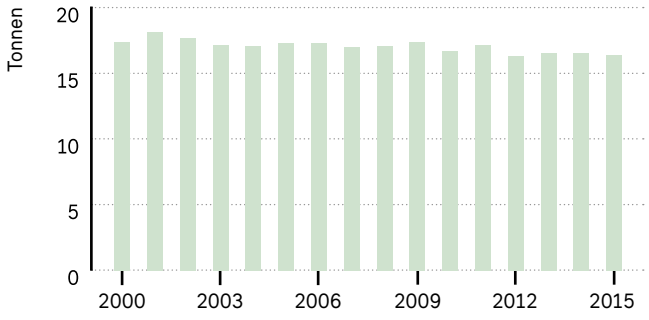
Stickstoff-Fussabdruck pro Person



Belastung im Inland aufgrund des inländischen Konsums
Belastung im Ausland aufgrund des inländischen Konsums

Quellen: BAFU; BFS – ESPOP/STATPOP

Material-Fussabdruck pro Person



Rohstoffverbrauch (RMC) aufgrund des inländischen Konsums

Quellen: BFS – Umweltgesamtrechnung, ESPOP/STATPOP

1 Dazu werden die inländischen und die importbedingten Umweltbelastungen addiert und die exportbedingten Umweltbelastungen abgezogen (BAFU 2018a).

Treibhausgas-Fussabdruck pro Person

Der Treibhausgas-Fussabdruck der Schweiz ist, abgesehen von 2001, relativ stabil und vor allem witterungs- und konjunkturbedingten Schwankungen unterworfen. Im Jahr 2015 betrug er 14 Tonnen CO_2-Äquivalente pro Person (→ Klima, Blick über die Grenzen). Da die Bevölkerung in der Schweiz zwischen 2000 und 2015 um 15 % gewachsen ist, resultiert eine absolute Zunahme zwischen 2000 und 2015 um rund 3 % auf 115 946 Kilotonnen CO_2-Äquivalente.
Würde die gesamte Weltbevölkerung pro Jahr und Person 14 Tonnen CO_2-Äquivalente in die Atmosphäre ausstossen, könnte das Ziel, den globalen Temperaturanstieg auf 2 °C zu begrenzen, nicht erreicht werden. Der Treibhausgas-Fussabdruck der Schweiz übersteigt den von der planetaren Belastbarkeitsgrenze ableitbaren Schwellenwert von 0,6 Tonnen pro Person um das 23-Fache.

Biodiversitäts-Fussabdruck pro Person

Der Fussabdruck für die Verluste der biologischen Vielfalt wird berechnet mit einem über die Jahre integrierten Mass für den potenziellen globalen Verlust von Arten (potentially disappeared fraction, PDF·a) als Folge der Landnutzung für die Produktion der konsumierten Güter oder Dienstleistungen. Der Druck des Schweizer Konsums auf die Artenvielfalt hat von 2000 bis 2015 pro Person um rund 9 % zugenommen. Er betrug im Jahr 2015 7,4 Billionstel PDF-a pro Person[2]. Der absolute Biodiversitäts-Fussabdruck ist wegen der Zunahme der schweizerischen Wohnbevölkerung um 25 % auf 61,6 Millionstel PDF-a gestiegen (BAFU 2018a).
Der Druck auf die Biodiversität durch den Schweizer Konsum übersteigt den Schwellenwert, der mit den planetaren Belastbarkeitsgrenzen vereinbar ist, um das 3,7-Fache.
Aussagen zum Zustand der Biodiversität in der Schweiz (zu den in der Schweiz ausgestorbenen, vom Aussterben bedrohten, stark gefährdeten oder verletzlichen Arten) lassen sich aus dem Biodiversitäts-Fussabdruck nicht ableiten. Ersterer wird durch das Biodiversitäts-Monitoring und das Rote-Listen-Programm gemessen (→ Biodiversität).

Wasser-Fussabdruck pro Person

Der Fussabdruck für die Süsswasserübernutzung bezieht die lokale Wasserknappheit mit ein. Der Wasserfussabdruck der Schweiz ist zwischen 2000 und 2015 pro Person um 28 % auf circa 4800 m^3 Wasser-Äquivalente angestiegen. Absolut stieg der Wasser-Fussabdruck im gleichen Zeitraum um 48 % auf rund 40 Milliarden m^3 Wasser-Äquivalente.
Der Wasserverbrauch entlang der Lieferketten von Schweizer Konsumgütern ist hauptsächlich in trockenen Regionen relevant und verstärkt dadurch die lokale Wasserknappheit (u. a. in Spanien, den USA, Indien, China, Italien und Pakistan). Entsprechend wurde kein weltweiter Schwellenwert berücksichtigt, sondern ausschliesslich regionale Bezugsgrössen (BAFU 2018a).

Stickstoff-Fussabdruck pro Person

Der Fussabdruck Überdüngung durch Stickstoff drückt die eutrophierende Wirkung stickstoffhaltiger Emissionen aus, die über die Fliessgewässer und über die Atmosphäre (ohne Stickoxide) in die Meere gelangen. Der Stickstoff-Fussabdruck der Schweiz betrug im Jahr 2015 14,8 kg Stickstoff-Äquivalente pro Person, rund doppelt so viel, wie mit den planetaren Belastbarkeitsgrenzen vereinbar ist. In absoluten Werten liegt er bei rund 122 400 Tonnen Stickstoff-Äquivalenten.
Aussagen zu den Stickstoffeinträgen in der Schweiz lassen sich aus dem Stickstoff-Fussabdruck nur teilweise ableiten, da er nur die Einträge in die Meere via Fliessgewässer berücksichtigt. Zu den Auswirkungen der terrestrischen Einträge auf Biodiversität und Gesundheit in der Schweiz siehe Kapitel Luft und Herausforderung Stickstoff.

Material-Fussabdruck pro Person

Der Fussabdruck für den Rohstoffverbrauch (raw material consumption, RMC) berücksichtigt den Rohstoffverbrauch im In- und Ausland, der auf die inländische Endnachfrage zurückzuführen ist. Der Material-Fussabdruck der Schweiz ist von 2000 bis 2015 pro Person um circa 6 % auf unter 17 Tonnen gesunken (BFS 2018a). Dieser Wert liegt aber noch immer deutlich über dem Durchschnitt der EU-Länder (EU28-Wert) von 14 Tonnen pro Person. Absolut ergibt sich für denselben Zeitraum eine Zunahme um ungefähr 7 %.
Kies, Sand und andere nichtmetallische Mineralien tragen mit einem Anteil von über 40 % mengenmässig am stärksten zum Material-Fussabdruck der Schweiz bei.
Aus einer fairen globalen Verteilung ergibt sich ein Schwellenwert von 5,2 Tonnen Rohmaterialverbrauch pro Person und Jahr (UBA 2015a, Bringezu und Schütz 2014), wobei die unterschiedliche Relevanz verschiedener Rohstoffe für die Umwelt mit einbezogen werden muss (Müller et al. 2017).

2 Das heisst, aufgrund der Landnutzung durch das Konsumniveau von 2015 einer in der Schweiz lebenden Person sterben potenziell 7,4 Arten pro Billion Arten aus.

grosse Fussabdrücke wie die Bevölkerung der Schweiz, wären die planetaren Belastbarkeitsgrenzen deutlich überschritten, insbesondere für den Klimawandel, die Ozeanversauerung, die Biodiversitätsverluste und die Stickstoffüberschüsse (→ Abbildung 2, Abbildung 3).

Herausforderungen für die Zukunft

Bereits heute überschreitet die Schweiz durch ihre **Konsum- und Produktionsmuster** die Belastbarkeitsgrenzen des Planeten, insbesondere diejenigen für die Klimaerwärmung (Treibhausgase) und für verschiedene Ökosystemeigenschaften (Ozeanversauerung, Biodiversitätsverluste und Überdüngung durch Stickstoff).

Nach Einschätzungen der Europäischen Umweltagentur (EUA) wird die Zukunft stark geprägt durch verschiedene **globale Megatrends.** Zu diesen zählen neben der erwarteten Bevölkerungsentwicklung und dem prognostizierten Wirtschaftswachstum auch der technologische Wandel – insbesondere im Bereich der Digitalisierung –, die zunehmende Umweltverschmutzung, eine Verschärfung der Folgen des Klimawandels, weltweit zugespitzte Ressourcenkonkurrenz und ein wachsender Druck auf die Ökosysteme (EUA 2015a).

Um die Belastbarkeitsgrenzen des Planeten nicht zu überschreiten und die Zukunft auf eine sichere Lebensgrundlage zu stellen, müssen Wirtschaft und Gesellschaft ihre Umwelt-Fussabdrücke deutlich reduzieren. Die **bisherigen Fortschritte reichen** dazu **nicht aus.** Wenn natürliche Ressourcen nicht mehr in ausreichendender Menge und Qualität zur Verfügung stehen, sind die Lebensqualität der Bevölkerung ebenso wie das wirtschaftliche Gedeihen gefährdet (Bundesrat 2014). Verschiedene Studien zeigen die negativen ökonomischen Folgen des Nichthandelns. Je länger die Staaten wirksame Lösungen vor sich hinschieben, desto höher die Kosten (TEEB 2010, OECD 2015). Wirtschaft und Gesellschaft benötigen belastbare Ökosysteme, eine effiziente Ressourcennutzung, saubere Luft, ausreichende Mengen sauberen Wassers, ein nachhaltiges Management von Chemikalien und Abfällen sowie nachhaltige Städte (UNEP 2012a, EUA 2015a, UN 2015). Ein wesentlicher Schritt ist die Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Ressourcenverbrauch. Aber damit das Ideal eines nachhaltig intakten Lebensraums realisiert werden kann, sind **Veränderungen** der Produktions- und Verbrauchssysteme in den Bereichen **Ernährung**, **Wohnen** und **Mobilität** nötig (→ *Exkurs:* Systemsicht, → Intakter Lebensraum: Herausforderungen und Chancen).

Grundauftrag der Schweiz

Die Schweiz hat gemäss **Bundesverfassung** (BV)[1] den Auftrag, die natürlichen Lebensgrundlagen dauerhaft zu erhalten. Dieses Ziel ist auch Ausgangspunkt der **Strategie Nachhaltige Entwicklung** des Bunderats: Entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Produktion bis zum Konsum will der Bund die ökologische Belastung gering halten und die Ressourcen schonen (Bundesrat 2016a).

International abgestimmte Umweltziele («Internationally Agreed Environmental Goals» oder «Global Environment Goals») aus bestehenden multilateralen Umweltabkommen, Resolutionen der UNO-Generalversammlung oder von UNO-Gipfeln sind eine wichtige Basis für die **globalen Ziele der Agenda 2030** für nachhaltige Entwicklung der UNO, die der Erhaltung der natürlichen Ressourcen eine zentrale Bedeutung beimisst (UNEP 2012b, UN 2015) (→ Infobox «Agenda 2030 und SDGs»).

Bereits 2010 hat der Bundesrat mit seinem Entscheid für eine **Grüne Wirtschaft** der Verwaltung den Auftrag erteilt, die Grundlagen und Rahmenbedingungen in der Schweiz zu verbessern, um eine ressourcenschonende und zukunftsfähige Wirtschaftsweise zu ermöglichen (BAFU 2016b). Auch in der Umwelt- und Energiepolitik des Bundes ist ein nachhaltiger Umgang mit Ressourcen als Ziel verankert.

Die Reduktion des fossilen Ressourcenverbrauchs (Dekarbonisierung) ist ein zentrales Anliegen des **Übereinkommens von Paris**[2], um den globalen Temperaturanstieg aufgrund des Klimawandels zu begrenzen. Das CO_2-Gesetz zielt auf eine Verminderung der

1 Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999, SR 101.

2 Klimaübereinkommen von Paris vom 5. November 2017, SR 0.814.012.

Abbildung 4

Beziehung zwischen SDGs, planetaren Belastbarkeitsgrenzen und Lebensgrundlagen

In der Abbildung dargestellt ist der ringförmige sichere und gerechte Handlungsraum für die Menschheit, der sich zwischen ökologischen Grenzen und der Erfüllung von Grundbedürfnissen aufspannt. Der äussere Kreis nimmt dabei Bezug auf die planetaren Belastbarkeitsgrenzen, die nicht überschritten werden dürfen.

Der innere Kreis bezieht sich auf die sozialen Nachhaltigkeitsziele. Die 17 Nachhaltigkeitsziele der UNO konkretisieren den Handlungsraum mit Zielvorgaben. Einige davon beziehen sich dabei direkt auf Aspekte der planetaren Grenzen, während andere primär die soziale Basis betreffen.



Quelle: BAFU

Agenda 2030 und SDGs
Am 25. September 2015 wurde am UNO-Generalversammlung in New York die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung verabschiedet. Alle 193 UNO-Mitgliedsstaaten haben sich verpflichtet, zur Erreichung von 17 konkreten Zielen für eine nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) beizutragen.

Die **Schweiz** hat sich international stark **für die Entwicklung der Agenda 2030 engagiert** und diese bei der Erarbeitung wesentlich mitgeprägt. Weiter hat sie sich massgeblich für die Ausgestaltung eines wirksamen Mechanismus zur Messung und Überprüfung der Umsetzung auf internationaler Ebene eingesetzt. Die Schweiz beteiligt sich auch am regelmässigen Monitoring und an der internationalen Berichterstattung der Agenda 2030 (Bundesrat 2018), vor allem im Rahmen des Hochrangigen Politischen Forums für nachhaltige Entwicklung (HLPF) auf UNO-Ebene.

Die **umweltrelevanten Aspekte** der nachhaltigen Entwicklung sind in alle 17 Ziele der Agenda 2030 einbezogen, wobei einzelne Ziele explizite Umweltanliegen in den Vordergrund stellen (→ Abbildung 4). Im Fokus stehen dabei die Themen Wasser, Energie, nachhaltiges Produktions- und Konsumverhalten, Klima sowie Biodiversität und Ökosysteme. Die umfassende Agenda zeigt, dass eine intakte Umwelt und ein schonender Umgang mit natürlichen Ressourcen zwingende Voraussetzungen sind für die soziale und die wirtschaftliche Dimension einer nachhaltigen Entwicklung.

Im vorliegenden Bericht wird der Bezug zur Agenda 2030 in den Themenkapiteln in Teil B thematisiert. Abbildung 4 gibt einen Überblick darüber, welche der 17 Nachhaltigkeitsziele primär die planetaren Grenzen und die naturverträgliche Nutzung von Ressourcen ansprechen. Die Darstellung zu einem sicheren und gerechten Handlungsraum für die nachhaltige Entwicklung wird im Kapitel Planetare Belastbarkeitsgrenzen weiter erläutert.

Treibhausgasemissionen ab und das am 1. Januar 2018 in Kraft getretene totalrevidierte Energiegesetz im Rahmen der Energiestrategie 2050 des Bundes auf eine effiziente Energienutzung und den Ausbau der erneuerbaren Energien (Bundesrat 2013).

Mit der **Strategie Biodiversität Schweiz** und dem Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz verpflichtet sich der Bund, die Biodiversität und ihre Ökosystemleistungen (z. B. Bodenfruchtbarkeit, Bestäubung, Klimaschutz) langfristig sicherzustellen (BAFU 2012a, Bundesrat 2017a).

A2 Synthese: Ressourcenverbrauch der Schweiz

Produktion und Konsum als Treiber

Der Verbrauch natürlicher Ressourcen wird bestimmt durch Produktions- und Konsummuster. Die Ressourceneffizienz der Schweiz ist gestiegen, vor allem dank Fortschritten im Inland. Gleichzeitig haben aber auch die Belastungen im Ausland zugenommen. Bei der Produktion sind die Nahrungsmittelproduktion, die Chemie, der Energiesektor und das Bauwesen besonders umweltrelevant. Die umweltrelevantesten Konsumbereiche sind Ernährung, Wohnen und Mobilität.

Die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) attestiert der Schweiz **Fortschritte bei der Entkoppelung der Wirtschaft von zentralen Umweltbelastungen** (OECD 2017): Während die Wirtschaft in den Jahren zwischen 2000 und 2016 gemessen am Bruttoinlandprodukt (BIP) real um 32 % wuchs, stieg der Energieverbrauch in der Schweiz um nur gerade 0,9 % an, und der Ausstoss inländischer Treibhausgase sank in der gleichen Periode um 8 % (BFS 2017a, BFS 2017a, BAFU 2018b).

Ein Teil des beobachteten **Wirtschaftswachstums** hängt mit der **Bevölkerungsentwicklung** zusammen. So nahm die Bevölkerung der Schweiz zwischen 2000 und 2016 von 7,2 auf 8,4 Millionen zu, was einem Wachstum von 17 % entspricht (BFS 2017b). Dabei ist die Zahl der Erwerbstätigen infolge Einwanderung mit 23 % überproportional gestiegen (BFS 2017c). Pro Person hat das BIP zwischen 2000 und 2016 aber real immer noch um 14 % zugelegt (BFS 2017d).

Neben dieser sozio-ökonomischen Entwicklung haben auch die **Digitalisierung** und andere **technologische Innovationen** entscheidenden Einfluss auf die Umweltbelastung. Auf der einen Seite bestehen grosse Potenziale für die Energie- und Ressourceneffizienz. Technische Neuerungen können aber auch die Nachfrage nach kritischen Rohstoffen befeuern (z. B. seltene Erden für Hightechprodukte), deren Gewinnung die Umwelt massgeblich belastet, oder sie sind mit einem unverhältnismässigen Energieaufwand verbunden. Schliesslich können Technologien auch neue Bedürfnisse kreieren.

Während die Umweltbelastungen, die mit der inländischen Produktion verbunden sind, in den letzten Jahren sanken, setzt sich der Ressourcenverbrauch durch eine Verlagerung der Belastungen ins Ausland bei wachsendem Konsum fort (→ Abbildung 3) (→ Herausforderung Umweltbelastung im Ausland). Auch die OECD weist in ihrem Bericht auf **nicht nachhaltige Konsummuster** hin (OECD 2017).

Dass in der Schweiz die Nachfrage nach Konsumgütern stark gestiegen ist, zeigt sich auch an den wachsenden Siedlungsabfällen. Die OECD weist in ihrem Bericht kritisch auf die im europäischen Vergleich ungewöhnlich hohen und weiter wachsenden Abfallmengen hin (OECD 2017). Zwischen 2000 und 2016 nahmen die Siedlungsabfälle in der Schweiz von 659 auf 716 kg pro Person zu – eine Steigerung um 11 %.

Produktion

In der Schweiz trug der Primärsektor 2016 mit Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden mit 0,7 % zur Bruttowertschöpfung bei. Dieser Anteil hat sich seit 2000 knapp halbiert. Der Anteil des Industriesektors sank im selben Zeitraum von 26,6 auf 25,8 %. Der **Dienstleistungssektor gewann** dagegen **Anteile** und steigerte sich von 68,5 % im Jahr 2000 auf 72,1 % im Jahr 2016 (BFS 2017e). Diese Verschiebung bedeutet relativ betrachtet ein Schrumpfen der eher ressourcenintensiveren Primär- und Sekundärsektoren gegenüber einem Wachstum des eher weniger Ressourcen beanspruchenden Tertiärsektors. Diese Entwicklung wird begleitet von einer **Verlagerung ressourcenintensiverer Produktionsschritte** aus der Schweiz **ins Ausland**, was sich in





einem steigenden Anteil der ausländischen Umweltbelastung äussert (→ Herausforderung Umweltbelastung im Ausland).

Die **Landwirtschaft** ist mit einem Anteil von 35,9 % an der Landesfläche der Wirtschaftszweig mit der grössten Flächennutzung (BFS 2015). Neben der Produktion von Lebensmitteln trägt sie eine hohe Verantwortung für die Erhaltung der Biodiversität und den Schutz von Boden und Gewässern. Negative Auswirkungen auf die Ökosysteme Boden, Wald und Gewässer sowie auf die biologische Vielfalt haben insbesondere die hohen **Stickstoffüberschüsse.** Diese sind eine Folge der hohen Nutztierbestände und eines intensiven Hofdüngereinsatzes (→ Herausforderung Stickstoff). Sie tragen zur Überdüngung und Versauerung der Ökosysteme bei und verantworten damit den Verlust der biologischen Vielfalt. Sowohl bei der Rindviehhaltung als auch beim Einsatz von Düngemitteln entstehen Treibhausgase. Eine unsachgemässe Bewirtschaftung kann zudem den **Boden** verdichten, die Erosion begünstigen und durch den Eintrag von **Dünge- und Pflanzenschutzmitteln** sowohl die Oberflächengewässer als auch das Grundwasser belasten. Indem sie **Futtermittel** und synthetische Düngemittel importiert, belastet die Schweizer Landwirtschaft auch die Umwelt im Ausland.

Rund 15 % der Schweizer Unternehmen sind im **Industriesektor** (verarbeitendes Gewerbe und Herstellung von Waren, Bauwirtschaft und Energieversorgung) tätig (BFS 2017f). Deren Umweltbelastung hängt massgebend von der Produktionsweise und den eingesetzten Technologien ab. Entscheidend ist zudem, wie importierte Vorfabrikate produziert und Rohstoffe abgebaut werden. Der Abbau, die Verarbeitung, der Transport, die Verwendung und die Entsorgung von **Rohstoffen** belasten die Umwelt im In- und Ausland durch Land- und Wasserverbrauch und durch Schadstoffemissionen in Luft, Boden und Wasser (Bundesrat 2016b). Eine Rohstoffknappheit lässt in der Regel den Preis ansteigen, was Anreize für energieintensivere und umweltschädlichere Extraktionsverfahren setzen kann (z. B. Schieferöl oder Gestein mit tieferem Erzanteil, Ausbeutung von Lagerstätten in noch grösserer Tiefe und in sehr sensiblen Ökosystemen wie dem Regenwald oder der Arktis). **Besonders ressourcenintensiv** sind die Metall- und Mineralölverarbeitung, die chemische Industrie, die Energieversorgung sowie die Bauwirtschaft und die Zementindustrie. Bei industriellen Produkten fallen insbesondere Fahrzeuge, elektrische Maschinen, Chemikalien und Erzeugnisse aus Metall ins Gewicht.

Die grösste volkswirtschaftliche Bedeutung hat in der Schweiz der **Dienstleistungssektor.** Die Aktivitäten dieses Sektors haben bedeutende Auswirkungen auf die Umwelt, wenn auch oft indirekt. Ein wichtiges Beispiel ist die **Finanzbranche,** die via Finanzierungs- und Investitionsentscheide auf die Realwirtschaft umwelt- und klimarelevant wirkt (→ Herausforderung Umweltbelastung im Ausland). Ein anderes Beispiel ist der **Detailhandel,** der durch die Gestaltung des Angebots einen wesentlichen Einfluss auf die Umweltauswirkungen des Konsums hat.

Über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg betrachtet, sind die Auswirkungen der Landwirtschaft bzw. des **Primärsektors** sowie der Branchen **Chemie, Energieversorgung** und **Bau** besonders umweltrelevant (EBP 2013).

Konsum

Der Schweizer Konsum ist seit den 1990er-Jahren **überproportional zum Bevölkerungswachstum** gestiegen: Zwischen 2000 und 2016 ist die Zahl der Einwohnerinnen und Einwohner zwar um 17 % gewachsen (BFS 2017b), die Konsumausgaben haben jedoch im gleichen Zeitraum um 31 % zugenommen (BFS 2017g).

Zwei Drittel der Umweltbelastung gehen von drei sozioökonomischen Teilsystemen aus: der **Ernährung,** dem **Wohnen** und der **Mobilität** (→ Abbildung 5).

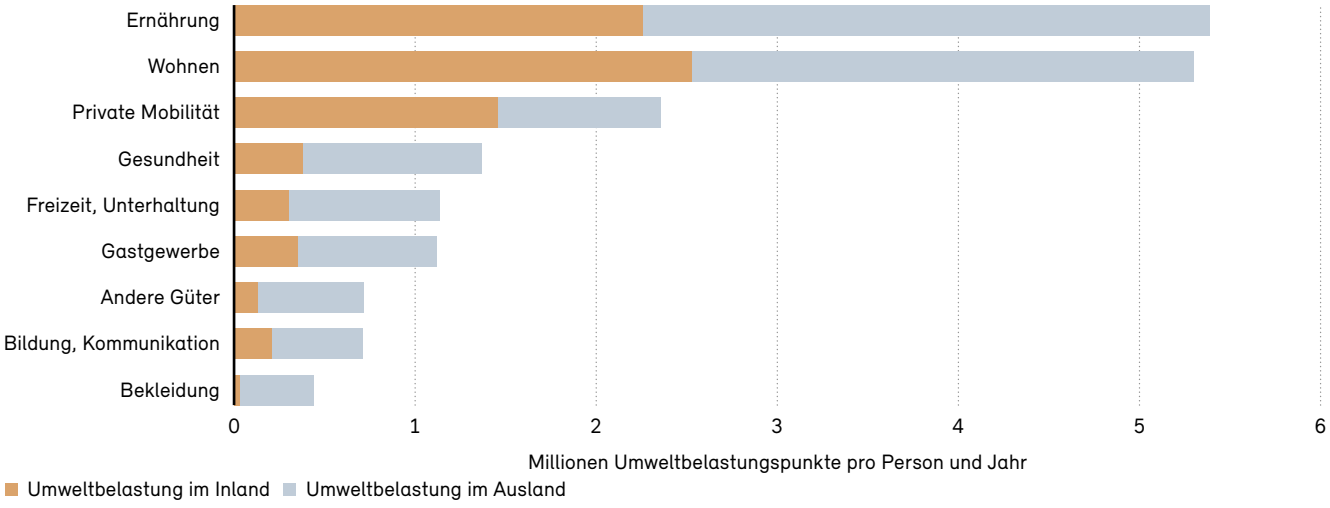
Wie stark der individuelle Konsum die Umwelt belastet, ist abhängig von **persönlichen Entscheidungen** und **Lebensstilen.** Diese sind ihrerseits eng verzahnt mit strukturellen **Rahmenbedingungen.** Zu diesen zählen technische Infrastrukturen wie Verkehrsträger, Abwasserreinigungsanlagen, Kraftwerke oder der Gebäudepark, aber auch Wohn- und Arbeitsverhältnisse, Einkaufsmöglichkeiten oder soziale Infrastrukturen wie Schulen und Pflegeeinrichtungen (Bauknecht et al. 2015).

Abbildung 5

Umweltbelastung durch verschiedene Konsumbereiche

Die Bereitstellung und der Konsum von Nahrungsmitteln verursachen 28 % der Umweltbelastungen und sind damit der wichtigste Bereich des schweizerischen Endkonsums, gefolgt von Wohnen und privater Mobilität. Die Detailanalyse zum Konsumbereich Ernährung zeigt, dass 44 % der ernährungsbedingten Umweltbelastung auf tierische Produkte zurückzuführen sind, gefolgt von den Getränken mit einem Anteil von 18,6 % (insbesondere ins Gewicht fallen Wein, Bier und Kaffee).

Die Umweltbelastungen für den Bereich Wohnen sind vor allem dem Heizenergie- und dem Stromverbrauch im Haushalt zuzuschreiben. Bei der Mobilität schlägt hauptsächlich der Treibstoffverbrauch für private Verkehrsmittel und Flugreisen zu Buche.



Quelle: Jungbluth et al. 2011

Obwohl einzelne für den Konsum relevante Indikatoren wie das Abfallaufkommen weiter steigen, zeigt der Fussabdruck für die **Gesamtumweltbelastung** des Schweizer Konsums pro Person im Zeitraum von 2000 bis 2015 mit einem Rückgang um 19 % deutlich nach unten, wie eine wissenschaftliche Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) nachweist (BAFU 2018a) (→ Abbildung 6). Die Gesamtumweltbelastung erfasst den Einfluss des Konsums auf sämtliche Umweltbereiche. Gerechnet wird mit Umweltbelastungspunkten (UBP). Die einzelnen Belastungen werden danach gewichtet, wie weit sie von den Schweizer Umweltzielen entfernt sind (distance to target). Die Abnahme der Gesamtumweltbelastung ist u. a. auf **Erfolge** zurückzuführen, die in der Luftreinhaltung, beim Schutz der Ozonschicht oder beim Gewässerschutz erzielt wurden. Auch die Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen hat einen Einfluss, so z. B. der Konsum umweltschonend produzierter Lebensmittel oder der Kauf effizienterer Fahrzeuge. Nicht nur pro Person, sondern auch in absoluten Zahlen ist die Gesamtumweltbelastung der Schweiz zwischen 2000 und 2015 gesunken, und zwar um rund 7 %. Der im Ausland anfallende Anteil ist dabei gestiegen und macht rund drei Viertel der Gesamtumweltbelastung aus. Um ein **langfristig naturverträgliches Mass** zu erreichen, muss gemäss der erwähnten Studie das heutige Niveau in absoluten Zahlen um mindestens zwei Drittel gesenkt werden.

Energieverbrauch

2017 stammten rund 53 % des inländischen Bruttoenergieverbrauchs aus **fossilen Quellen** (Erdöl, Erdgas, Kohle). Der überwiegende Teil gelangt als Rohöl und Erdölprodukte in die Schweiz, ein kleinerer als Erdgas (BFE 2018a). Kohle deckt nur knapp 0,5 % des Bruttoenergieverbrauchs. Umweltbelastungen entstehen dabei sowohl während der Energiegewinnung im Ausland (z. B. CO_2, Verschmutzung und Zerstörung von Ökosystemen, Beeinträchtigung von Landschaften) als auch beim Energieverbrauch in der Schweiz (CO_2, Feinstaub usw.).

Die **erneuerbaren Energiequellen** trugen 2017 mit 22,3 % zur Deckung des inländischen Bruttoenergieverbrauchs bei. Den grössten Anteil hatte dabei mit Abstand die **Wasserkraft** (BFE 2018b). Die Energieproduktion aus Wasserkraft leistet einen Beitrag zum Klimaschutz, kann jedoch die Biodiversität und die Landschaft beeinträchtigen (Staumauern, stärkere Nutzung der Gewässer usw.). Die **übrigen Erneuerbaren** (Holz, Müll und Industrieabfälle, biogene Treibstoffe, Biogase, Sonne, Wind, Umweltwärme) hatten einen Anteil von rund 8,7 % am Bruttoenergieverbrauch der Schweiz.

Die **Kernbrennstoffe** hatten 2017 einen Anteil von 19,7 % am Bruttoenergieverbrauch (BFE 2018a). Umweltbelastungen entstehen dabei im Ausland mit dem Abbau und der Aufbereitung der Brennstoffe sowie im Inland bei der Lagerung radioaktiver Abfälle.

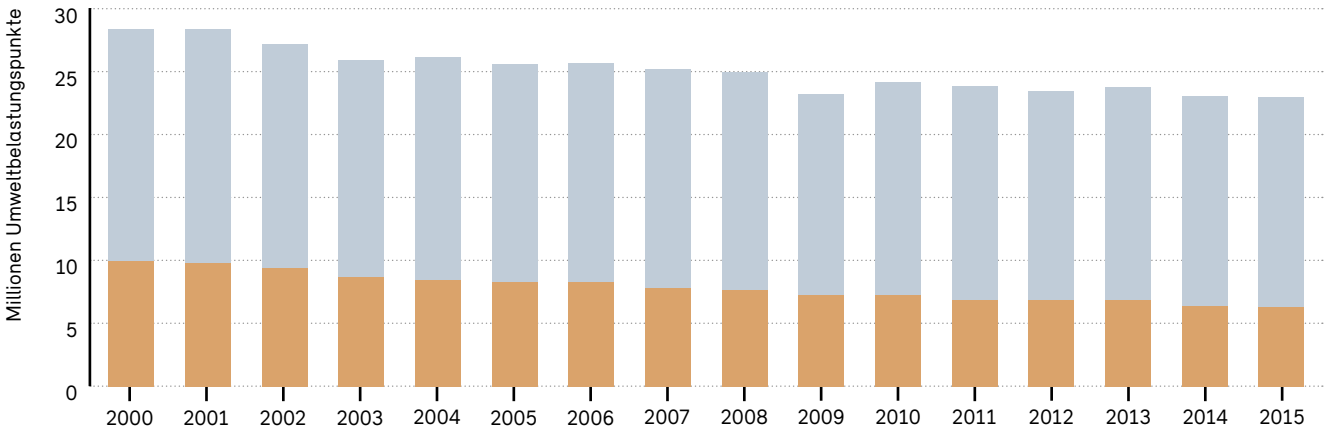
Mit der **Energiestrategie 2050** sollen die Energieeffizienz in der Schweiz weiter gesteigert und vermehrt erneuerbare Energien eingesetzt werden. Das erste Massnahmenpaket wurde am 21. Mai 2017 vom Volk angenommen und trat am 1. Januar 2018 in Kraft. Darin enthalten sind Massnahmen wie beispielsweise die Verschärfung der CO_2-Emissionsvorschriften für Neufahrzeuge ab 2021 oder die Weiterführung des Gebäudeprogramms.

Abbildung 6

Gesamtumweltbelastung des Konsums pro Person

Der Indikator zeigt die Umweltbelastungen durch den Schweizer Konsum im In- und Ausland. Dabei wird berücksichtigt, dass nicht nur die Nutzung und Entsorgung von Produkten die Umwelt belasten, sondern bereits der Abbau von Rohstoffen und die Produktion. Da die Schweiz viele Produkte importiert, wird die Umwelt vor allem im Ausland belastet.

Die verwendete UBP-Methode (auch Methode der Ökologischen Knappheit oder Ecological Scarcity Method genannt) orientiert sich an gesetzlich oder politisch festgelegten Umweltzielen der Schweiz und bewertet Ressourcenentnahmen (Energie, Primärressourcen, Wasser, Land), Schadstoffeinträge in Luft, Wasser und Boden sowie Abfälle und Lärm (BAFU/ÖBU 2013). Die Belastung in diesen Umweltbereichen wird aggregiert in Umweltbelastungspunkten (UBP) ausgewiesen, wobei die Gewichtung über den jeweils dargestellten Zeitraum hinweg konstant gehalten wird.



Quelle: BAFU

Herausforderung Umweltbelastung im Ausland

Produktion und Konsum haben nicht nur innerhalb der eigenen Grenzen Auswirkungen auf die Umwelt, sondern in zunehmendem Mass auch ausserhalb. Die inländische Produktion verwendet Vorleistungen aus anderen Ländern und exportiert ihre Güter auch ins Ausland. Umgekehrt werden Konsumgüter immer öfter importiert. Zudem haben Dienstleister des Schweizer Finanz- und Rohstoffsektors weltweit Einfluss auf Investitionen in umweltrelevante Produktions- und Extraktionsprozesse.

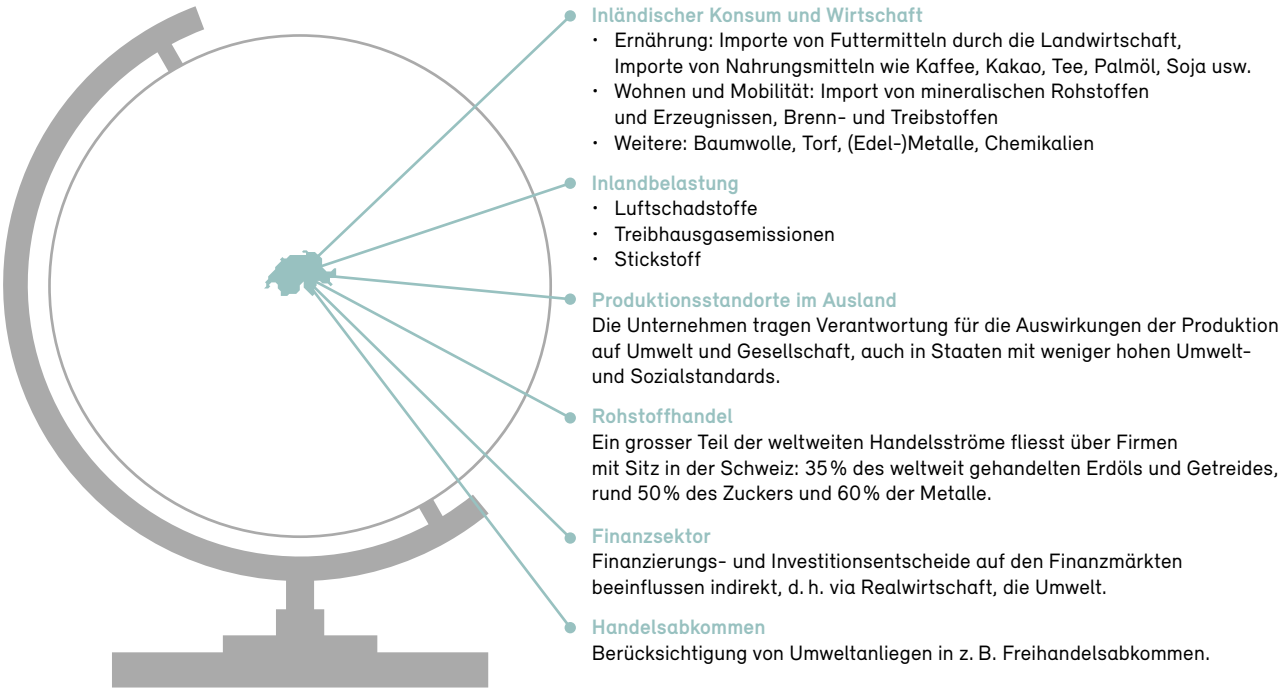
In der Schweiz ausgestossene Treibhausgase, Luftschadstoffe und Stickstoffverbindungen schädigen die Umwelt nicht nur über dem eigenen Territorium. Sie werden vom Wind oder von Flüssen verfrachtet und beeinflussen weltweit das Klima, die Ozonschicht und die Meeresökosysteme (→ Herausforderung Stickstoff, → Klima, → Luft).

Ausserdem vernetzen Handelsverbindungen die Schweiz mit praktisch dem gesamten Globus (→ Abbildung 7). Ein grosser Teil der hier konsumierten Waren stammt aus dem Ausland oder wird aus Rohstoffen und Vorfabrikaten hergestellt, die ihrerseits aus anderen Ländern importiert wurden. Indem der Aussenhandel der Schweiz wächst, steigt auch der Anteil der Umweltbelastungen, die ausserhalb der Schweiz anfallen. 2015 machte der Auslandsanteil **73 % der gesamten Umweltbelastungen** des Schweizer Konsums aus – 2000 waren es noch 65 % (BAFU 2018a) (→ Abbildung 6).

Abbildung 7

Wodurch beeinflusst die Schweiz die Umweltbelastung im Ausland?

Umweltbelastung im Ausland wird getrieben durch Konsum- und Investitionsentscheide, Standortwahl und Produktionsweisen.



Quelle: BAFU

Wie Finanzierungs- und Investitionsentscheide die Umwelt beeinflussen

Finanzierungs- und Investitionsentscheide auf den Finanzmärkten beeinflussen via Realwirtschaft die Umwelt. So entscheiden heutige Investitionen z. B. in die Energieversorgung, welche Mengen an Treibhausgasen zukünftig ausgestossen werden. Berücksichtigen Finanzierungs- und Investitionsentscheide das Klima, die Wasserknappheit oder die Gefährdung der Biodiversität, fördert dies ressourceneffiziente Geschäftsmodelle.

Die klimaverträgliche Ausrichtung der Finanzströme wurde als wichtiges Mittel erstmals im Jahr 2015 im **Klimaübereinkommen von Paris** verankert. Gemäss Ziel 2.1.c gilt es, die Finanzströme klimaverträglich auszurichten und sie in Einklang zu bringen mit dem Pfad in Richtung einer treibhausgasarmen und gegenüber Klimaänderungen widerstandsfähigen Entwicklung. Zur Umsetzung dieses Ziels schlägt der Bundesrat in seiner Botschaft zur Totalrevision des CO_2-Gesetzes für die Zeit nach 2020 freiwillige Massnahmen vor (Bundesrat 2017b).

Die Nachhaltigkeit wurde erstmals 2016 auch in der **Schweizer Finanzmarktpolitik** verankert. Der Bundesrat hat im Jahr 2016 verschiedene Prinzipien verabschiedet, die den Handlungsrahmen für die Arbeiten im Bereich der grünen Finanzen bilden. Es sind die Prinzipien der wechselseitigen Abhängigkeit zwischen Umwelt und Wirtschafts- sowie Finanzstabilität, der Langfristorientierung und Transparenz sowie des Vorrangs des Marktes und der unterstützenden Rolle des Staates (Bundesrat 2016c).

Nachhaltige Anlagen haben in der Schweiz Tradition. So ist die Schweiz Standort zahlreicher **Pioniere im Bereich nachhaltiger Anlagen** und ein globaler Hub für Mikrofinanzen. Trotz Wachstum – 2017 wurden in der Schweiz mit 390,6 Milliarden Franken so viele Vermögen nach Nachhaltigkeitskriterien verwaltet wie noch nie – waren nachhaltige Anlagen 2017 mit einem Marktanteil von 8,7 % noch immer ein Nischenphänomen (SSF 2019).

Der Einbezug von ökologischen Aspekten in die Finanzmarktpolitik ist in doppelter Hinsicht relevant: Zum einen sind Umweltereignisse Risikofaktoren für die Stabilität des Finanzsystems. Zum anderen eröffnen sich in diesem Bereich mit neuen, wachsenden Geschäftsfeldern und Investitionsmöglichkeiten **Chancen** für die Schweizer Finanzbranche. Die Schweiz hat dank ihres Know-hows im Umweltbereich und des Fachwissens im Finanzsektor das Potenzial für einen langfristigen Wettbewerbsvorteil. Aufgrund der Bedeutung des Finanzplatzes auf nationaler (9,1 % des BIPs) und auf internationaler Ebene (Nummer 1 im grenzüberschreitenden Vermögensverwaltungsgeschäft, 25 %) hat die Schweiz eine besondere Verantwortung und zugleich Chance, sich im internationalen Finanzstandortwettbewerb in Bezug auf Nachhaltigkeit zu positionieren.

Der Bund hat 2017 ein **Pilotprojekt** initiiert, bei dem alle Schweizer Pensionskassen und Versicherungen die Gelegenheit hatten, freiwillig eine kostenlose und vertrauliche Analyse ihrer Aktien- und Unternehmensanleihen-Portfolios im Hinblick auf das 2-Grad-Klimaziel zu erhalten. Zwei Drittel der verwalteten Vermögen in diesen Anlageklassen konnten so erstmals mit einer international vergleichbaren Methode auf ihre **Klimaverträglichkeit geprüft** werden. Die Resultate der anonymisierten Metaanalyse zeigten, dass die Investitionen im Durchschnitt in den meisten Sektoren eher eine Erwärmung von 4 bis 6 °C unterstützen (2° Investing Initiative 2017). Dies entspricht weitgehend dem Weltmarkt – es gibt jedoch grosse Unterschiede zwischen den getesteten Portfolios.

Global gewinnt das Thema Nachhaltigkeit für die Finanzmärkte und ihre Stabilität eine immer grössere **Bedeutung.** Eine vom Finanzstabilitätsrat der G20 ins Leben gerufene, von der Industrie geleitete Task Force on Climate-related Financial Disclosure (TCFD) empfiehlt insbesondere auf Szenarien basierte Analysen zur Beurteilung potenzieller Klimarisiken, wie dies mit dem 2017 vom Bund durchgeführten Pilotprojekt realisiert wurde.

Mit Blick auf spezifische Umweltindikatoren zeigt sich ein ähnliches Bild: Gegen zwei Drittel des Schweizer **Treibhausgas-Fussabdrucks** werden heute ausserhalb des eigenen Territoriums verursacht – mit steigender Tendenz. Der **Biodiversitäts-Fussabdruck** hat von 2000 bis 2015 zugenommen, wobei der Auslandsanteil von 45 % auf über 57 % gestiegen ist (→ Abbildung 8). Beim **Wasser-Fussabdruck** liegt dieser seit 1996 bei 99 %. Da die Wasserressourcen in den einzelnen Ländern mit ihrer Knappheit gewichtet werden und die Schweiz nur einen geringen Anteil des verfügbaren Wassers nutzt, ist der inländische Anteil am Wasser-Fussabdruck entsprechend gering. Schliesslich wird der **Primärenergiebedarf** zu knapp drei Vierteln aus nicht erneuerbaren Energien (Erdöl, Erdgas und Uran) gedeckt, die importiert werden müssen (BAFU 2018a). Ähnlich übersteigen die **Rohmaterialimporte** die Gewinnung innerhalb der Schweiz um mehr als das Dreifache. Darin eingerechnet ist die Menge aller Materialien, die für die Herstellung und den Transport von Gütern und Dienstleistungen ausserhalb der Schweiz bis zum Grenzübertritt verwendet wird (BFS 2018b).

Der relative Anstieg der ausländischen Umweltbelastungen ist zum einen auf **Fortschritte im Inland** zurückzuführen, insbesondere bei der Wasserqualität sowie der Reduktion von Luftschadstoffen und ozonschichtabbauenden Substanzen. Dazu kommt die wachsende **internationale Arbeitsteilung;** in der Schweiz konsumierte Güter stammen zunehmend aus globaler Produktion. Ein Beispiel sind die Futtermittelimporte für die Schweizer Nutztierhaltung. Der Anbau dieser Futtermittel beansprucht im Ausland eine Fläche von rund 2700 km² (Vision Landwirtschaft 2010).

Viele Rohstoffe werden importiert, weil sie in der Schweiz nicht oder nicht in der nachgefragten Menge vorkommen. Von hoher Umweltrelevanz sind neben **Agrarprodukten** wie Futtermittel, Kaffee, Kakao, Tee, tierische Produkten, Baumwolle, Soja, Palmöl und Torf insbesondere **mineralische Rohstoffe und Erzeugnisse, Energieträger** sowie **(Edel-)Metalle.** Unter den importierten **industriellen Produkten** fallen insbesondere **Chemikalien** ins Gewicht (BAFU 2015a, 2018a).

Informationen über den Ressourcenverbrauch durch Produktion und Konsum sollen gemäss **Massnahmen des Bundes zur Grünen Wirtschaft** entlang der gesamten Wertschöpfungskette transparent gemacht werden, damit Konsumentinnen und Konsumenten sowie Produzentinnen und Produzenten nachhaltige Produkte erkennen können (BAFU 2016b). Zusätzlich unterstützt der Bund die Erarbeitung und Umsetzung von freiwilligen Massnahmen und Vereinbarungen, damit sich die Umweltverträglichkeit von relevanten Rohstoffen und Produkten messbar und nachweislich verbessern lässt. Beispielsweise wurde in Zusammenarbeit mit den relevanten Akteuren Mitte 2017 eine erste Absichtserklärung für die kontinuierliche und konsequente Reduktion des Torfverbrauchs in einem der massgebenden Anwendungsbereiche (Sackerde im Hobbybereich) unterzeichnet.

Weltweite Produktionsstandorte sowie Finanz- und Handelsbeziehungen

Die produzierende Industrie trägt nicht nur zur Umweltbelastung weltweit bei, indem sie Rohstoffe und Güter importiert, sondern auch durch über den Globus verteilte **Produktionsstandorte.** Der Bundesrat erwartet, dass die Unternehmen Verantwortung übernehmen für die Auswirkungen ihrer Tätigkeiten auf Umwelt und Gesellschaft – nicht nur in der Schweiz, sondern auch in Staaten mit weniger hohen Umweltstandards oder mit einer schwachen Durchsetzung vorhandener Standards. Diese gesellschaftliche Verantwortung der Unternehmen, die sogenannte **Corporate Social Responsibility (CSR),** fördert der Bund, indem er sich aktiv an der Entwicklung und Umsetzung internationaler Initiativen, Richtlinien und Standards beteiligt und verschiedene Instrumente zur Stärkung der CSR unterstützt. Hierzu hat der Bundesrat 2015 ein Positionspapier und einen Aktionsplan verabschiedet (Bundesrat 2015a).

Der Schweizer **Finanzsektor** beeinflusst indirekt, wie nachhaltig weltweit mit den natürlichen Ressourcen umgegangen wird. So ist die Schweiz beispielsweise führend im grenzüberschreitenden Vermögensverwaltungsgeschäft (25 % des weltweit grenzüberschreitend verwalteten Vermögens) (Swiss Banking 2017) (→ Infobox «Wie Finanzierungs- und Investitionsentscheide die Umwelt beeinflussen»).

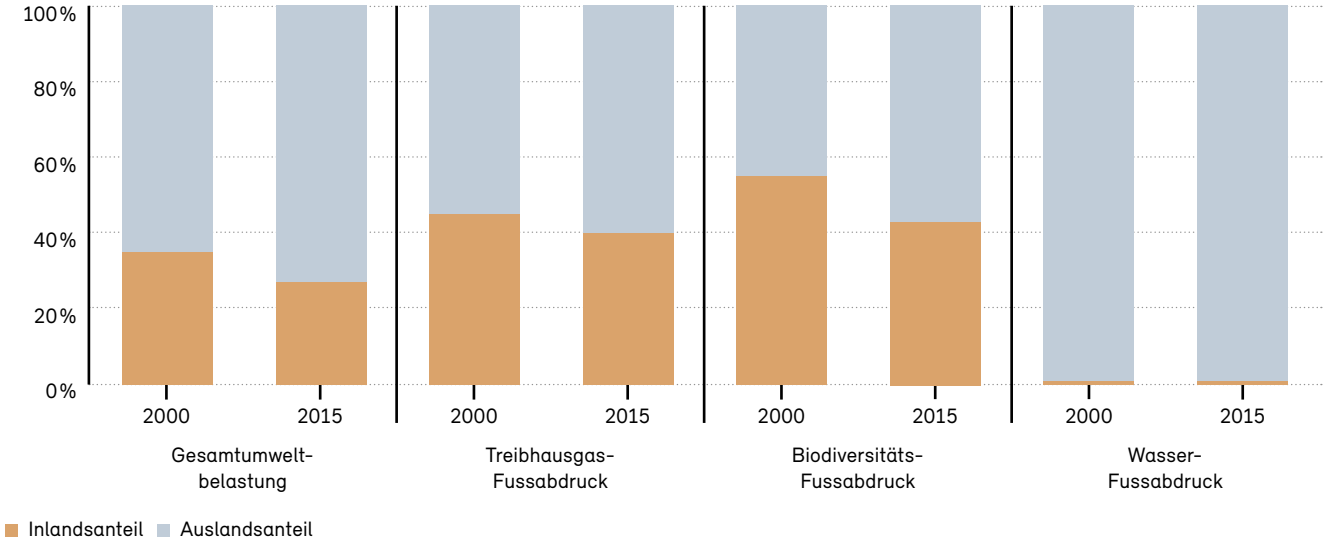




Abbildung 8

Entwicklung des Auslandsanteils ausgewählter Fussabdrücke

Bei drei von vier Fussabdrücken nahm der Auslandsanteil zwischen 2000 und 2015 zu und lag 2015 bei circa 60 % oder mehr. Beim Wasser-Fussabdruck liegt er seit 1996 konstant bei 99 %.



Quelle: BAFU

Der **Rohstoffhandel** ist ein weiterer Sektor mit einer grossen ökologischen Verantwortung. Rund 35 % des weltweit gehandelten Erdöls und Getreides, rund 50 % des Zuckers und 60 % der Metalle und des Kaffees laufen über Unternehmen mit Sitz in der Schweiz. Die Schweiz ist damit eine der wichtigsten Drehscheiben für Rohstoffe (EDA/EFD/WBF 2013).

Die **Rohstoffgewinnung** ist oft mit massiven Eingriffen in die Umwelt verbunden. Besonders gross sind die Auswirkungen beim Abbau von nicht erneuerbaren Rohstoffen wie Metallen oder fossilen Energieträgern. So ist etwa der Bergbau häufig mit Beeinträchtigungen der Landschaft, Biodiversitätsverlusten und einer Kontaminierung von Böden und Grundwasserreserven verbunden. Der Bundesrat hat zuhanden der Rohstoffbranche eine Reihe von **Handlungsempfehlungen** genehmigt. Die Massnahmen sollen u. a. dazu führen, auf globaler Ebene die ökologisch verantwortungsvolle Unternehmensführung zu stärken, Reputationsrisiken frühzeitig zu erkennen sowie den Dialog zwischen allen involvierten Akteuren zu fördern (Bundesrat 2016b).

Wirkung mit Umwelt- und Handelsabkommen

Die Schweiz engagiert sich mit ihrer **Aussenpolitik,** der **Aussenwirtschaftspolitik** und der **internationalen Zusammenarbeit** auch im Ausland für eine nachhaltige Entwicklung. Im Zentrum der internationalen Zusammenarbeit stehen neben der Armutsbekämpfung und anderen sozialen Anliegen auch die nachhaltige Nutzung der natürlichen Lebensgrundlagen und die Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft, sodass die planetaren Belastbarkeitsgrenzen eingehalten und das Wohlergehen sowohl heutiger als auch künftiger Generationen gesichert sind (Bundesrat 2016a). Der Bund leistet dabei finanzielle Beiträge u. a. an den **Globalen Umweltfonds (GEF),** der die Entwicklungsländer bei ihrem Einsatz zugunsten der Umwelt unterstützt, und für die Umsetzung internationaler Umweltabkommen.

Der effektive Schutz der Umwelt bedingt auch, dass die anderen internationalen Politikbereiche wie die Entwicklungszusammenarbeit oder die internationale Handels- und Wirtschaftspolitik **Umweltanliegen berücksichtigen** (→ Internationale Umweltpolitik). **Freihandelsabkommen**

beispielsweise zielen generell darauf ab, Handelshemmnisse abzubauen oder zu eliminieren, um den Handel zu erleichtern und Investitionen zu fördern. Umweltanliegen wurden in die Handelspolitik eingebracht, indem die Europäische Freihandelsassoziation (EFTA) im Jahr 2010 Musterbestimmungen zur nachhaltigen Entwicklung erarbeitet hat, die seither als Basis in allen Handelsabkommen angewendet werden (SECO 2016). Die Umweltbestimmungen haben jedoch eher allgemeinen Charakter und gehen nur zum Teil auf spezifische Produktegruppen ein.

Die **Massnahmen des Bundes für eine Grüne Wirtschaft** verlangen, dass bei Verhandlungen zu internationalen Handelsabkommen fallweise bei bestimmten Produktegruppen untersucht wird, ob bestehende Umweltvereinbarungen und -mindestanforderungen eingehalten werden und ob allenfalls spezifische Umweltbestimmungen in die Abkommen aufgenommen werden müssten (BAFU 2016b).

Wichtigste Belastungen und Auswirkungen in der Schweiz

Trotz der im Inland erzielten Fortschritte stehen die natürlichen Ressourcen weiterhin unter Druck: Grossen Einfluss haben der durch Treibhausgasemissionen verursachte Klimawandel, die Versiegelung des Bodens durch Siedlungen und Verkehr, Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in Böden und Gewässern sowie Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft in die Ökosysteme. Die wachsenden Abfallmengen sind eine Herausforderung für die Kreislaufwirtschaft. Die Umweltbelastungen haben direkte und indirekte Auswirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden und verursachen hohe Kosten.

Die **Gesamtumweltbelastung** der Schweiz ist zwischen 2000 und 2015 um rund 7 % gesunken. Dieser Rückgang ist einer deutlichen Reduktion der Inlandbelastung zu verdanken, während gleichzeitig die Umweltbelastung im Ausland gestiegen ist (→ Produktion und Konsum als Treiber). Als besondere **Erfolge der Schweizer Umweltperformance** nennt die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) in ihrem 2017 erschienenen 3. Umweltprüfbericht den niedrigen Energieverbrauch der Wirtschaft und die Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Ausstoss von Treibhausgasen und von Luftschadstoffen, die Verbesserung der Materialproduktivität, den sinkenden Wasserverbrauch und die Erhöhung des Anteils der Bahn am Gütertransport (OECD 2017).

Umgekehrt weist die OECD auf **Defizite** bei den nicht nachhaltigen Konsummustern hin. Diese verursachen einen hohen ökologischen Fussabdruck, der beispielsweise durch den Ausstoss von Treibhausgasen weit über die Landesgrenzen hinaus wirkt. Im Inland manifestiert sich der nicht nachhaltige Konsum u. a. durch steigende Mengen von Siedlungsabfällen. Zudem ist in der Schweiz ein hoher Anteil von Tier-, Pflanzen- und Pilzarten bedroht. In den kleineren Flüssen und Bächen werden überdies periodisch immer wieder hohe Pestizidkonzentrationen gemessen, die zu einem Grossteil – so wie die hohen Stickstoffüberschüsse – aus der Landwirtschaft stammen und gemeinsam mit diesen zahlreiche Ökosysteme schädigen. Der Flächenverbrauch durch sich ausdehnende Siedlungsflächen ist ein zusätzliches, von der OECD genanntes, ungelöstes Problem (OECD 2017).

Herausforderungen im Überblick
Bei unten stehenden Belastungen konnten die Schweizer Umweltziele bisher noch nicht erreicht werden (→ Abbildung 9):

Treibhausgase: Der Ausstoss von Treibhausgasen zählt zu den grössten Herausforderungen für die Umwelt weltweit. Der Klimawandel ist in der Schweiz überdurchschnittlich spürbar (→ Klima). So sind die Jahresmitteltemperaturen seit Messbeginn 1864 um rund 2 °C gestiegen (doppelt so viel wie im globalen Mittel). Diese Klimaveränderung hat weitreichende Folgen für Mensch und Ökosysteme. Die Auswirkungen werden sich in den kommenden Jahrzehnten verstärken und die Gesellschaft und Wirtschaft vor grosse Herausforderungen stellen (Akademien Schweiz 2016).

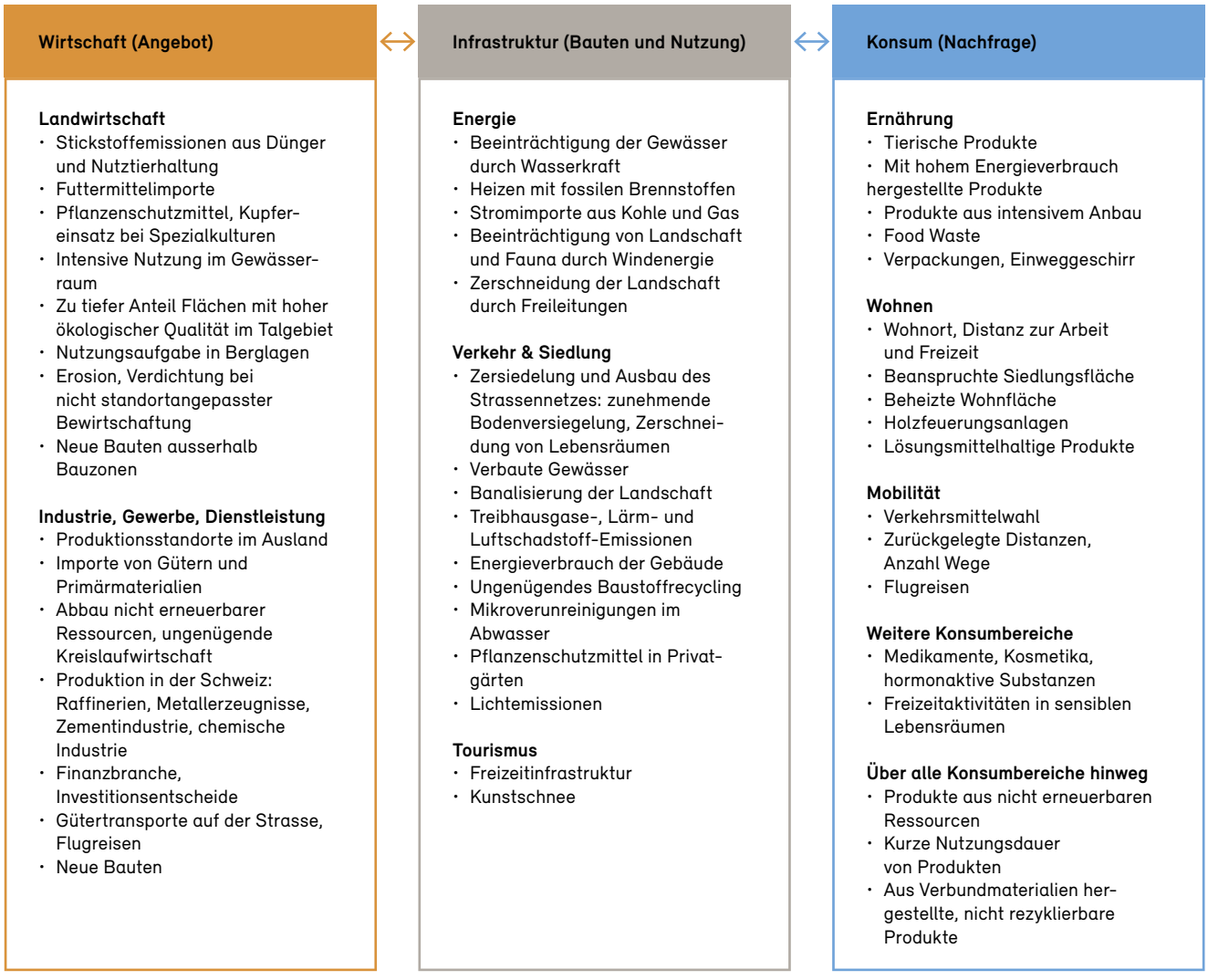
Hauptverursacher des konsumbedingten Treibhausgasausstosses in der Schweiz sind zu einem Drittel der **Verkehr** (ohne Flugverkehr) und zu einem Viertel der **Gebäudesektor** (ohne importierte Baustoffe). Die konsequente Umsetzung des Übereinkommens von Paris kann den Klimawandel begrenzen. Zudem hat der Bund verschiedene Strategien verabschiedet, um den Auswirkungen des Klimawandels zu begegnen (BAFU 2014b, Bundesrat 2016d).

Biozide und Pflanzenschutzmittel: Pflanzenschutzmittel aus der Landwirtschaft, Biozide, die beispielsweise in Holzschutzmitteln oder Bootsanstrichen eingesetzt werden, und eine Vielzahl weiterer Stoffe gelangen in den Boden und in Gewässer und beeinträchtigen die Lebewesen in diesen Ökosystemen und somit die Biodiversität. Mit einem **Aktionsplan** stellt sich der Bund dieser Herausforderung (Bundesrat 2017d). Mit einer konsequenten Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen soll die Belastung für Flora und Fauna und für deren Lebensräume gesenkt werden (→ Biodiversität, → Wasser, → Boden).

Abbildung 9

Übersicht über die wichtigsten Belastungen, ausgehend von Tätigkeiten in den Bereichen Wirtschaft und Landwirtschaft (Produktion), Infrastruktur und Konsum (Nachfrage)

Die Herstellung von Produkten und die Bereitstellung von Dienstleistungen und Technologien haben Umweltauswirkungen. Infrastrukturen wie Strassen, Gebäude, Anlagen zur Energieproduktion oder für den Tourismus sind notwendig für die wirtschaftliche Produktion. Die Nachfrage beeinflusst die Infrastrukturnutzung massgeblich und damit auch die davon ausgehende Umweltbelastung.



Quelle: BAFU

Stickstoffeinträge: Heute wird viel mehr Stickstoff in die Umwelt eingebracht, als die Ökosysteme ertragen – sei es als Hofdünger, über die Luft oder mit dem Abwasser. Überdüngung und Versauerung von Feuchtgebieten, Wiesen, Wäldern und Gewässern sind die Folgen. Die Lebensräume und Arten geraten unter Druck, Wälder werden instabiler, die biologische Vielfalt nimmt ab, und die Natur vermag deshalb ihre Leistungen zugunsten der Wirtschaft und Gesellschaft nicht mehr zu erbringen (→ Herausforderung Stickstoff, → Biodiversität, → Wasser). Überschüssiger Stickstoff kann als Nitrat ins Grundwasser ausgewaschen werden und in Böden die Produktion des klimabelastenden Lachgases (N_2O) erhöhen.

Rund zwei Drittel des über die Luft eingetragenen Stickstoffs haben ihren Ursprung in der **Landwirtschaft** (Ammoniak), etwa ein Drittel stammt aus **Verbrennungsprozessen** (Stickoxide). Die Schweiz hat sich verpflichtet, die Emissionen von Stickstoffverbindungen wie Ammoniak und Stickoxiden zu reduzieren (Bundesrat 2009, 2016e). Die nationalen und internationalen **Ziele** wurden bisher **erst teilweise erreicht.** Insbesondere die Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft sind seit 2000 nur unwesentlich zurückgegangen und befinden sich auf zu hohem Niveau (→ Luft). Die Belastung soll künftig weiter reduziert werden, indem die Stickstoffemissionen aus der Landwirtschaft und die Stickoxidemissionen aus Verbrennungsprozessen (Verkehr, Industrie, Haushalte) kontinuierlich gesenkt werden (→ Herausforderung Stickstoff).

Versiegelung von Flächen und zunehmender Nutzungsdruck auf natürliche Flächen: Das Siedlungsgebiet wächst, die Verkehrsinfrastruktur wird weiter ausgebaut. Bis zur Arealstatistik-Erhebung 2004/2009 wuchsen die Siedlungsflächen stärker als die Bevölkerung und die Arbeitsplätze. Erste Teilresultate der laufenden Arealstatistik-Erhebung, basierend auf 13 Kantonen (westliche Hälfte der Schweiz, Luftbilder von 2013 bis 2016), zeigen, dass die Siedlungsflächen – falls sich der Trend schweizweit bestätigt – nun möglicherweise erstmals weniger stark zunehmen als die Bevölkerungszahl. Besonders auffällig war bis dahin die wachsende Diskrepanz zwischen Bevölkerungsentwicklung und Wachstum des Wohnareals (Gebäude und Umschwung): Das **Wohnen** ist **flächenintensiver** geworden (→ Wohnen). So ist immer mehr Boden versiegelt worden, und freie Flächen gehen verloren oder werden zerstückelt. Gleichzeitig werden die natürlichen Flächen durch **Freizeitaktivitäten** und **Tourismus** stärker genutzt. Dies erhöht den Druck auf die natürlichen Lebensräume (→ Zustand der natürlichen Ressourcen in der Schweiz: räumliche Unterschiede, → Biodiversität, → Boden, → Landschaft). Um diese Entwicklung zu bremsen, soll das Siedlungswachstum in Zukunft nach innen (verdichtetes Bauen) erfolgen und der Boden nachhaltig genutzt werden.

Ressourcenverluste statt geschlossener Rohstoffkreisläufe: Die nicht nachhaltigen Konsummuster führen zu Ressourcenverbrauch und damit verbundener Umweltbelastung (→ Produktion und Konsum als Treiber). Damit der Wert von Produkten und Ressourcen möglichst lange erhalten bleibt, ist eine Wirtschaftsweise anzustreben, in der die Wertstoffe zirkulieren und am Ende der Produktlebensdauer zu neuen Rohstoffen werden anstatt zu Abfällen. Produkte sollen reparierbar, langlebig, nachrüstbar und rezyklierbar sein (→ Abfall und Rohstoffe). Dabei kommt der Produzentenverantwortung, dem Ökodesign und dem Konsumverhalten eine entscheidende Rolle zu. Im Interesse einer langfristig gesicherten Wohlfahrt engagiert sich der Bund für die Verbreitung von umweltverträglichen und ressourcenschonenden Produktionsprozessen und Konsummustern. Dabei werden **zwei Stossrichtungen** verfolgt: Produktorientierte Massnahmen bezwecken die Steigerung von Angebot und Nachfrage ökologisch optimierter Produkte; konsumorientierte Massnahmen sollen umweltbewusste Nutzungsentscheide und Lebensweisen fördern (BAFU 2016b).

Die Umweltbelastungen, mit denen die Schweiz heute konfrontiert ist, haben jeweils mehrere Ursachen, sind von globalen Treibern beeinflusst (globale Megatrends), verursachen verschiedene Folgewirkungen und lassen sich nur mit einem breit abgestützten Instrumenten- und Massnahmenmix reduzieren (→ Umweltbereiche und Instrumente). Unerwünschte Rückkoppelungen und wechselseitige Abhängigkeiten sind die Regel. So kann ein willkommener Effizienzgewinn bei einem Produktionsprozess beispielsweise die Kosten für Güter und Dienstleistungen so weit senken, dass die Effi-



zienzgewinne durch Mehrkonsum wieder vollständig aufgebraucht oder gar übertroffen werden (sogenannter Rebound-Effekt). Ausserdem weisen Produktionsprozesse und Konsummuster mit einer hohen Umweltbelastung eben oft auch Vorteile wie Arbeitsplätze und Gewinne auf. Dies kann für Branchen oder Gemeinschaften starke Anreize schaffen, Veränderungen zu widerstehen (EUA 2015a). Lösungen sind nur aus einer **gesamtheitlichen Systemsicht** möglich, bei der technisch-naturwissenschaftliche Ansätze mit soziökonomischen Analysen verbunden werden (→ Exkurs: Systemsicht).

Auswirkungen im Überblick

Die Auswirkungen der wesentlichsten Umweltbelastungen der Schweiz können drei Bereichen zugeordnet werden: dem Wohlbefinden und der Gesundheit des Menschen, den Ökosystemen sowie den Infrastrukturen. Eine einzelne Belastung kann dabei in verschiedenen Bereichen Auswirkungen haben. So kann die Luftbelastung mit Stickoxiden (NO_x) die Gesundheit beeinträchtigen, Ökosysteme überdüngen und über saure Niederschläge Gebäude schädigen.

Gesundheit und Wohlbefinden: Zunehmende Hitzewellen, Luftschadstoffe wie Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon sowie die Lärmbelastung beeinträchtigen das Wohlbefinden oder führen zu Krankheiten und zu frühzeitigen Todesfällen. Neue Allergene durch eingeschleppte Pflanzen sowie die Verlängerung der Vegetationsphase verstärken die Belastung bei Allergikerinnen und Allergikern. Auf der anderen Seite dienen eine vielfältige Landschaft, Grünräume, Wälder und Gewässer den Menschen als **Erholungsräume** und beeinflussen das Wohlbefinden positiv.

Ökosysteme: Natürliche Lebensräume nehmen in der Schweiz flächenmässig kontinuierlich ab. Auch die Qualität der Lebensräume wird laufend reduziert durch Nährstoff- und Schadstoffeinträge bzw. durch die damit einhergehende Überdüngung und Versauerung sowie die zunehmende Nutzung durch Verkehr, Landwirtschaft und Siedlung. In der Folge verändert sich die Zusammensetzung der Arten im Boden, in der Vegetation und bei den Land- und Wassertieren. Spezialisierte Arten verlieren ihren Lebensraum und sind damit nicht mehr überlebensfähig. Die Vielfalt der Arten in den meisten Ökosystemen nimmt ab. Diese büssen deswegen ihre Stabilität und Widerstandskraft ein und können sich weniger gut an veränderte Umweltbedingungen anpassen. Zusätzlich zu den Umweltbelastungen werden sich gewisse Arten an die mit dem Klimawandel veränderten Bedingungen (höhere Temperaturen, zunehmende Sommertrockenheit) nicht mehr anpassen können. Lebensräume werden dadurch verschwinden. Alpine Ökosysteme und Feuchtgebiete sind besonders betroffen. Der Arten- und Lebensraumrückgang ist gepaart mit einer **Abnahme von Leistungen,** die Ökosysteme für den Menschen bereitstellen. So z. B. die Schutzleistung des Waldes: Werden Bäume durch Versauerung oder Schadorganismen geschwächt, kann der Wald seine Schutzleistung nicht mehr erfüllen. Weiter ist auch die zunehmende Verbreitung von Schadorganismen eine Herausforderung für die Biodiversität (Fischer et al. 2015).

Infrastruktur: Luftschadstoffe verursachen Korrosionsschäden an der baulichen Infrastruktur. Vermehrt auftretende Starkniederschläge, der Gletscherrückzug und das Auftauen von Permafrost infolge des Klimawandels können die Gefahr von Hochwassern, Murgängen und Massenbewegungen erhöhen. Solche Naturereignisse führen zu **Sachschäden** an Infrastrukturen und Gebäuden. Ein beeinträchtigtes Landschaftsbild mindert die **Standortattraktivität,** die steigende Schneefallgrenze oder das Abschmelzen der Gletscher zieht Ausfälle im Tourismus nach sich. Ein weiteres Beispiel ist die Wertverminderung von Liegenschaften, die übermässigem Lärm ausgesetzt sind.

Herausforderung Stickstoff

Viele Umweltprobleme sind auf Stickstoffverbindungen zurückzuführen. Stickstoffüberschüsse belasten Böden, Gewässer, Meere und das Klima. Dies hat negative Folgen für die Biodiversität und die menschliche Gesundheit. Rund zwei Drittel des über die Luft eingetragenen Stickstoffs haben ihren Ursprung in der Landwirtschaft, ein Drittel stammt aus Verbrennungsprozessen. Zusätzlich wird aus kommunalem Abwasser Stickstoff direkt in Gewässer eingetragen.

Vor der Erfindung eines chemischen Verfahrens zur Herstellung von Stickstoffdünger Anfang des 20. Jahrhunderts und vor Beginn der relativ kurzen Phase, während der die begrenzten Lagerstätten für stickstoffhaltige Mineralien im 19. Jahrhundert abgebaut wurden, zirkulierte reaktiver Stickstoff weitgehend in engen, natürlichen Kreisläufen. Dabei bauen Pflanzen Stickstoffverbindungen während des Wachstums als Proteine in ihre Biomasse ein. Stirbt organisches Material ab, gelangt es wieder in den Boden, wo es mineralisiert und von Mikroorganismen umgewandelt wird. Dadurch kann der Stickstoff wieder von Pflanzen aufgenommen werden (BAFU 2014c).

Heute wird dagegen weltweit die Hälfte des reaktiven Stickstoffs vom Menschen in Umlauf gebracht (Fowler et al. 2013). Stickstoffhaltige Dünger haben im Verlauf des 20. Jahrhunderts entscheidend zur Steigerung der Pflanzenerträge in der Landwirtschaft beigetragen. Übersteigen die Düngergaben jedoch die Aufnahmekapazität der Feldkulturen, verteilen sich die Überschüsse in benachbarte, aber auch in weit entfernte Ökosysteme. Als Folge geht weltweit Biodiversität verloren, auch können Meere in einen sauerstoffarmen, lebensfeindlichen Zustand kippen (wie das z. B. bereits im Golf von Mexiko der Fall ist), und Grundwasser kann ungeniessbar werden. Die **planetaren Belastbarkeitsgrenzen** für Stickstoff gelten bereits heute als **überschritten** (Sutton et al. 2011) (→ Planetare Belastbarkeitsgrenzen).

Stickstoffeintrag über die Schweizer Landwirtschaft
Mineraldünger enthalten Stickstoff vorwiegend in Form von Ammonium und Nitrat sowie in anderen anorganischen oder organischen Verbindungen. Sein Einsatz hat zu einer Intensivierung der Landwirtschaft und damit zu einer **Steigerung der Nahrungs- und Futtermittelproduktion** sowie der **Nutztierzahlen** geführt. Importierte Futtermittel sind ein weiterer Eintrag in den Stickstoffkreislauf. Sie erlauben höhere Nutztierbestände und vergrössern so die Güllemengen, mit denen Stickstoff auf Äcker und Wiesen ausgebracht wird.

Insgesamt finden nur rund 30 % aller Stickstoffverbindungen, die die Schweizer Landwirtschaft einsetzt, den gewünschten Weg in pflanzliche oder tierische Produkte (BAFU 2010a). Rund 70 % entweichen dagegen in die Umwelt (→ Abbildung 10). Ein grosser Teil des Stickstoffs gelangt bei der **Tierhaltung** sowie der **Lagerung und Ausbringung von Hofdünger** in Form von Ammoniak (NH_3) in die Luft und wird in andere Ökosysteme verfrachtet. Im Boden wird Stickstoff umgewandelt und entweicht als Stickstoffmonoxid (NO), klimaaktives Lachgas (N_2O) oder als Luftstickstoff (N_2) in die Atmosphäre. In Form von Nitrat (NO_3) wird Stickstoff aus dem Boden in das Grundwasser und in die Oberflächengewässer ausgewaschen.

2015 wurden in der Schweiz circa 45 700 Tonnen Ammoniak-Stickstoff emittiert, 93 % davon stammten aus der Landwirtschaft. Mit dem Rückgang der Anzahl Nutztiere zwischen 1990 und 2000 sanken die **Ammoniakemissionen** der Landwirtschaft um 18 %, seither sanken sie nur unwesentlich. Rund 70 % der landwirtschaftsbedingten Ammoniakemissionen gehen auf die Rindviehhaltung zurück (Kupper et al. 2018). Trotz einer vergleichbar hohen Tierdichte sind die Ammoniakemissionen in der Schweiz pro Hektare deutlich höher als beispielsweise in Dänemark, wo Emissionsminderungsmassnahmen flächendeckend umgesetzt werden (BAFU 2014c, BLW 2016).

Verbrennung und Abwasser als Stickstoffquellen
Stickstoffverbindungen gelangen nicht nur über die Landwirtschaft in den Stickstoffkreislauf, sondern in Form von **Stickoxiden (NO_x)** auch bei Verbrennungsprozessen. Rund zwei Drittel des über die Luft eingetragenen Stickstoffs haben ihren Ursprung in der Landwirtschaft (Ammoniak), etwa ein Drittel stammt aus Verbrennungsprozessen (Stickoxide). Seit der Industria-

lisierung haben **Industrie, Feuerungen** und der **motorisierte Verkehr** zu einem massiven Anstieg der NO_X-Emissionen geführt. Dank Rauchgasentstickung sowie besserer Motoren und Katalysatoren sind die Emissionen zwischen 1985 und 2016 zwar um 60 % gesunken. 2016 wurden in Verbrennungsprozessen aber noch immer rund 20 000 Tonnen Stickoxid-Stickstoff ausgestossen. Etwas mehr als die Hälfte davon stammten aus dem motorisierten Verkehr (BAFU 2018c) (→ Luft).

Eine weitere wichtige Stickstoffquelle ist das **Siedlungsabwasser.** Dank grosser Fortschritte eliminieren Abwasserreinigungsanlagen (ARA) 44 % des darin enthaltenen reaktiven Stickstoffs. Der Rest, rund 23 000 Tonnen, gelangt jedoch in Oberflächengewässer und teilweise auch ins Grundwasser (Strähl et al. 2013).

Auswirkungen auf Gesundheit und Ökosysteme

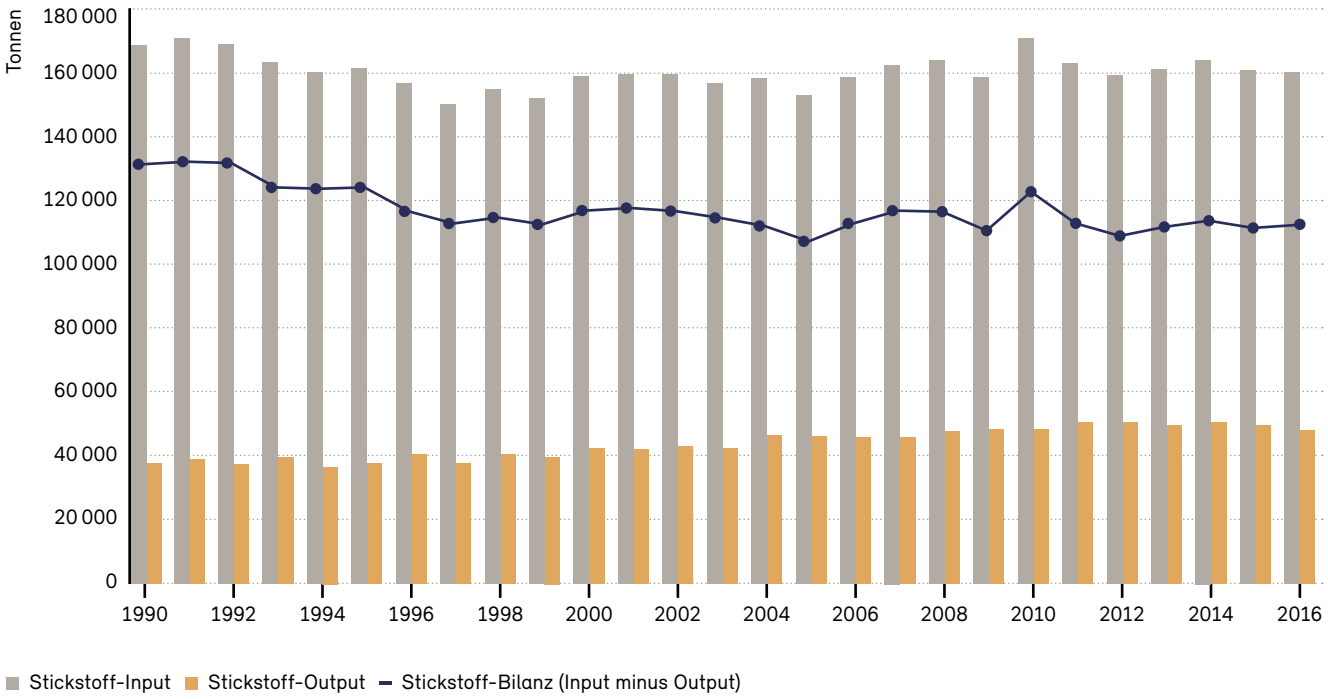
Stickoxide (NO_X) sind eine Vorläufersubstanz für die Bildung von bodennahem **Ozon** (Sommersmog). Zusammen mit Ammoniak tragen sie zur Bildung von sekundärem **Feinstaub** bei. Diese Luftschadstoffe können in den Atemwegen entzündliche Reaktionen auslösen und das Herz-Kreislauf-System schädigen.

Der grösste Teil der Stickstofffrachten in Gewässern geht auf Düngerabgaben aus landwirtschaftlichen Kulturen zurück (BAFU 2010a). Nitrat wird aus Landwirtschaftsböden ausgewaschen und gelangt schliesslich auch ins **Grundwasser,** das als Trinkwasser genutzt wird. Die Konzentrationen im Grundwasser liegen bei 15 % der Messstellen in überwiegend ackerbaulich genutzten Gebieten über dem zulässigen Niveau. Gelan-

Abbildung 10

Stickstoffbilanz in der Landwirtschaft

Stickstoff (N) gelangt in Form von Dünger, Futter sowie durch pflanzliche Fixierung und atmosphärischen Eintrag in die Landwirtschaft. Ein Teil davon entweicht als Ammoniak (NH_3) oder als Lachgas (N_2O) in die Luft, ein anderer Teil wird als Nitrat (NO_3) ins Grundwasser ausgewaschen. In den letzten zehn Jahren belief sich der Stickstoffüberschuss im Durchschnitt auf rund 110 000 Tonnen pro Jahr.



Quelle: Agroscope

gen neben Nitrat auch Stickstoffverbindungen wie Nitrit und Ammoniak in Oberflächengewässer, sind bereits tiefe Konzentrationen giftig für Fische und wirken sich negativ auf deren Entwicklung und Fortpflanzung aus (→ Wasser).

Auch aus nicht landwirtschaftlich genutzten Böden wird Nitrat ausgewaschen: Stickstoffverbindungen werden über die Luft verfrachtet, in Ökosysteme eingetragen und als Nitrat wieder ausgewaschen. Die Stickstoffverbindungen **überdüngen die Ökosysteme** und sind damit einer der zentralen Faktoren für den **Biodiversitätsverlust.** Viele gefährdete Ökosysteme sind in ihrem ursprünglichen Zustand nährstoffarm. Ihre Überdüngung führt dazu, dass in diesen Lebensräumen typische, oft bedrohte Arten von häufigeren, stickstofftoleranteren Arten verdrängt werden. Dadurch gleicht sich die Artenzusammensetzung verschiedener Lebensräume zunehmend an. Als Folge davon verschwinden in der Schweiz einzigartige Lebensräume und damit verbundene Ökosystemleistungen.

Die Stickstoffverbindungen tragen zudem zur **Bodenversauerung** bei und beeinflussen dadurch Bodenfunktionen. Das gestörte Nährstoffgleichgewicht in den Böden beeinträchtigt auch das **Wurzelwachstum** von Pflanzen. So werden z. B. Bäume anfälliger auf starke Winde und für Krankheiten. Aus Böden wird zudem **Lachgas** (ein Treibhausgas) freigesetzt. Lachgas ist 300-mal klimawirksamer als CO_2.

Von Natur aus beträgt der atmosphärische Eintrag von reaktivem Stickstoff 0,5 bis 2 kg pro Hektare und Jahr. Die **kritischen Eintragsgrenzen** (Critical Loads) für Stickstoff für sensible Ökosysteme liegen zwischen 4 und 25 kg Stickstoff pro Hektare und Jahr. In der Schweiz gelangten im Jahr 2015 im Durchschnitt 15 kg auf jede Hektare Boden; je nach Standort schwankt dieser Eintrag zwischen 2 und 65 kg (→ Abbildung 11).

Räumliche Analysen für das Jahr 2015 zeigen, dass fast 90 % der **Waldböden,** ein Drittel aller **Trockenwiesen und -weiden,** fast alle **Hochmoore** und drei Viertel der **Flachmoore** in der Schweiz mit übermässigen Stickstoffeinträgen aus der Luft belastet sind.

Stickstoffverbindungen, die in Gewässer eingetragen werden, gelangen via Rhein, Rhone und die Tessiner Grenzgewässer in die **Meere** und tragen dort zur Überdüngung mariner Ökosysteme bei. Ein übermässiger Algenwuchs lässt den Sauerstoffgehalt absinken und führt so zu lebensfeindlichen Bedingungen für die Flora und Fauna der Meere. Die Stickstofffrachten im Rhein bei Basel in Richtung Nordsee, zum grössten Teil in Form von Nitrat, sind seit den 2000er-Jahren im langjährigen Mittel konstant. Sie belaufen sich auf ungefähr 47 000 Tonnen Stickstoff pro Jahr (Ruff et al. 2013).

Ziele sind nicht erreicht

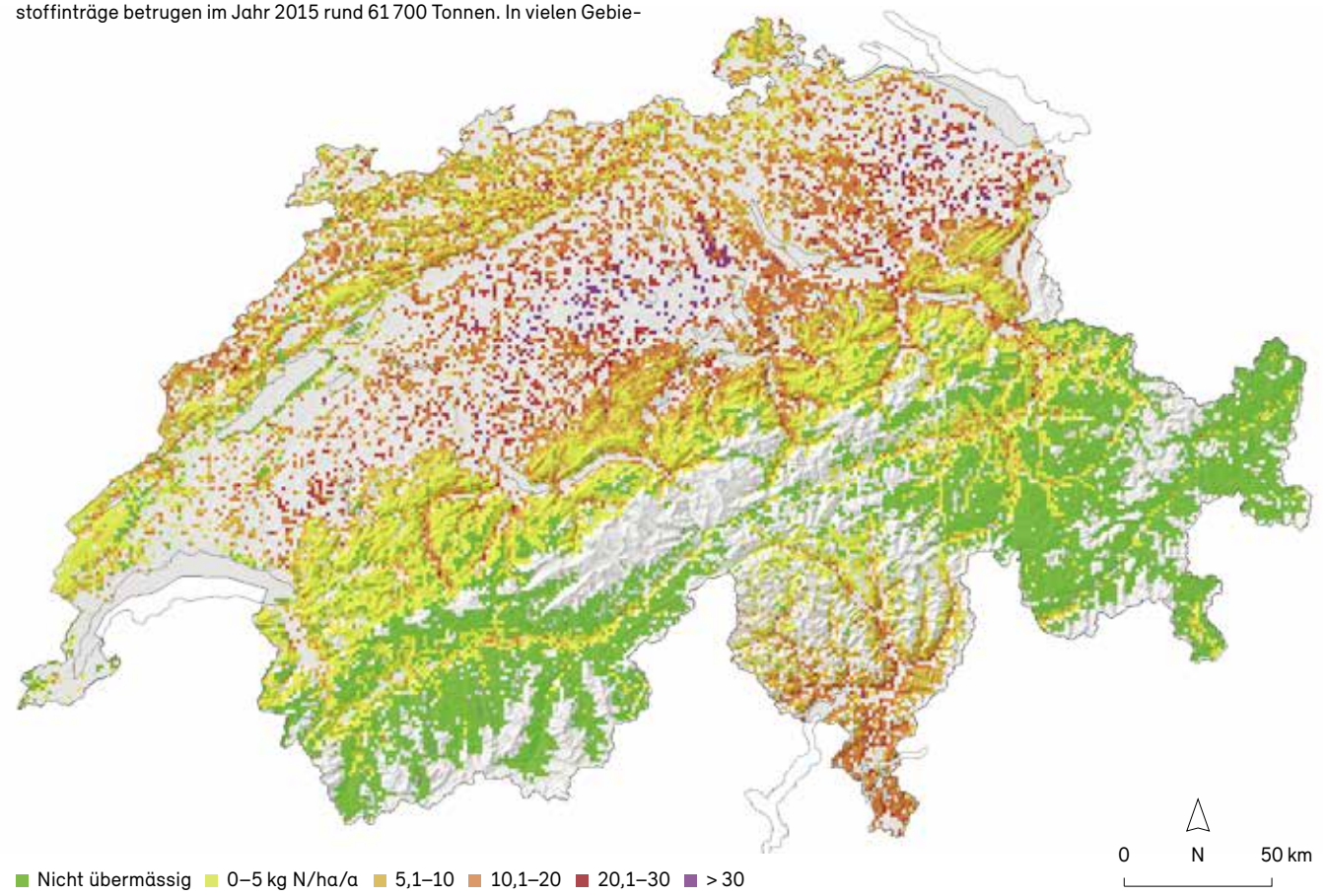
Die Schweiz hat sich im Rahmen des UNECE-Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP) verpflichtet, die Emissionen von reaktiven Stickstoffverbindungen zu reduzieren. Von den nationalen und internationalen Zielen wurde bisher jedoch keines vollständig erreicht.

Mit den **Umweltzielen Landwirtschaft (UZL)** setzt sich der Bund zum Ziel, die **Ammoniakemissionen** auf jährlich maximal 25 000 Tonnen Ammoniak-Stickstoff zu senken (BAFU/BLW 2008, 2016, Bundesrat 2016e). Seit dem Jahr 2000 haben diese jedoch nur unwesentlich abgenommen und befanden sich 2016 auf einem hohen Niveau (rund 41 800 Tonnen Ammoniak-Stickstoff). Im **Luftreinhaltekonzept** (LRK) hat der Bundesrat das Ziel definiert, die gesamten Ammoniakemissionen gegenüber 2005 um 40 % zu reduzieren (Bundesrat 2009). Mit den bisherigen Massnahmen ist allerdings nur eine Senkung um 5 % gelungen. Dies, obwohl ein beträchtliches technisches und betriebliches Reduktionspotenzial vorhanden wäre. Landwirtschaftliche Reduktionsmassnahmen werden im Rahmen des Ressourcenprogramms und mit Ressourceneffizienzbeiträgen gefördert. Eine flächendeckende Umsetzung des technischen Reduktionspotenzials muss jedoch über die Aufnahme der Massnahmen in die Agrar- und Umweltgesetzgebung erfolgen. Mit einem verbesserten Vollzug des bestehenden Umweltrechts können die Kantone zur weiteren Reduktion der Emissionen beitragen. Wo die Belastbarkeit der Ökosysteme trotz ammoniakreduzierender Massnahmen überschritten wird, muss eine Reduktion der Produktionsintensität geprüft werden (Bundesrat 2016e).

Abbildung 11

Stickstoffeintrag oberhalb der kritischen Belastungsgrenze (Critical Loads), 2015

Die Karte zeigt die Überschreitung der Critical Loads für Stickstoff für das Bezugsjahr 2015. Critical Loads wurden im Rahmen der Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP) entwickelt. Sie sind ein Mass für die Empfindlichkeit der Ökosysteme gegenüber Einträgen von Luftschadstoffen. Die schweizweiten Stickstoffinträge betrugen im Jahr 2015 rund 61 700 Tonnen. In vielen Gebieten der Schweiz werden die kritischen Belastungsgrenzwerte damit überschritten. Die grössten Überschreitungen finden sich im Mittelland in Gebieten mit intensiver Tierproduktion sowie im Tessin, wo reaktiver Stickstoff hauptsächlich durch Ferntransport und Niederschläge eingebracht wird.



Quelle: BAFU

Zu den Nitrateinträgen sind in den Umweltzielen Landwirtschaft zwei Ziele definiert: Die landwirtschaftsbedingten **Stickstoffeinträge in Gewässer** sollen gegenüber 1985 um 50 % reduziert werden. Bis 2010 konnte der Eintrag erst um 26 % gesenkt werden (Prasuhn 2016). Zudem soll der Nitratgehalt in Gewässern, die der **Trinkwassernutzung** dienen, die Konzentration von 25 mg pro Liter nicht übersteigen. In Ackerbaugebieten liegt der Nitratgehalt des Grundwassers oft noch immer über dem Anforderungswert (BAFU/BLW 2008, 2016, Bundesrat 2016e) (→ Wasser).

Auch für **Stickoxide** hat der Bundesrat im Luftreinhaltekonzept Reduktionsziele definiert: Gegenüber den Werten von 2005 sollen die Emissionen laut LRK um 50 % zurückgehen (Bundesrat 2009). Bisher gelang eine Reduktion um 33 %. Um die Emissionen von Stickoxiden weiter zu senken, hat die Schweiz im Gleichschritt mit der EU eine Verschärfung der Abgasgrenzwerte für den Strassenverkehr (Euro 6/Euro VI) eingeleitet.

Werden die Ziele des Luftreinhaltekonzepts für Ammoniak und Stickoxide erreicht, geht der Bund davon aus, dass auch die Critical Loads für Stickstoffeinträge weiträumig eingehalten werden und die Feinstaubwerte weiter zurückgehen.

Zustand der natürlichen Ressourcen in der Schweiz: räumliche Unterschiede

Die Herausforderungen für die Umwelt in der Schweiz unterscheiden sich je nach Naturraum: Im Mittelland dominiert der Verlust an unversiegelten Flächen und an Landschaftsqualität, weil sich Siedlungen und Infrastrukturen immer stärker ausdehnen. Der Jura wird aufgrund des Klimawandels mit zunehmender Trockenheit zu kämpfen haben. In den Alpen steigt der Nutzungsdruck durch Freizeitaktivitäten, und die Klimaveränderungen dürften einschneidende Auswirkungen haben. Auf der Alpensüdseite stehen die Qualität der Luft und der Landschaft sowie die zunehmende Waldbrandgefahr im Vordergrund.

Die Treiber für die Umweltbelastung in der Schweiz – die hohe Mobilität, die Siedlungsausbreitung, die intensive Landwirtschaft – sind in den verschiedenen Regionen zwar ähnlich, aber doch unterschiedlich stark ausgeprägt. Die **Siedlungsflächen** nehmen in der ganzen Schweiz zu. Die stärksten Zunahmen verzeichnen die Agglomerationsgürtel sowie die Metropolitanräume beispielsweise zwischen Genf und Lausanne oder zwischen Olten und Zürich. Auch im ländlichen Raum des Mittellands, in den grossen Talebenen im Alpenraum sowie in Teilen des Juras und der Alpennordflanke ist der Nutzungsdruck gross. Das **Verkehrsaufkommen** ist generell im Mitteland und speziell in den Agglomerationen am höchsten. Während im Mittelland und in den Talböden intensive **Landwirtschaft** betrieben wird, kommt diese Nutzung in schwer zugänglichen Randregionen teilweise zum Erliegen (→ Klima, → Biodiversität, → Wald, → Landschaft).

Mittelland

Im Mittelland breiten sich Siedlungen und Infrastrukturanlagen am stärksten aus, die Strassendichte und das Verkehrsaufkommen sind am höchsten. In der Folge ist die **Landschaft** stark fragmentiert, und **natürliche Lebensräume** sind zerschnitten und schlecht vernetzt; die Landschaftsqualität nimmt ab. Vor allem in den Agglomerationsgürteln ist die Biodiversität stark gefährdet. Auch in intensiv genutzten Landwirtschaftsgebieten besteht die Gefahr, dass wertvolle Landschaftselemente und damit auch wichtige Lebensräume verloren gehen.

Die Landwirtschaft ist im Mittelland am intensivsten. Der **Stickstoffeintrag** in die Böden ist entsprechend hoch, und die **kleinen** und **mittleren Fliessgewässer** sind am stärksten mit Nährstoffen und Pestiziden belastet. Hinzu kommt, dass viele Fliessgewässer verbaut und begradigt sind.

Die zunehmende **Sommertrockenheit** aufgrund des Klimawandels und die Veränderung der Abflussregimes werden die Belastung der kleinen und mittleren Fliessgewässer weiter verschärfen: Die erwarteten tieferen Wasserstände erhöhen die Konzentration der eingetragenen Stoffe und begünstigen die Erwärmung, was viele Wasserorganismen zusätzlich belastet. Durch den ebenfalls zu erwartenden gesteigerten Bewässerungsbedarf der Landwirtschaft kann sich die Situation noch zuspitzen. Durch den Klimawandel steigt zudem die **Hitzebelastung in den Städten** (→ Herausforderungen und Chancen von Agglomerationen).

Wälder, Uferzonen und andere naturnahe Ökosysteme werden in Agglomerationsräumen **intensiv für Erholung und Sport genutzt.** Wildtiere und empfindliche Vegetationstypen können dadurch beeinträchtigt werden.

Jura und Voralpen

Auch im Jura nehmen Siedlungsdichte und Verkehrsinfrastruktur zu. Diese Entwicklung ist zwar weniger stark als im Mittelland, liegt aber dennoch über dem gesamtschweizerischen Durchschnitt. Das zeigt sich u. a. daran, dass es nun – so wie im Mittelland – auch im Jura keine Gebiete mehr gibt, in denen **nachts Dunkelheit** herrscht (BAFU/WSL 2017). Mit dem Aufgeben der Bewirtschaftung auf der einen und der intensiven Landwirtschaft auf der anderen Seite stehen **typische Landschaften** wie z. B. die Waldweiden der Freiberge unter Druck.

Als Folge des Klimawandels werden sich Trockenperioden künftig häufen. Der daraus entstehende **Wassermangel** verschärft sich im Jura, wo die Böden über Kalkgestein schnell austrocknen. Der Anstieg der Schneefallgrenze wegen des Klimawandels stellt für **tiefer gelegene Skigebiete** im Jura aber auch in den Voralpen ein Problem dar.

Alpen

Die Umwelt ist in den letzten zehn Jahren auch im Alpenraum **zunehmend unter Druck** geraten (BAFU 2017a). Während in den grossen Alpentälern die Siedlungen wachsen und eine intensive Landwirtschaft betrieben wird, erlischt die Bewirtschaftung in abgelegenen Gebieten oft, insbesondere auf Sömmerungsweiden. Dadurch gehen im Landwirtschaftsgebiet der grossen Täler viele Kleinstrukturen verloren, in abgelegenen Gebieten nimmt die **Waldfläche** zu.

Die Gewässerlebensräume sind in den Alpen durch die **Wasserkraftnutzung** beeinträchtigt. Zudem gefährdet auch hier der hohe **Nährstoffeintrag** aus der Luft die Ökosysteme. Insbesondere seltene, **trockene** und auf Nährstoffarmut angewiesene **Lebensräume** der offenen Landschaft gehen verloren, und die Biodiversität schwindet, was zum Verlust des regionalen Landschaftscharakters führt.

Gleichzeitig wird der Alpenraum immer intensiver für **Freizeitaktivitäten** genutzt, Landschaft und Lebensräume werden dadurch zusätzlich beansprucht. Ein Beispiel ist der Schneesportbetrieb: Für die zunehmende Beschneiung wird der Untergrund planiert, der Wasserverbrauch steigt, und es werden Chemikalien eingesetzt, damit das Wasser besser gefriert. In der Folge verändern sich die Lebensräume, und die Überlebenschance der ursprünglich dort vorkommenden Arten sinkt.

Der **Klimawandel** trifft den Alpenraum im gesamtschweizerischen Vergleich besonders stark (BAFU 2017b). Die Schneefallgrenze steigt, die Gletscher schmelzen, der Permafrost taut auf, und langfristig sinkt die Wasserverfügbarkeit im Sommer. Dies führt nicht nur zu weitreichenden Veränderungen der Landschaften und der Lebensräume, sondern erhöht auch die Gefahr von Naturgefahrenereignissen wie Steinschlägen, Murgängen oder Hangrutschungen. Vor allem im Frühsommer ist das Risiko der Überlagerung von grossflächiger Schneeschmelze und intensiven Niederschlägen erhöht, was zu einer grösseren Überschwemmungsgefahr führt.

Alpensüdseite

Südlich der Alpen ist die landwirtschaftlich genutzte Fläche im Vergleich zu den anderen Regionen der Schweiz am stärksten zurückgegangen. Der **Wald** breitet sich aus, und die verbliebenen Landwirtschaftsflächen sind auf rationelle, maschinelle Bewirtschaftung ausgerichtet.

Den **Landschaften** fehlt oft ein Mosaik aus verschiedenen Nutzungen. Ausgedehnte und gleichförmige Wälder gehen unmittelbar in Siedlungsgebiete über. Die landwirtschaftlich genutzten Gebiete haben oft einen industriellen Charakter. Entsprechend wird die Qualität der Landschaft als wenig komplex sowie als wenig kohärent und authentisch beurteilt. Der landschaftliche Reiz entfaltet sich erst über der Waldgrenze und am Ufer von Flüssen und Seen (BAFU/WSL 2017).

Mit dem Klimawandel nehmen **Trockenheit**, **Waldbrandgefahr** und **Hitzebelastung** zu. Weil einheimische Arten vermehrt unter Hitze- und Trockenstress leiden, können sich Schadorganismen und gebietsfremde Arten besser ausbreiten.

Die Bemühungen der Luftreinhaltung zeigen auch an der Alpensüdseite ihre Wirkung. Dennoch ist die Belastung mit **Feinstaub** (PM10) und **Ozon** (Sommersmog) südlich der Alpen höher als auf der Alpennordseite. Gründe sind das grosse Verkehrsaufkommen, die vielen Holzheizungen, die starke Sonneneinstrahlung im Sommer sowie die grenzüberschreitenden Luftverunreinigungen aus der Lombardei.

Herausforderungen und Chancen von Agglomerationen

In städtischen Gebieten ist der Druck auf die natürlichen Ressourcen zwar hoch, durch die Konzentration der menschlichen Tätigkeiten ergeben sich aber auch Möglichkeiten für eine effiziente Nutzung. Die geforderte Siedlungsentwicklung nach innen bietet eine Chance, die städtebauliche Qualität der Agglomerationsgürtel aufzuwerten, Freiräume zu gestalten und so die Lebensqualität, das Landschaftsbild, die Biodiversität und das Stadtklima positiv zu beeinflussen.

Während die Idealvorstellungen von Wohnen vor 2000 noch mehrheitlich geprägt waren vom Wunsch, der Stadt zu entkommen, und von der Sehnsucht nach einem Einfamilienhaus auf dem Land – was oft in der Agglomeration umgesetzt wurde –, sind seit der Jahrtausendwende die Kernstädte wieder attraktiv für Wohnen, Arbeiten und Freizeit. Sowohl in den Kernen als auch in den Gürtelgemeinden der Agglomerationen nimmt die Bevölkerung stetig zu (BFS 2017h, 2018c, SSV/BFS 2017). Rund drei Viertel der Schweizer Bevölkerung leben in Agglomerationen, und circa 80 % aller Arbeitsplätze konzentrieren sich hier. Etwa die Hälfte der städtischen Bevölkerung wohnt in einer der fünf grössten Agglomerationen Zürich, Genf, Basel, Bern und Lausanne. Als Motoren der wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und kulturellen Entwicklung kommt diesen sogenannten Metropolitanregionen damit eine wachsende Bedeutung zu (Bundesrat/KdK/BPUK/SSV/SGV 2012, Bundesrat 2015b).

Druck auf natürliche Ressourcen, aber auch effizientere Nutzung

Im urbanen Raum überlappen sich meist zahlreiche **Umweltbelastungen:**

- Die **Luft** ist in schlecht durchlüfteten Siedlungsgebieten insbesondere entlang stark befahrener Strassen oft mit Schadstoffen belastet. Obwohl sich in naher Zukunft die Luftqualität dank Fahrzeugen mit tieferen Schadstoffemissionen weiter verbessern dürfte, sind ausreichende Grünflächen und Durchlüftungskorridore mitentscheidend für die Luftqualität und ein gesundes Stadtklima.
- Der **Boden** ist häufig versiegelt, verdichtet oder mit Schadstoffen belastet und steht somit nicht zur Verfügung als Lebensraum von Organismen, für die Wasseraufnahme bei Starkregen oder für die Produktion von Nahrungsmitteln aus dem Garten (BAFU 2017c).
- Über 90 % der Personen, die von schädlichem oder lästigem **Verkehrslärm** betroffen sind, leben in und um grössere Zentren. Die Zunahme der Bevölkerungsdichte, der Trend zur 24-Stunden-Gesellschaft und die prognostizierte Verkehrszunahme verschärfen mögliche Lärmkonflikte und gefährden Ruheorte. Ruhige Wohngebiete werden knapp, und Wohnungen an ruhigen Lagen sind nicht für alle erschwinglich.
- Die hohe Bevölkerungsdichte im urbanen Raum geht einher mit dichten Infrastrukturen für die Elektrizitäts- und Mobilfunkversorgung sowie für die öffentliche und private Beleuchtung. Damit verbunden sind tendenziell erhöhte Immissionen von **Elektrosmog** und von **störendem Licht.**
- **Gewässer** sind in Agglomerationen oft stark verbaut oder eingedolt und teilweise mit Mikroverunreinigungen (Arzneimittel, Reste von Gebrauchschemikalien) belastet.

Die Konzentration von Nutzungen auf kleinem Raum bedeutet allerdings nicht nur eine hohe Umweltbelastung, sie ermöglicht auch mehr **Effizienz** und damit eine Reduktion von Belastungen:

- Zum Beispiel bei der **Mobilität:** In Kernstädten sind die mittleren Tagesdistanzen im Vergleich zu allen anderen Siedlungstypen kürzer, und der öffentliche sowie der Langsamverkehr erreichen hier die höchsten Anteile (→ Abbildung 19).
- Durchmischt genutzte Areale bieten Potenziale zur Nutzung von **Abwärme** und **erneuerbaren Energien.**
- In den Agglomerationen hat sich schliesslich zwischen den Erhebungen von 1992/97 und 2004/09 auch der Verbrauch von **Siedlungsfläche** pro Person und Arbeitsplatz stabilisiert, während sich das Wachstum vor allem in ländlichen Regionen weiter fortsetzt. Grossstädtisch geprägte Regionen weisen sogar einen Trend zu weniger Siedlungsfläche pro Person und Arbeitsplatz auf, was auf Verdichtungsprozesse hinweist (ARE 2014, BFS 2015) (→ Boden, → Landschaft).



Lebensraum für Menschen, Tiere und Pflanzen

Die grossen **Schweizer Kernstädte** schneiden punkto **Lebensqualität** bei internationalen Vergleichen sehr gut ab. Nach der **landschaftlichen Qualität** gefragt, beurteilt die Bevölkerung den **Agglomerationsgürtel** im Vergleich zu anderen Gebieten am schlechtesten (→ Abbildung 41). In dicht besiedelten Gebieten, die sich rasch verändern, vermissen die Bewohnerinnen und Bewohner offensichtlich den inneren Zusammenhang zwischen den Landschaftselementen. Durch das uniforme landschaftliche Erscheinungsbild der Agglomerationsgürtel verschlechtert sich die Leistung der Landschaft als Anker für die persönliche Identifikation (BAFU/WSL 2017).

In den letzten 10 Jahren hat die **Artenvielfalt** in den Siedlungen weiter abgenommen, wie das Biodiversitätsmonitoring und Langzeiterhebungen im Kanton Aargau zeigen (BAFU 2017a). Gleichzeitig bietet der Siedlungsraum ein bedeutendes Potenzial als Rückzugsort und Ersatzlebensraum vor allem für Tiere und Pflanzen des Offenlandes. Unversiegelte Siedlungsflächen sind deutlich artenreicher als das Agrarland: Mit seinen kleinräumig strukturierten Standorten, einer hohen baulichen Dynamik und vielfältigen klimatischen Bedingungen bietet der urbane Raum auch spezialisierten Arten ein Refugium. Ebenfalls von dieser Vielfalt profitieren allerdings auch einige invasive gebietsfremde Arten.

Mit der Siedlungsentwicklung nach innen ergibt sich die **Chance,** die verbleibenden **Grün- und Freiräume** nachhaltig zu entwickeln: Gut gestaltet und bewirtschaftet, bieten sie der Bevölkerung attraktive Aufenthaltsorte für Freizeitaktivitäten sowie **Ruhe und Erholung** und fördern gleichzeitig die **Biodiversität.** Mit Unterstützung der Gemeindebehörden wurden in den vergangenen 20 Jahren zahlreiche Grünareale in Schweizer Städten ökologisch aufgewertet oder neu angelegt. Der Anteil ökologisch wertvoller Flächen beträgt beispielsweise in der Stadt Zürich 15 % (BAFU 2017a). Auch beim Zustand der **Gewässer** ist eine weitere Verbesserung zu erwarten, weil Fliessgewässer revitalisiert werden sollen und weil Mikroverunreinigungen in Zukunft aus dem Abwasser eliminiert werden.

Klimawandel

Städte und urbane Regionen haben ein charakteristisches Lokalklima, welches stark von demjenigen des Umlands abweicht. Bereits heute werden maximale Temperaturunterschiede zwischen den Kernstädten und dem umliegenden ländlichen Raum von bis zu 10 °C festgestellt (INFRAS 2015).

Aufgrund des Klimawandels ist in Agglomerationen und städtischen Gebieten mit einer **erhöhten Hitzebelastung** zu rechnen. Davon sind vor allem zentrale Lagen betroffen, die dicht bebaut sind. Die versiegelten Flächen speichern mehr Sonnenenergie, die Luftzirkulation ist durch Verbauungen oft eingeschränkt, und durch den Verkehr entsteht zusätzliche Abwärme. Es bilden sich sogenannte Hitzeinseln.

Nachhaltige Agglomerationsentwicklung

Das im Mai 2014 in Kraft getretene revidierte **Raumplanungsgesetz** (RPG)[1] will den Landverschleiss bremsen, indem es verlangt, dass zu grosse Bauzonen verkleinert und bestehende Baulandreserven besser genutzt werden. Es hält ebenfalls fest, dass der Boden haushälterisch genutzt und die Siedlungen innerhalb der bestehenden Bauzonen hochwertig sowie baulich und räumlich verdichtet wachsen sollen. Dadurch kann die Landschaft sich in eine qualitätsvolle Richtung entwickeln, und das Kulturland wird geschützt (Bundesrat 2015b). Mit der **Agglomerationspolitik** will der Bund die hochwertige Gestaltung von Agglomerationsräumen in Kantonen und Gemeinden fördern (Ecoplan 2012). Zudem werden im Rahmen des Programms Agglomerationsverkehr bundesseitig Massnahmen unterstützt, die auf eine bestmögliche Abstimmung zwischen Siedlungsentwicklung und Verkehrsinfrastrukturen abzielen. Zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung mit Zugang zu öffentlichen Räumen und Grünflächen für alle verpflichtet die **Agenda 2030** für nachhaltige Entwicklung der UNO (Sustainable Development Goal, SDG 11). Ebenfalls verankert sind Ziele bezüglich Anpassung an den Klimawandel, Ressourceneffizienz und sozialer Gerechtigkeit (UN 2015).

1 Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG), SR 700.

Neben einer Stärkung des urbanen Charakters von Städten und Agglomerationen braucht es auch Konzepte zur Entwicklung ländlicher Gebiete und zur Frage, wie sich Stadt und Land in der Landschaft begegnen sollen (Bundesrat/KdK/BPUK/SSV/SGV 2012, BAFU 2015b). Agglomerationen könnten z. B. künftig stringenter ausgehend von den **landschaftlichen Qualitäten** geplant werden (Brandl und Fausch 2016). Die Siedlungen sollen nicht isoliert betrachtet werden. Sie sollten vielmehr in ihren funktionellen Beziehungen und visuellen Verbindungen mit der umliegenden, nicht überbauten Landschaft erfasst und weiterentwickelt werden. Diese Entwicklung würde die **Siedlungsränder** und die stadtnahen Erholungsgebiete aufwerten.

Freiräume, Grünflächen und Durchlüftungskorridore sind wichtig, um das Lokalklima und die Luftqualität zu verbessern. Der Boden sollte nach Möglichkeit unversiegelt bleiben, damit er bei Regen für das Versickern des Wassers sorgen kann. Zur **Anpassung an den Klimawandel** misst der Bund der Freiraumplanung in den Agglomerationen grosses Gewicht bei (Anpassungsstrategie) (BAFU 2014b). Zudem möchte er Ruhe- und Erholungsräume innerhalb bestehender Siedlungen fördern, um das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bevölkerung zu stärken. Auch der **Aktionsplan Biodiversität** fördert naturnahe Flächen in Siedlungsräumen als Teil der ökologischen Infrastruktur, beispielsweise mit Musterbaureglementen (Bundesrat 2017a).

A3 Exkurs: Systemsicht

Einführung sozio-ökonomische Systeme

Die Konsum- und Produktionsbereiche mit den grössten Auswirkungen auf die Umwelt sind die Ernährung, das Wohnen und die Mobilität. Die Umweltauswirkungen dieser Systeme sind das Resultat des Zusammenwirkens von Werten, Lebensstilen, sozialen Strukturen, Marktmechanismen, Technologien, Produkten und Infrastrukturen. Ernährung, Wohnen und Mobilität sind nur als komplexe sozio-ökonomische Systeme zu begreifen.

Der Schweizer Umweltpolitik ist es in der Vergangenheit gelungen, eine Reihe von Umweltproblemen zu lösen, indem sie für dominierende Belastungen wie die massive Gewässerverschmutzung in den 1950er-Jahren oder die hohen Luftschadstoff-Konzentrationen in den 1980er-Jahren technische Lösungen durchsetzte. Dazu zählten u. a. der Bau von Abwasserreinigungsanlagen oder die Ausrüstung von Fahrzeugen mit Katalysatoren (Walter 1995).

Die **drängendsten Umweltprobleme der Gegenwart** sind der Treibhausgasausstoss, die Belastungen durch Biozide und Pflanzenschutzmittel, die Stickstoffüberschüsse, die Versiegelung von Böden, der zunehmende Nutzungsdruck auf naturnahe Flächen sowie die Ressourcenverluste ausserhalb geschlossener Wirtschaftskreisläufe (→ Wichtigste Belastungen und Auswirkungen in der Schweiz). Diese sind im Vergleich zu den Herausforderungen der Vergangenheit ungleich **komplexer** und haben jeweils **mehr als eine Ursache.**

Die Analyse der Fussabdrücke der Schweiz zeigt, dass zwei Drittel der Umweltbelastung von der Ernährung, dem Wohnen und der Mobilität ausgehen (BAFU 2018a) (→ Abbildung 5) (→ Produktion und Konsum als Treiber). Hier muss die Umweltpolitik darum den Hebel ansetzen. Allerdings geht dies nicht mit einfachen Patentlösungen. Nötig ist vielmehr eine differenzierte **Systemsicht** (→ Abbildung 12), die dem **Zusammenwirken von Werten, Lebensstilen, sozialen Strukturen, Märkten, Technologien, Produkten und Infrastrukturen** Rechnung trägt (Bauknecht et al. 2015, EUA 2016).

So ist die **Ernährung** mit einem Anteil von 28 % an der Gesamtumweltbelastung beispielsweise auf der Nachfrageseite geprägt durch unterschiedliche Konsummuster und Ernährungsstile und auf der Angebotsseite durch den Detailhandel, die Nahrungsmittelindustrie oder die Landwirtschaft.

Das **Wohnen** (inkl. Bauwesen, Energie- und Wasserverbrauch sowie Abfall- und Abwasserentsorgung) trägt 24 % zur Umweltbelastung der Schweiz bei. Es wird zum einen gesteuert durch Nachfragefaktoren wie Einkommen oder Familiensituation und zum anderen durch Angebotsfaktoren wie Immobilienmarkt und Siedlungsstruktur.

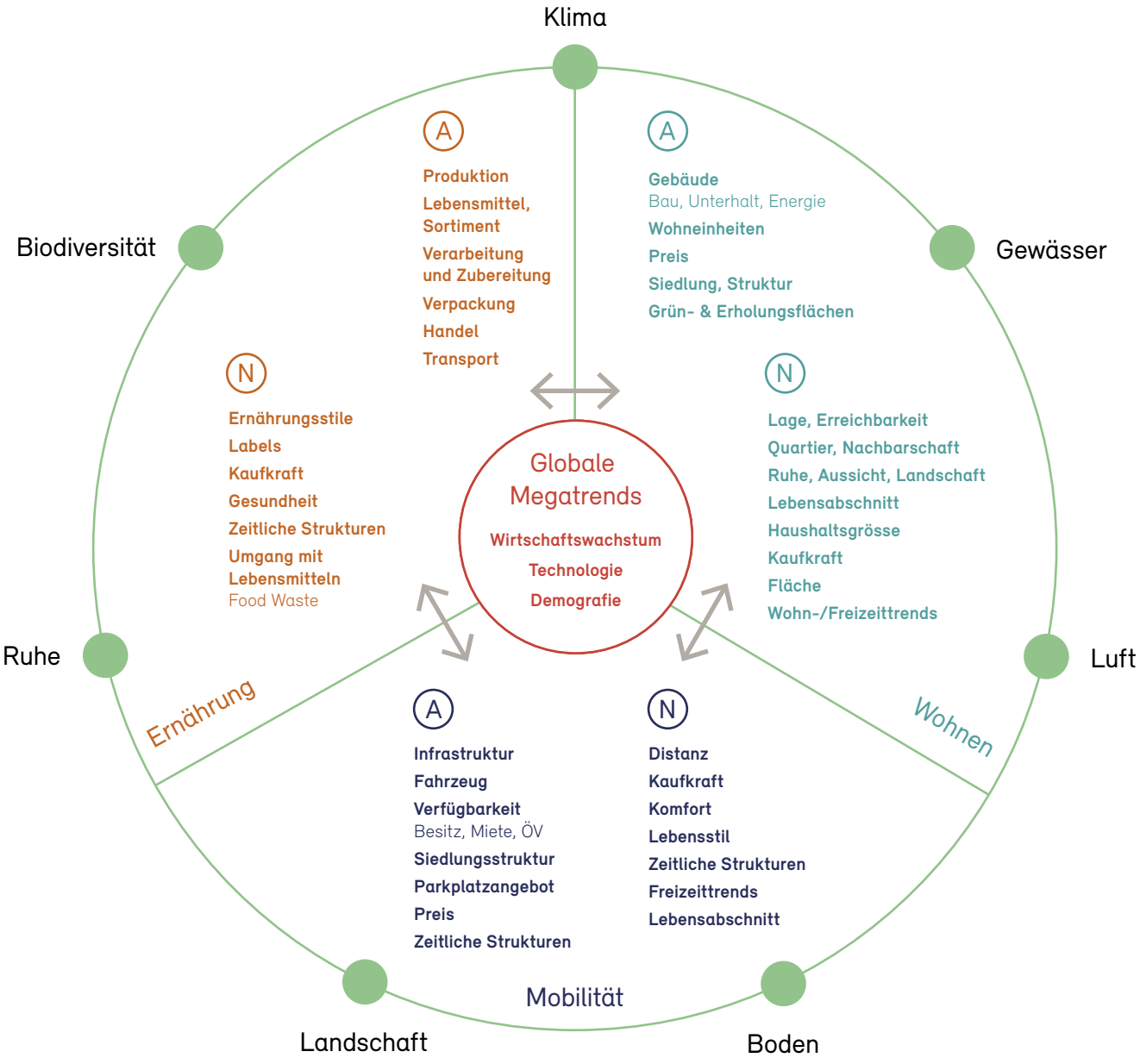
Schliesslich lässt sich auch die **Mobilität** mit einem Anteil von 12 % an der gesamten Umweltbelastung der Schweiz im In- und Ausland nur als System verstehen. Darin ist die Nachfrage abhängig vom Arbeitsplatz oder vom Ort der Ausbildungsstätte, und das Angebot unterscheidet sich je nach Fahrzeugtechnologie, Infrastrukturausbau oder Servicequalität.

Alle drei Systeme stehen ausserdem unter dem Einfluss starker Treiber wie demografische Entwicklungen, Wirtschaftswachstum oder Digitalisierung (EUA 2015b) und sind ihrerseits intensiv **miteinander verflochten.** So war 2015 der Transport von Nahrungsmitteln aus dem In- und Ausland für annähernd ein Viertel des gesamten Strassenverkehrs mit inländischen Lastwagen verantwortlich (BFS 2017i). Die Mobilität hängt wesentlich von der Siedlungsstruktur ab: Je weiter Siedlungen voneinander entfernt und unterschiedliche Angebote räumlich getrennt sind, desto länger werden die Wege und umso schwieriger ist eine gute Erschliessung zu Fuss, mit dem Velo oder dem öffentlichen Verkehr. Das Wachstum von Siedlungsflächen für Wohnen, Arbeiten, Erholung und andere Einrichtungen geht umgekehrt grösstenteils zulasten des Kulturlands und schmälert so die Möglichkeiten zur Lebensmittelproduktion.

Abbildung 12

Sozio-ökonomische Systeme mit der grössten Umweltauswirkung

Die Umweltauswirkungen (petrol) aufgrund unserer Ernährung (orange), unserer Mobilitätsansprüche (blau) sowie des Wohnens und weiterer Nutzungen im Siedlungsraum auf Klima, Gewässer, Luft, Boden, Landschaft, Ruhe und Biodiversität (grün) sind über eine Vielzahl von Aspekten des Angebots (A) und der Nachfrage (N) miteinander vernetzt. Megatrends (rot) wie das Wirtschaftswachstum, der demografische Wandel sowie technologische Entwicklungen beeinflussen die Systeme.



Quelle: BAFU

Ernährung

In der Schweiz konsumierte Nahrungsmittel werden in zunehmend global ausgerichteten Produktionsketten hergestellt, in denen Importe von Nahrungs-, Futter- und Produktionsmitteln eine wichtige Rolle spielen. Dadurch verlagert sich ein wesentlicher Teil der Umweltbelastung ins Ausland. Eine dem Standort angepasste Landwirtschaft und eine massvolle Ernährung mit einem höheren Anteil pflanzlicher Lebensmittel kann dazu beitragen, die Umweltbelastung deutlich zu reduzieren.

Nahrungsmittel stellen nicht nur Energie und lebenswichtige Stoffe für den Menschen bereit, sie stehen genauso für Genuss, Identität und Tradition. Ein breites Sortiment von Lebens- und Genussmitteln bedeutet jedoch auch einen hohen Energie- und Ressourcenverbrauch entlang der ganzen Produktionskette (→ Produktion und Konsum als Treiber). Die landwirtschaftliche Produktion, die industrielle Weiterverarbeitung der Lebensmittel sowie deren Verpackung, Verteilung, Zubereitung und Konsum sind in globale Stoffkreisläufe eingebunden. Entsprechend gilt es, die Zusammenhänge in einer Systemperspektive zu betrachten. Der 2017 vom Volk gutgeheissene Artikel 104a der Bundesverfassung zur Ernährungssicherheit trägt dieser umfassenden Sicht Rechnung. Er verlangt vom Bund, dass er Voraussetzungen schafft für die Schonung von Ressourcen sowohl bei der Produktion als auch beim Handel und beim Konsum von Lebensmitteln.

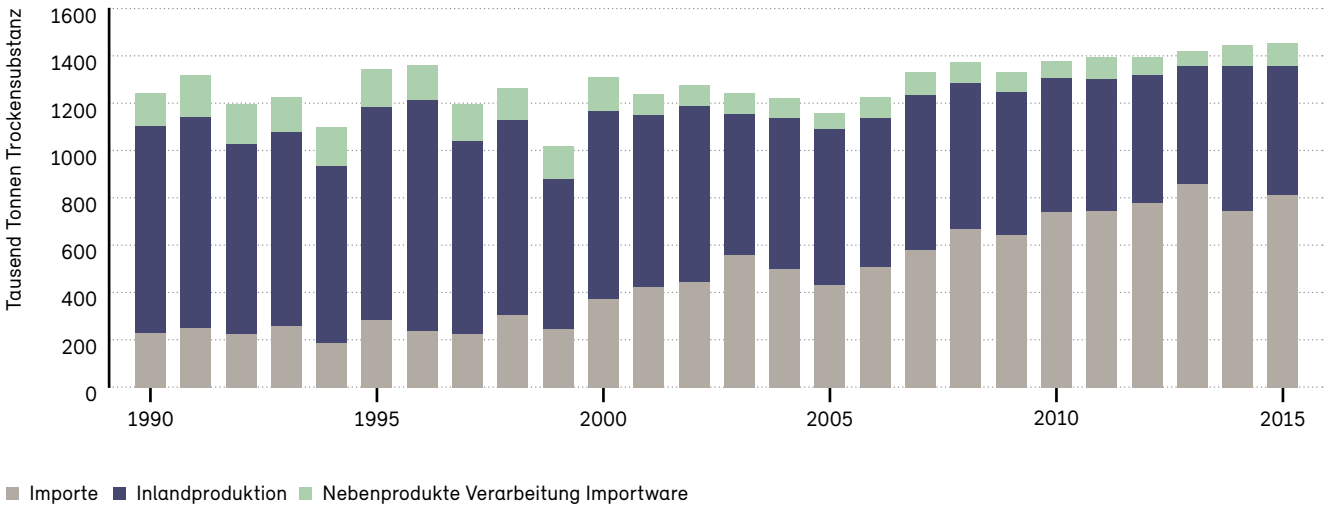
Nahrungsmittelproduktion und -angebot

In der Schweiz wurden in den letzten Jahrzehnten auf schrumpfenden Landwirtschaftsflächen stetig wachsende Erträge erzielt. Dazu beigetragen haben insbesondere der Einsatz von Produktionsmitteln (Dünger, Pflanzenschutzmittel usw.) und die Entwicklung ertragreicherer Sorten. Eine an den Produktionsstandort angepasste **Landwirtschaft** darf die **Tragfähigkeit der Ökosysteme** allerdings nicht überschreiten. Mit den derzeitigen Tierbeständen und dem vorherrschenden Einsatz von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln beeinträchtigt die Landwirtschaft die biologische Vielfalt, die Luft- und die Wasserqualität sowie das Klima. Sie überschreitet damit die Grenzen der ökologischen Tragfähigkeit. Handlungsbedarf besteht insbesondere

Abbildung 13

Herkunft des Kraftfutters für die Tierproduktion

Die eingesetzte Kraftfuttermenge hat zwischen 1990 und 2015 um 17 % zugenommen. Der Anteil des importierten Kraftfutters ist im gleichen Zeitraum von rund 20 % auf knapp 60 % gestiegen. Die Gesamtmenge der in der Schweiz eingesetzten Futtermittel liegt seit 1990 relativ konstant bei 8 Millionen Tonnen Trockensubstanz.



Quelle: SBV – Futtermittelbilanz

beim Stickstoff (Ammoniak, Nitrat), bei den klimarelevanten Treibhausgasen (Methan, Lachgas), bei der Bodenfruchtbarkeit und bei der Biodiversität (Bundesrat 2016e). Mit ihrem beschränkten Angebot ackerfähiger Böden und den vielen Wiesen und Weiden des Hügel- und Berggebiets bietet die Schweiz günstige Voraussetzungen für die Milch- und Fleischproduktion mit Nutztieren, die Raufutter (Gras, Heu, Silage, Stroh) verzehren. Auf hohe Leistung gezüchtete Milchkühe sind jedoch Nahrungsmittelkonkurrenten des Menschen, da sie auf energiereiches, mehrheitlich (fast 60 %) importiertes Kraftfutter (Futtergetreide, Reis, Soja sowie Fette und Öle) angewiesen sind (SBV 2011, BFS 2017j) (→ Abbildung 13). Damit wird das Potenzial des Schweizer Grünlands immer weniger genutzt, und dem Produktionsland des Kraftfutters werden Nährstoffe entzogen, welche in der Schweiz wiederum die Umwelt belasten (→ Herausforderung Stickstoff).

Die **Verarbeitung** von und der **globale Handel** mit Nahrungs- und Genussmitteln haben in den letzten Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen. Wurden im Jahr 2000 Nahrungsmittel, Getränke und Tabak im Wert von rund 7,5 Milliarden Franken importiert, so stieg dieser Betrag bis 2016 auf 10,6 Milliarden Franken. Noch deutlicher war der Anstieg bei den Exporten, deren Wert sich im gleichen Zeitraum von rund 3,4 auf 8,6 Milliarden Franken mehr als verdoppelte (BFS 2017k). Der Umsatz der Schweizer Nahrungsmittelindustrie belief sich 2012 auf 17,7 Milliarden Franken. Den grössten Anteil am Umsatz hatten Fleischprodukte mit 18 % (FIAL 2013).

Mit der **Globalisierung der Nahrungsmittelmärkte** verschieben sich Umweltbelastungen aus der Schweiz ins Ausland. Die Umweltbelastungen, die durch die Lebensmittelproduktion und die Ernährung der Bevölkerung der Schweiz entstehen, wirken sich zu mehr als 50 % im Ausland aus (BAFU 2018a). Beispiele sind die Zerstörung natürlicher Ökosysteme zur Gewinnung neuer Anbauflächen (z. B. für Palmölplantagen oder Sojafelder) und die Übernutzung von Wasserressourcen (z. B. bei der Produktion von Reis, Nüssen, Zuckerrohr oder Rindfleisch) (WWF 2010).

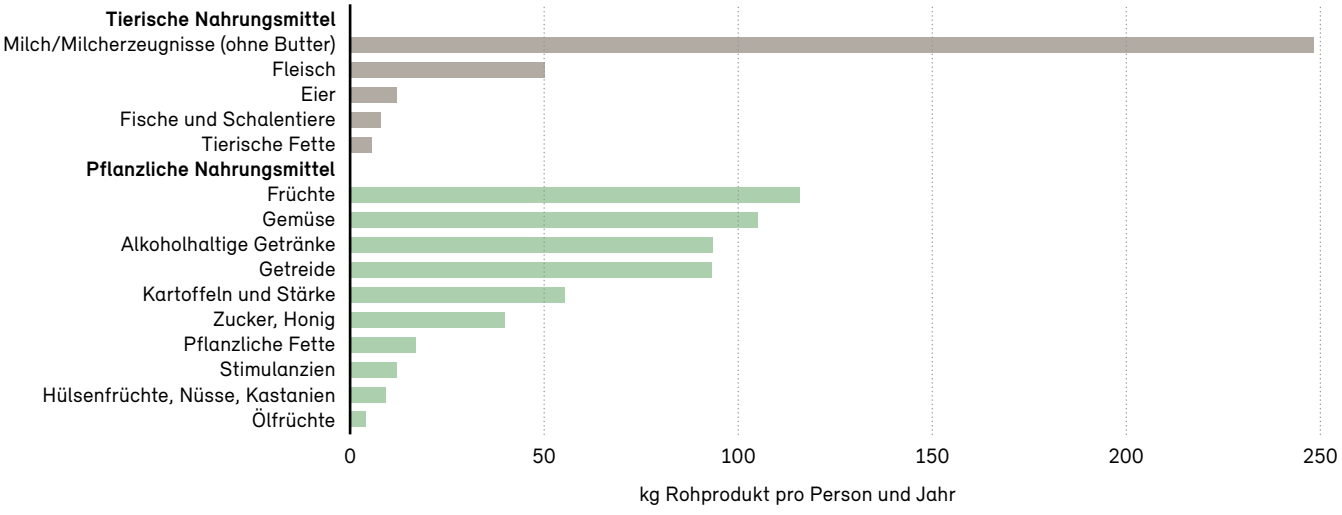
Veränderte Nachfrage

2015 gaben die Schweizer Haushalte im Durchschnitt rund 12 % des verfügbaren Einkommens für Lebensmit-

Abbildung 14

Nahrungsmittelverbrauch[1], 2015

Pro Person und Jahr wurden 2015 im Durchschnitt 865 kg Nahrungsmittel verbraucht. 543 kg waren pflanzlichen und 322 kg tierischen Ursprungs. Milch- und Milcherzeugnisse haben den mit Abstand grössten Anteil an den Nahrungsmittelmengen, die in der Schweiz verbraucht werden. Der durchschnittliche Pro-Kopf-Fleischkonsum variiert von Jahr zu Jahr um 1 bis 2 kg und liegt bei 50 kg pro Person; die Gesamtmenge hat sich seit 2000 kaum verändert.



[1] Entspricht den potenziell verfügbaren Nahrungsmitteln. Der effektive Verzehr liegt aufgrund von Verlusten (z. B. unverkaufte oder verdorbene Nahrungsmittel) tiefer.

Quelle: SBV – Nahrungsmittelbilanz

tel aus (BFS 2017l). Die Ernährungsgewohnheiten haben sich in der jüngeren Vergangenheit verändert, sowohl was die Zusammensetzung des Speisezettels als auch den Ort der Verpflegung betrifft.

So erlaubt das gestiegene Wohlstandsniveau den Konsum teurerer und damit oft auch überdurchschnittlich **umweltbelastender Lebensmittel** wie Fleisch- und Milchprodukte, Fisch, Kaffee, Schokolade oder exotische Früchte. Der Absatz von Konsummilch geht seit mehreren Jahrzehnten zurück, während das Niveau bei Käse, Butter, Joghurt und auch beim Fleisch seit 2000 relativ stabil ist (SBV 2017) (→ Abbildung 14). Die Herstellung **tierischer Produkte** ist im Vergleich zur Pflanzenproduktion besonders ressourcen- und energieintensiv (BLW 2015). Bereits der zurückhaltende Genuss von Fleisch («Flexitarier») kann die Umweltbelastung der Ernährung um einen Fünftel reduzieren (ESU 2015) (→ Abbildung 15). Gegenwärtig ernähren sich 5 % der Schweizer Bevölkerung fleischlos (3 % der Männer, 7 % der Frauen). Der Anteil der Vegetarier ist in der Altersgruppe der 18- bis 34-Jährigen überdurchschnittlich hoch (BLV/BAG 2017).

Nicht nur aus ökologischer, sondern auch aus gesundheitlicher Sicht ist ein massvoller Konsum von tierischen Produkten positiv zu bewerten (BLV 2017).

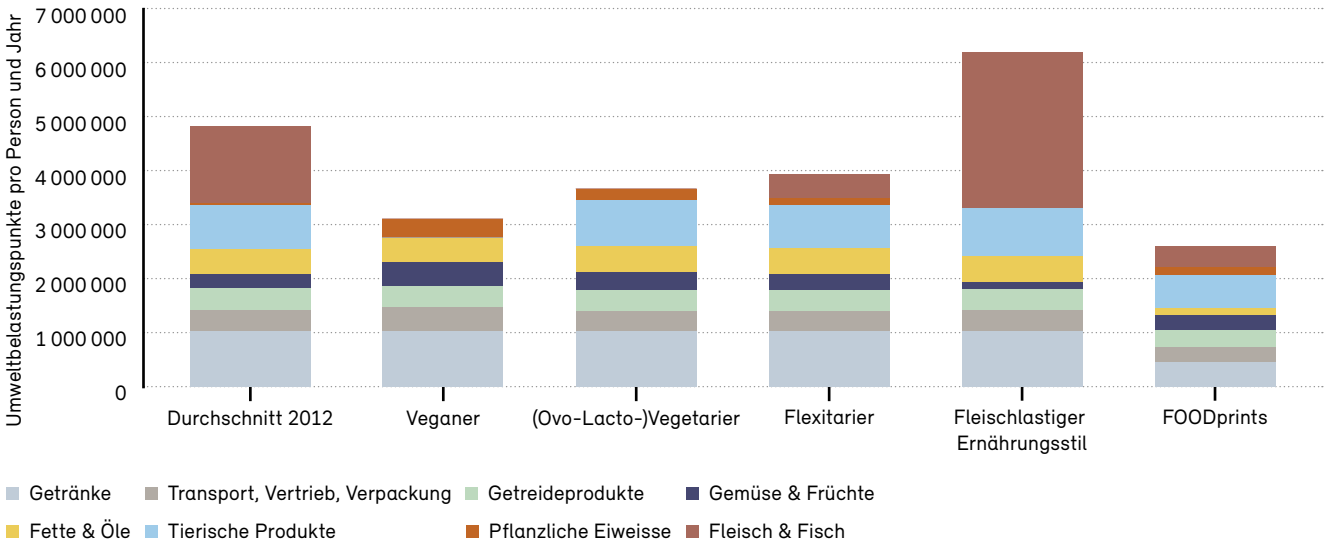
Mit der steigenden Kaufkraft hat auch die Nachfrage nach **naturnah produzierten und umweltfreundlichen Lebensmitteln** zugenommen. So hat sich der Anteil von **Bio-Produkten** an den Ausgaben für Lebensmittel und Getränke seit 2000 mehr als verdoppelt und betrug 2015 knapp 9 % (BFS 2018d). Dieser Trend wurde durch eigene Labels und Marketingmassnahmen seitens der Grossverteiler erkannt und gefördert. Sortimente, die sich durch eine nachhaltige Produktion oder die Herkunft aus der Region auszeichnen, weisen deutlich überdurchschnittliche Zuwachsraten auf (Coop 2017, Migros 2017).

Im Jahr 2015 entfielen rund 40 % der Ausgaben für die Ernährung auf die **Verpflegung ausser Haus**, davon zwei Drittel auf die Konsumation in bedienten Gaststätten. Das restliche Drittel der Auslagen für Ausser-Haus-Verpflegung verteilt sich auf Selbstbedienungsrestaurants, Takeaways, Kantinen oder Mahlzeiten bei Privaten (BFS 2017l).

Abbildung 15

Einfluss von Ernährungsstilen auf die Umwelt

Fleisch und andere tierische Produkte haben erheblichen Einfluss auf die Umweltbelastung der Ernährung. So halbiert eine vegane Ernährung ohne tierische Produkte die Umweltbelastung gegenüber einem sehr fleischlastigen Ernährungsstil (2 kg Fleisch pro Woche). Bereits ein zurückhaltender Fleischkonsum («Flexitarier» mit 300 g Fleisch pro Woche) verbessert die persönliche Umweltbilanz ähnlich stark wie eine rein vegetarische Ernährung. Mit einem aus gesundheitlicher und ökologischer Sicht optimalen Ernährungsstil («FOODprints») wäre eine noch weiter gehende Reduktion der Umweltbelastung möglich (SGE 2014).



Quelle: ESU-Services

Da Wohnen, Arbeiten und Freizeit räumlich oft weit auseinanderliegen, finden zeitsparende Lösungen für die Verpflegung breiten Anklang. **Einwegverpackungen** sind ein fester Bestandteil vieler Fast-Food-Angebote. Sie tragen zur Zunahme der Kehrichtmenge bei und verschärfen im öffentlichen Raum die Problematik des Litterings.

Auch der Umgang mit den Lebensmitteln selbst wird deren Bedeutung als wertvolle Ressource oft nicht gerecht: Rund ein Drittel der landwirtschaftlichen Produktion geht in der Schweiz «zwischen Acker und Teller» verloren. Damit fällt hierzulande ähnlich viel **Food Waste** an wie im weltweiten Durchschnitt (BLW/BAFU/BLV/DEZA 2015) (→ Abfall und Rohstoffe).

Auswirkungen der Ernährung auf Luft, Wasser, Klima, Boden, Biodiversität, Landschaft, Biosicherheit sowie Abfall und Rohstoffe

- **Luft, Wasser:** Die Ammoniakemissionen und die Stickstoffeinträge, welche die Landwirtschaft verursacht, liegen weiterhin über der Tragfähigkeit der Ökosysteme. Sie sind zwar zwischen 1990 und 2000 zurückgegangen, haben seitdem jedoch nur unwesentlich abgenommen und belaufen sich heute immer noch auf einem hohen Niveau. Verschiedene Seen weisen wegen landwirtschaftlicher Tätigkeiten einen zu hohen Phosphorgehalt und dadurch zu wenig Sauerstoff auf. Pflanzenschutzmittel in zu hohen Konzentrationen finden sich in vielen kleineren und mittleren Oberflächengewässern, insbesondere in Gebieten mit viel Ackerbau und Spezialkulturen (→ Herausforderung Stickstoff, → Luft, → Wasser).

- **Klima:** Die Produktion von Nahrungsmitteln und die durch die Ernährung weltweit verursachten Landnutzungsänderungen tragen zur Anreicherung von Treibhausgasen wie CO_2, Methan und Lachgas in der Atmosphäre bei. Zusätzlich ins Gewicht fallen die Treibhausgasemissionen aus der Weiterverarbeitung, Lagerung (Kühlung) und aus dem Transport der Lebensmittel (→ Klima).

- **Boden:** Schwermetalle aus Pflanzenschutzmitteln oder Hofdüngern belasten einzelne Standorte und stellen so ein Risiko dar für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und die menschliche Gesundheit (→ Boden).

- **Biodiversität:** Das Flächenziel für Biodiversitätsförderflächen im Landwirtschaftsgebiet wird gesamtschweizerisch erfüllt. Regional bestehen teilweise aber noch deutliche Defizite, und die Qualität und Vernetzung dieser Flächen ist nicht ausreichend, um den Biodiversitätsverlust zu stoppen (→ Biodiversität).

- **Landschaft:** Die Landwirtschaft leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung und Pflege der Landschaft. Die Landschaftsqualität leidet jedoch unter einem Verlust an Strukturelementen wie Sträuchern oder Hecken in den landwirtschaftlichen Nutzflächen. Beeinträchtigt wird das Landschaftserlebnis auch durch die Umwandlung von Landwirtschaftsland in Siedlungsflächen und die mit der Nutzungsaufgabe verbundene Ausdehnung des Waldes (→ Wald, → Landschaft).

- **Biosicherheit:** Für den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen in der Landwirtschaft besteht bis 2021 ein Moratorium. Welche Rolle gentechnisch veränderten Organismen (GVO) in der inländischen Nahrungsmittelproduktion in Zukunft zukommen soll, ist für die Zeit nach Ablauf des Moratoriums neu zu regeln (→ Biosicherheit).

- **Abfall und Rohstoffe:** In der Schweiz fallen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, vom Feld bis auf den Teller, jedes Jahr rund 2,5 Millionen Tonnen Lebensmittelabfälle an. Ein grosser Teil der Lebensmittelabfälle gilt als vermeidbar. Zudem tragen die zeitsparenden Lösungen bei der Verpflegung (z. B. Fertiggerichte) und die Einwegverpackungen der Fast-Food-Angebote zur Zunahme der Kehrichtmenge bei und verschärfen die Littering-Problematik (→ Abfall und Rohstoffe).

Innovationen

Brückenschlag zwischen Produktion und Konsum – Die globalisierte Agrarwirtschaft hat das Ernährungssystem komplexer und anonymer gemacht. Im Gegenzug ist das Bedürfnis nach naturnaher Produktion, Transparenz und Rückverfolgbarkeit gewachsen. Eine Antwort darauf sind die zahlreichen **Hofläden,** in denen Bäuerinnen und Bauern ihre Produkte direkt vermarkten und die einen Einblick in deren Betrieb ermöglichen. Einen ähnlichen Weg der Annäherung zwischen Konsumentinnen bzw. Konsumenten und Produzentinnen bzw. Produzenten geht die **Vertragslandwirtschaft,** bei der sich die Kundschaft zur regelmässigen Abnahme einer Auswahl saisonaler Erzeugnisse verpflichtet und zum Teil an einzelnen Tagen auf dem Hof selber Hand anlegt. Damit wächst auch das Verständnis für die Herausforderungen einer naturnahen Produktionsweise. Neue Möglichkeiten des direkten Zusammenspiels von Angebot und Nachfrage eröffnen zudem innovative Web-Anwendungen (→ www.openolitor.org; www.kuhteilen.ch).

Unkrautbekämpfung per Roboter – Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in Gewässern sind eine der grossen Herausforderungen für die Schweizer Landwirtschaft. Abhilfe schaffen kann der Einsatz von Pflanzenschutzrobotern, die in der Lage sind, Unkräuter zu erkennen und gezielt mit Herbizid zu besprühen. Der Verbrauch von Spritzmitteln liesse sich auf diese Weise drastisch senken. Die Entwicklung eines solchen Geräts gelang einer Westschweizer Firma. Ihr Roboter arbeitet autonom – die Überwachung erfolgt von einer Smartphone-App aus. Das Gerät wiegt nur gerade 130 kg, was auch hinsichtlich Bodenverdichtung Vorteile bietet gegenüber konventionellen Methoden der Unkrautbekämpfung. Auf dem Feld orientiert es sich mithilfe von GPS, Kamera und Sensoren, seinen Energiebedarf deckt es aus integrierten Solarzellen (→ www.ecorobotix.com).

Wohnen

Wohnen, Arbeiten und Freizeitaktivitäten beanspruchen Siedlungsflächen. Diese dehnen sich kontinuierlich aus und haben Auswirkungen auf die Umwelt. Die Bautätigkeit und die Siedlungsstruktur haben Auswirkungen auf die Mobilität und auf den Rohstoffbedarf. Letzterer gewinnt immer mehr an Bedeutung gegenüber der Gebäudenutzung, deren Ökobilanz sich dank neuer und angepasster Standards laufend verbessert. Die Nachfrage nach Raum für Wohnen und Arbeiten orientiert sich unter anderem an Formen des Zusammenlebens, Lebensstilen und sich wandelnden Idealvorstellungen.

Wohnen ist ein elementares menschliches Bedürfnis. Im Siedlungsraum wird jedoch nicht nur gewohnt, vielmehr umfasst er das ganze Spektrum von Lebensfunktionen wie Arbeiten, Mobilität, Produktion und Gewerbe, Konsum, Freizeit und kulturelle Aktivitäten. Siedlungsgebiete sind Teile der Landschaft. Infrastrukturnetze sorgen für die Mobilität und den Austausch zwischen den Siedlungen und mit dem sie umgebenden Umland. Erholungsgebiete befinden sich in der näheren Umgebung, und vermehrt integrieren ökologisch aufgewertete Freiräume die Natur ins Siedlungsgebiet. Bei der Siedlungsentwicklung gilt es, den Boden und Rohstoffe haushälterisch zu nutzen, das Wachstum konsequent nach innen zu lenken und die Instrumente für nachhaltiges Bauen zu stärken (Bundesrat 2016a).

Fläche, Siedlungsstruktur und Rohstoffverbrauch

In der Schweiz stehen schätzungsweise 2,5 Millionen Gebäude, davon rund 1,7 Millionen mit Wohnnutzung (Staub und Rütter 2014, BFS 2017m). Zu den Tätigkeiten der Schweizer **Immobilienwirtschaft** zählen deren Erschliessung, Erstellung, Bewirtschaftung, Sanierung und schliesslich auch deren Rückbau. Die Immobilienwirtschaft stellt schweizweit eine Geschossfläche von 940 Millionen m^2 bereit für das Wohnen oder Arbeiten und erwirtschaftet insgesamt 18 % des schweizerischen Bruttoinlandprodukts (BIP) (Staub und Rütter 2014).

Die Beanspruchung von **Flächen für Bautätigkeiten** ist gemäss Raumplanungsgesetz (RPG)[1] so zu lenken, dass Landschaften, wertvolles Kulturland und natürliche Lebensräume geschont werden. Die künftige Siedlungsentwicklung soll in erster Linie in den bestehenden Bauzonen erfolgen. Kantone und Gemeinden steuern die Entwicklung des Siedlungsgebiets durch Richt- und Nutzungspläne. Allerdings lag 2009 gut ein Fünftel des Gebäudeareals ausserhalb der Bauzonen, und die Siedlungsflächen ausserhalb der Bauzonen waren gegenüber 1997 um fast 9 % gewachsen (ARE 2016a). Diese Zunahme ist fast so hoch wie die Entwicklung innerhalb der Bauzonen, wo die Siedlungsflächen um fast 10 % gewachsen sind.

Die **Struktur des Siedlungsraums** mit seiner baulichen und ökologischen Qualität (Landschaft, Biodiversität, Ruhe usw.) und die räumliche Nähe von Wohnen, Arbeiten, Gewerbe, Einkaufen und Freizeit innerhalb multifunktionaler Zentren ist ein weiterer wichtiger Aspekt der nachhaltigen Siedlungsentwicklung. Kompakte Siedlungskerne, in denen alle wesentlichen Alltagsbedürfnisse befriedigt werden können, verkürzen die Wege und tragen damit zur Reduktion des motorisierten Verkehrs bei (→ Mobilität), steigern die Lebensqualität und erhöhen die Standortattraktivität. Zusammen mit Richtplänen sind die Nutzungspläne unentbehrliche Instrumente, um eine qualitätsvolle Innenentwicklung sowie ausreichend dimensionierte Erholungs- und Freiräume zu gewährleisten. Sie erlauben auch eine bessere Abstimmung von Siedlungen und Verkehrssystemen und können die immer noch stark voranschreitende Zersiedelung bremsen (BAFU/WSL 2017) (→ Abbildung 16).

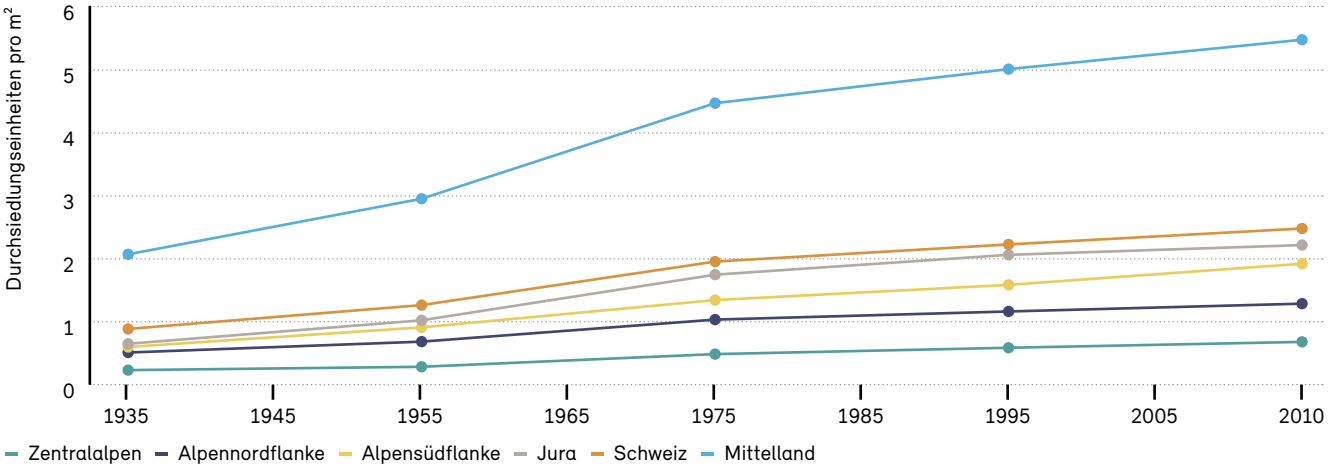
Schliesslich prägt auch der **Energie- und Rohstoffverbrauch** des Gebäudeparks die Umweltbilanz des Siedlungsraums. Seit 2016 steht in Brütten im Kanton Zürich das weltweit erste Haus, das seinen Energiebedarf ohne Netzanschluss vollständig aus Solarenergie deckt. Die Ökobilanz dieses Gebäudes ist daher allein durch die beim Erstellen eingesetzten Rohstoffe und die dabei konsumierte «graue Energie» bestimmt. Der Anteil der Gebäude mit einem hohen **Energiestandard** nimmt dank guter Wärmedämmung und effizienter Heizungen, die

1 Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG), SR 700.

Abbildung 16

Landschaftszersiedelung in der Schweiz und in den fünf biogeografischen Regionen 1935–2010

Die Zersiedelung der Landschaft entsteht, wenn Ortschaften ungeregelt in den unbebauten Raum hineinwachsen. Gemessen wird sie in Durchsiedlungseinheiten pro m². Dieses Mass berücksichtigt die Streuung der Siedlungsflächen, die Siedlungsfläche (urbane Durchdringung) und die Einwohner- und Arbeitsplatzdichte. In absoluten Zahlen ist die Zersiedelung im Mittelland mit Abstand am stärksten.

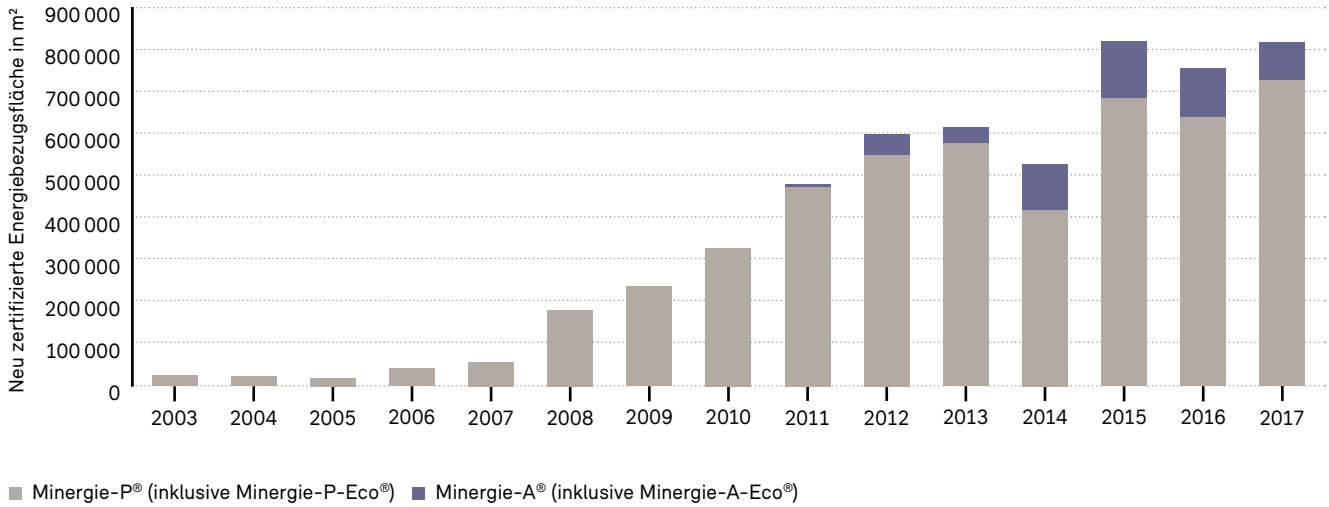


Quelle: BAFU/WSL – LABES

Abbildung 17

Gebäude mit Minergie-Standard®

Der Energieverbrauch in Gebäuden (Privathaushalte sowie Dienstleistungs- und Industriegebäude) verursacht in der Schweiz rund ein Viertel der gesamten Treibhausgasemissionen. Energieeffizientes Bauen reduziert den Energieverbrauch – und damit den Ausstoss von Treibhausgasen – ohne Komfortverlust.



Quelle: Minergie®

zudem erneuerbare Energieträger verwenden, stetig zu (→ Abbildung 17). Damit sinkt der Energieverbrauch während des Betriebs, und die graue Energie gewinnt bei einer Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes relativ gesehen immer mehr an Bedeutung. Mit dem Standard nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) und dem zugehörigen, 2016 lancierten Label werden beispielsweise Gebäude in ihrem gesamten sozia-

len, wirtschaftlichen und ökologischen Umfeld betrachtet. Neben dem Energieverbrauch werden dabei auch die Bedürfnisse des Langsamverkehrs, die Naturgefahrensituation, die Ansprüche von Flora und Fauna oder die bauliche Verdichtung berücksichtigt.

Nachfrage in Abhängigkeit von Lebensstilen und Demografie

Die Nachfrage nach Wohnraum und anderen Nutzungen des Siedlungsraums ist von der **demografischen Entwicklung** abhängig. Die ständige Wohnbevölkerung der Schweiz hat zwischen 2000 und 2016 von 7,2 auf 8,4 Millionen zugenommen und ist damit um 17 % gewachsen (BFS 2017n). Der Anteil der Über-64-Jährigen hat im gleichen Zeitraum um 37 % zugenommen. Der Anteil der jüngeren Zuwanderer kann den Anteil der Über-64-Jährigen nicht ausgleichen. Die Verteilung der Bevölkerung ist räumlich stark konzentriert: Drei von vier Personen wohnen in Städten oder Agglomerationen (BFS 2017o), wo u. a. das Wachstum der Siedlungsflächen pro Person und Arbeitsplatz gestoppt werden konnte (→ Herausforderungen und Chancen von Agglomerationen). Über einen längeren Zeitraum betrachtet, ist der Anteil der Einpersonenhaushalte in der Schweiz stetig gestiegen: Lebten 1970 knapp 7 % der Wohnbevölkerung in Einpersonenhaushalten, waren es 2016 rund 16 %. Dieser Anteil ist seit 2000 stabil geblieben. Einpersonenhaushalte machten 2016 rund einen Drittel aller Haushalte aus (BFS 2018e).

Der Wohnungsmarkt wird neben dem **Preis** von zahlreichen weiteren Faktoren gesteuert, so etwa von der **Erreichbarkeit** für das Arbeiten, Einkaufen und die Erholung oder von **Wunschvorstellungen bezüglich Eigentum, Landschaft oder Grösse** (WSL 2014). In der Schweiz waren im Jahr 2016 57 % aller Wohngebäude Einfamilienhäuser (BFS 2017m) (→ Abbildung 18). Betrachtet man nur die seit 2000 erstellten Neubauten, beträgt der Anteil der Einfamilienhäuser sogar 68 % (BFS 2017p). Durch das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum sowie steigende Ansprüche an den Wohnraum nimmt die Gebäudefläche in der Schweiz stetig zu. Die durchschnittliche Wohnfläche pro Person hat von 39 m^2 im Jahr 1990 auf 44 m^2 im Jahr 2000 stark zugenommen[1]; bis 2015 war das Wachstum auf durchschnittliche 45 m^2 pro Person dagegen nur noch marginal (BFS 2017q). Durch die gewachsenen Flächenansprüche geht ein Teil der Effizienzgewinne beim Energieverbrauch und bei der verdichteten Bauweise wieder verloren. Eine 2014 durchgeführte Befragung zeigt allerdings, dass knapp 10 % der befragten Haushalte ihre Wohnung als zu gross empfinden, während weniger als 8 % angeben, in einer zu kleinen Wohnung zu leben (BWO/HSLU 2016).

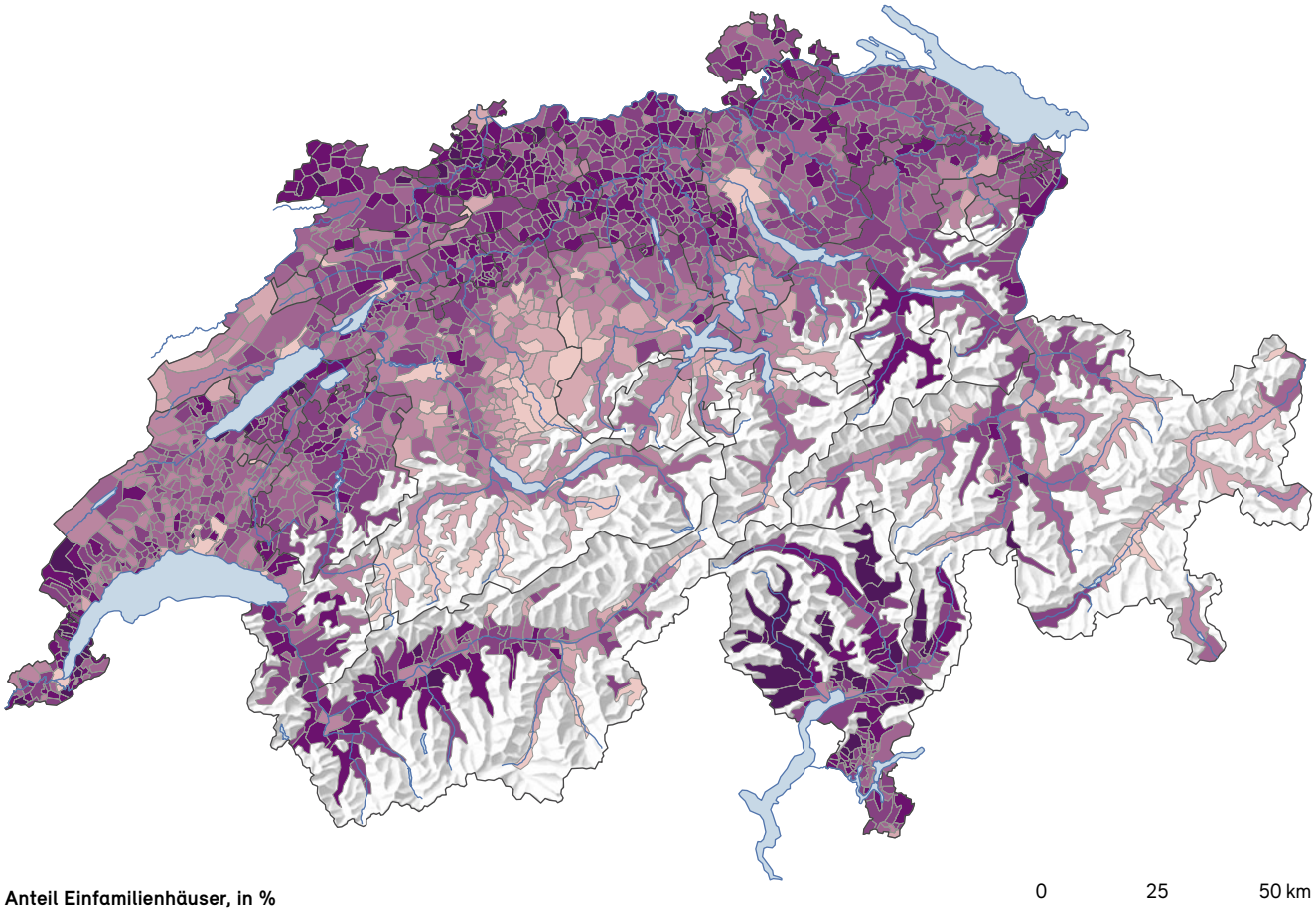
Die Wohnungsnachfrage verändert sich auch in Abhängigkeit von **Lebensformen und Lebensabschnitten** wie Ausbildung, Berufstätigkeit, Familie oder Alter. Dementsprechend verändert sich die Nachfrage nach Studios, Raum für Wohngemeinschaften oder Gemeinschaftssiedlungen. In der Schweiz verfügen 28 % der Einwohnerinnen und Einwohner über mehr als einen Wohnsitz und praktizieren damit sogenannt **multilokales Wohnen.** Am häufigsten wird der zweite Wohnsitz für die Freizeit genutzt, an zweiter Stelle für das Zusammenleben mit einer Partnerin oder einem Partner sowie für Aufenthalte im Zusammenhang mit Arbeit und Ausbildung (Schad et al. 2015). Das multilokale Wohnen kann als Antwort verstanden werden auf die zunehmend geforderte Flexibilität in der Arbeitswelt, die Diversifizierung von Formen des Zusammen- und Familienlebens, länger dauernde Ausbildungen und Freizeittrends.

1 Die Zahlen für 1990 und 2000 wurden nach einer anderen Methodik erhoben und können nur bedingt mit den Jahren danach verglichen werden.

Abbildung 18

Anteil Einfamilienhäuser am gesamten Gebäudebestand, 2016

2016 machen Einfamilienhäuser 57 % aller Gebäude mit Wohnnutzung aus. Der Trend zum Einfamilienhaus hält an: 68 % aller seit 2000 erstellten Gebäude mit Wohnnutzung sind Einfamilienhäuser. Insgesamt wohnen weniger als ein Drittel aller Personen in einem Einfamilienhaus (28 %), und je mehr man sich einer Kernstadt nähert, desto geringer ist ihr Anteil (BFS 2017r, 2017s).



Anteil Einfamilienhäuser, in %

■ ≥ 80,0 ■ 70,0–79,9 ■ 60,0–69,9 ■ 50,0–59,9 ■ 40,0–49,9 ■ 30,0–39,9 ■ < 30,0

Schweiz: 57,2

0 25 50 km

Raumgliederung:
Politische Gemeinden

Quelle: BFS – Statistischer Altlas der Schweiz





Auswirkungen des Wohnens auf Boden, Landschaft, Biodiversität, Wasser, Klima, Ruhe sowie Abfall und Rohstoffe

- **Boden:** Die Siedlungsfläche der Schweiz wuchs in den zwölf Jahren zwischen 1997 und 2009 um 9 % oder rund 0,7 m² pro Sekunde – grösstenteils auf Kosten des Kulturlands. Fast 60 % der Siedlungsfläche der Schweiz werden von Gebäudearealen inkl. Industriearealen beansprucht (darunter auch Grünflächen und Gärten), ein knappes Drittel von Verkehrsinfrastrukturen. Etwas mehr als 60 % der Siedlungsflächen sind versiegelt (→ Boden).

- **Landschaft:** Das Wachstum der Siedlungsfläche ist mitverantwortlich für die steigende Zersiedelung der Landschaft, gemeinsam mit einer weiten Streuung und einer schlechten Ausnützung der Siedlungen für Wohn- und Arbeitszwecke (→ Landschaft).

- **Biodiversität:** Die Lebensräume von Tieren und Pflanzen werden durch das Überbauen verändert und zerschnitten oder sogar zerstört (→ Biodiversität).

- **Wasser:** Im Siedlungsgebiet sind rund 80 % der Fliessgewässer ökomorphologisch in einem schlechten Zustand, während dieser Anteil bezogen auf die Gesamtgewässerlänge der Schweiz nur gut 20 % ausmacht. Der Unterhalt von Gärten und Grünflächen mit Pflanzenschutzmitteln trägt zur Verschlechterung der Wasserqualität insbesondere von Kleingewässern bei (→ Wasser).

- **Klima:** Der Gebäudesektor ist für ein gutes Viertel der Klimagase verantwortlich, die in der Schweiz ausgestossen werden. Zwischen 2000 und 2015 sind die Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor um rund ein Fünftel zurückgegangen (→ Klima).

- **Ruhe:** Gemäss Modellrechnungen ist jede siebte Person schädlichem oder lästigem Verkehrslärm am Wohnort ausgesetzt. Ein hoher Lärmpegel mindert die Attraktivität von Siedlungsgebieten, und wer es sich leisten kann, zieht aus besonders lärmigen Gegenden weg. Das Umziehen in ruhigere Wohngebiete führt dort wiederum zu einer zunehmenden Lärmbelastung, weil dadurch das Mobilitätsbedürfnis der Bevölkerung zunimmt. Mit den Verkehrsströmen entstehen zusätzliche Lärmprobleme in vormals ruhigen Gebieten, und akustisch wertvolle Erholungszonen werden zusätzlich tangiert (→ Ruhe).

- **Abfall und Rohstoffe:** Rund 60 bis 70 Millionen Tonnen verschiedenster Materialien (hauptsächlich Beton, gefolgt von Kies und Sand) fliessen jährlich in das Bauwerk Schweiz (Hoch- und Tiefbau). Die Bautätigkeit generiert den grössten Anteil des Abfallaufkommens in der Schweiz (84 %), bestehend aus 57 Millionen Tonnen Aushub- und Ausbruchmaterial sowie 16,8 Millionen Tonnen Rückbaumaterial. Rund 70 % der jährlich anfallenden Rückbaumaterialien werden wieder als Sekundärrohstoffe in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt. Aus Gesamtumweltbelastungssicht verursacht die Energieversorgung des Bauwerks Schweiz (zum Heizen, Kühlen, Lüften, Beleuchten usw.) aktuell noch die grösseren Umweltauswirkungen (56 %), als der Einsatz von Baumaterialien (44 %) (→ Abfall und Rohstoffe).

Innovationen

Vom Home Office zum Co-working Space – Die Digitalisierung befreit immer mehr Tätigkeiten von der Bindung an einen festen Arbeitsplatz. Das Drittel aller Erwerbstätigen, die nicht ohnehin Heimarbeit verrichten (z. B. als Selbstständigerwerbende), legt im Schnitt pro Woche 0,9 Home-Office-Tage ein (Weichbrodt et al. 2016). Jährlich werden so schätzungsweise 120 Millionen Arbeitswege vermieden. Umgekehrt wird in der eigenen Wohnung zusätzlicher Büroraum und Büroinfrastruktur beansprucht. Eine neuere Entwicklung sind sogenannte Co-working Spaces: In Grossraumbüros werden Arbeitsplätze stunden- oder tageweise an Externe vermietet, inklusive Besprechungszimmer, Pausenraum und Teilen der Büroinfrastruktur. Auch hier besteht ein Potenzial zur Reduktion von Arbeitswegen und zur effizienteren Nutzung von Büroflächen und -geräten.

Ökologisches Wohnen – 2000-Watt-Areale, wie sie von immer mehr Gemeinden ausgeschieden werden, verlangen einen nachweisbar nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen, angefangen beim Erstellen der Gebäude über deren Betrieb und Erneuerung bis zur Mobilität, die sie generieren. Die Vorgaben für den Energieverbrauch richten sich nach den Zielen des Absenkpfads der 2000-Watt-Gesellschaft für das Jahr 2050. Damit eignet sich die Anwendung des Zertifikats «2000-Watt-Areal» als konkretes Instrument zur Erreichung der Effizienzziele entsprechend der Energiestrategie 2050. 2016 waren in und um die Städte Genf, Lausanne, Bern, Basel, Luzern, Lenzburg, Zürich und Horgen 19 Siedlungsprojekte zertifiziert; fünf davon hatten bereits eine erste Prüfung der Betriebsphase durchlaufen. In zahlreichen weiteren Gemeinden wurden ähnliche Wohnbauprojekte sowie autofreie oder autoarme Siedlungen geplant oder realisiert.

Urban Mining – NEST steht für Next Evolution in Sustainable Building Technologies und ist ein modulares Gebäude der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) in Dübendorf (ZH). Betrieben wird es in Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag). Unter den verschiedenen Testumgebungen gibt es eine Einheit zum Thema Urban Mining und Recycling. Diese besteht vollständig aus Ressourcen, die wiederverwendet, wiederverwertet oder kompostiert werden können. Materialien werden somit nicht verbraucht und dann entsorgt. Vielmehr entlehnt NEST sie sich lediglich für eine bestimmte Zeit aus einem technischen oder natürlichen Kreislauf und gibt sie später auch wieder in diese Kreisläufe zurück. Die Stadt wird so zu einer «Mine» für Baumaterialien (→ www.empa.ch/web/nest).

Mobilität

Der Fahrzeugpark auf Schweizer Strassen wächst, und die Fahrleistungen nehmen sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr weiter zu. Beim Personentransport ist der Freizeitverkehr mit fast der Hälfte aller im Inland zurückgelegten Distanzen für den grössten Teil der Nachfrage an Verkehrsleistungen verantwortlich, und die Flugreisen ins Ausland sind seit 2010 stark gestiegen. Lebensstile, neue Geschäftsmodelle und die technologische Entwicklung verändern die Mobilität laufend.

Agglomerationen, städtische und ländliche Räume sowie Berggebiete benötigen für ihre spezifischen Entwicklungsmöglichkeiten Zugang zu sicheren, bezahlbaren und nachhaltigen Verkehrssystemen (Bundesrat 2016a) (→ Herausforderungen und Chancen von Agglomerationen). Für die Einzelne oder den Einzelnen gehört Mobilität zu den menschlichen Grundbedürfnissen. Die daraus entstehende Nachfrage nach Mobilitätsleistungen hängt jedoch auch vom Angebot ab. Des Weiteren wird das Mobilitätssystem durch Politikinstrumente beeinflusst, die zum Ziel haben, die zahlreichen negativen Umweltauswirkungen des Verkehrs zu reduzieren.

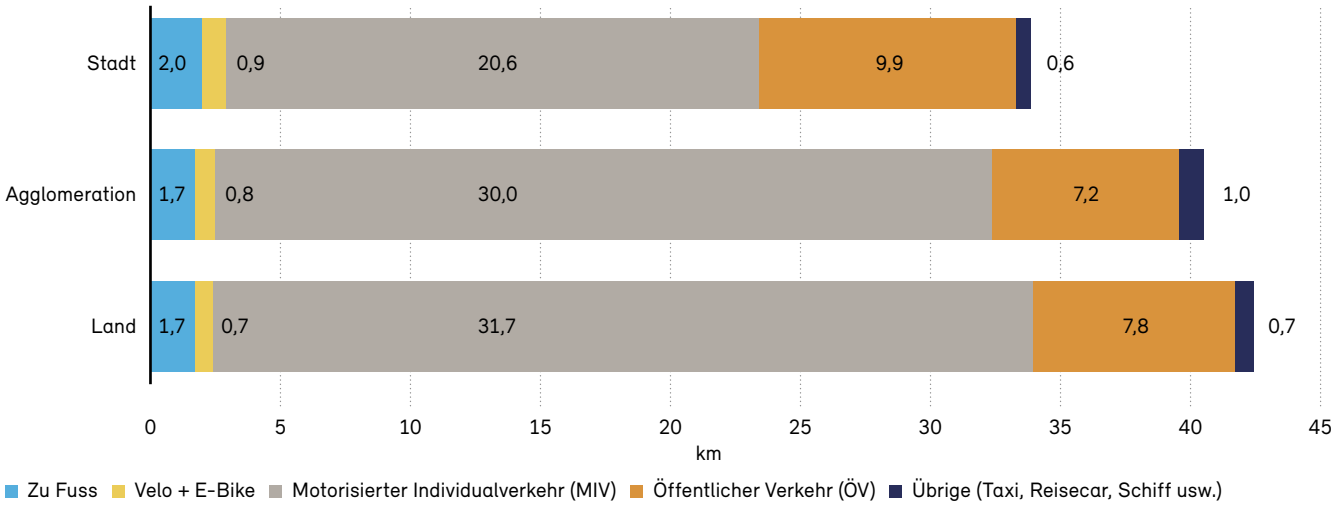
Verkehrsinfrastruktur, Siedlungsstruktur und Fahrzeugpark

Die vorhandenen **Verkehrsinfrastrukturen** sind eine zentrale Grösse für das Mobilitätsverhalten der Schweizer Bevölkerung. Das Schweizer Strassennetz hatte 2016 eine Gesamtlänge von 71 540 km. Seit 2000 ist es damit um 408 km gewachsen (BFS 2017t). Das Bahnnetz war 2015 exakt 5196 km lang, 164 km länger als 2000. Auf den drei Landesflughäfen Zürich, Genf und Basel starteten und landeten 2016 insgesamt 452 788 Linien- und Chartermaschinen. Die Flugbewegungen sind damit seit 2000 um 11 % gesunken (BFS 2017u) – anders als die Passagierzahlen und die zurückgelegten Flugdistanzen. Die Ausstattung der Verkehrsinfrastruktur – beispielsweise mit lärmarmen Strassenbelägen – kann helfen, Umweltbelastungen zu reduzieren. Wenn extreme Spitzen vermieden und die bestehenden Kapazitäten dadurch optimaler ausgelastet werden, kann sich der Bau zusätzlicher Verkehrsinfrastrukturen erübrigen. Wo ein Ausbau dennoch unumgänglich ist, sorgt die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) für das Einhalten der gesetzlichen Umweltvorgaben.

Abbildung 19

Tagesdistanzen nach Urbanisierungsgrad

Je nach Grad der Verstädterung variieren die täglich von einer Person zurückgelegten Distanzen, und die verschiedenen Verkehrsmittel werden unterschiedlich stark genutzt. Am kürzesten sind die Tagesdistanzen in den Städten, am längsten auf dem Land. Während die Bewohnerinnen und Bewohner in den Städten nur 60 % der Distanzen mit dem motorisierten Individualverkehr (MIV) bewältigen, beträgt dessen Anteil in den Agglomerationen und auf dem Land 74 %. Umgekehrt legen die Städterinnen und Städter 29 % der Distanzen mit dem öffentlichen Verkehr (ÖV) zurück, während dieser in der Agglomeration und auf dem Land weniger als 20 % ausmacht.



Quelle: BFS/ARE – Mikrozensus Verkehr und Mobilität 2015

Die **Siedlungsstruktur** hat entscheidenden Einfluss auf die Nachfrage nach Mobilität, wie am unterschiedlichen Mobilitätsverhalten in Städten, Agglomerationen und ländlichen Gemeinden abzulesen ist (→ Abbildung 19). In Gegenden mit hoher Siedlungsdichte und vielfältiger Nutzung sind die Wege zwischen Wohnen, Arbeiten, Ausbildung, Einkaufen, Freizeit und Erholung potenziell kürzer, als wenn Siedlungen und Nutzungen weit auseinanderliegen (→ Wohnen). Während kurze Wege leicht zu Fuss und mittlere Distanzen mit dem Velo zurückgelegt werden können, stehen für das Bewältigen längerer Strecken meist nur der öffentliche Verkehr (ÖV) oder der motorisierte Individualverkehr (MIV) zur Auswahl. Ein gut ausgebautes, sicheres und direktes **Netz von Fuss- und Velowegen** fördert den Langsamverkehr. Eine hohe **Fahrplandichte,** wie sie in dicht besiedelten Gebieten realisiert werden kann, trägt zur Attraktivität des ÖV bei. Grosszügig dimensionierte Strassen sowie billige **Parkplatzangebote** begünstigen dagegen den MIV. Insgesamt setzen attraktive Verkehrsverbindungen Anreize für das Pendeln anstelle eines Wohnortwechsels. In entlegenen Gegenden mit lückenhaftem ÖV-Angebot bietet oft nur das Auto die gewünschte Erschliessung. **Zeitliche Strukturen** wie der Schul- oder Arbeitsbeginn beeinflussen schliesslich die Verteilung von Verkehrsspitzen.

Der **Fahrzeugpark** ist ein weiterer, für die Umweltauswirkungen des Mobilitätssystems entscheidender Faktor. Im **Personenverkehr** waren 2017 in der Schweiz rund 4,57 Millionen Personenwagen, 730 000 Motorräder und 190 000 Motorfahrräder immatrikuliert (inklusive «schnelle» E-Bikes mit Motorfahrrad-Kontrollschild). Die Personenwagen haben seit 2000 um 29 % zugenommen, die Motorräder um 48 %, wogegen der Bestand der Motorfahrräder um 16 % zurückgegangen ist (BFS 2018f). In der Schweiz wurden 2017 gut 16 500 schnelle E-Bikes (bis 45 km/h) und 71 000 langsamere E-Bikes (bis 25 km/h) verkauft. Die Verkaufszahlen von E-Bikes sind zwischen 2011 und 2017 jährlich um durchschnittlich 10 % gewachsen. Demgegenüber ging der Verkauf von Velos leicht zurück und lag 2017 bei rund 250 000 Stück (velosuisse 2018). Die Umweltbelastung der verschiedenen Fahrzeuge und Fahrzeugtypen unterscheidet sich beträchtlich (→ Abbildung 20). Im **Güterverkehr** waren 2017 in der Schweiz 363 000 Lieferwagen, knapp 42 000 Lastwagen und gut 11 000 Sattelschlepper registriert. Gegenüber dem Jahr 2000 ist das eine Zunahme um 60 % bei den Lieferwagen und um 41 % bei den Sattelschleppern, während die Zahl der Lastwagen um 2 % zurückgegangen ist (BFS 2018g). Dank der kontinuierlichen Verschärfung der **Abgasgrenzwerte** für neu zugelassene Motorfahrzeuge ist insbesondere der Ausstoss von Feinstaub in den letzten Jahren stark gesunken. Mit der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) werden Lastwagen, die strengere Abgasnormen einhalten, weniger stark zur Kasse gebeten als stärker luftverschmutzende Fahrzeuge. Seit 2015 dürfen die neu zugelassenen Personenwagen im Durchschnitt pro km nicht mehr als 130 g CO_2 ausstossen. Ab 2020 wird der Zielwert auf 95 g CO_2 pro km gesenkt, und auch für Lieferwagen und leichte Sattelschlepper gilt ab diesem Zeitpunkt eine entsprechende Vorgabe.

Nachfrage im Personen- und Güterverkehr

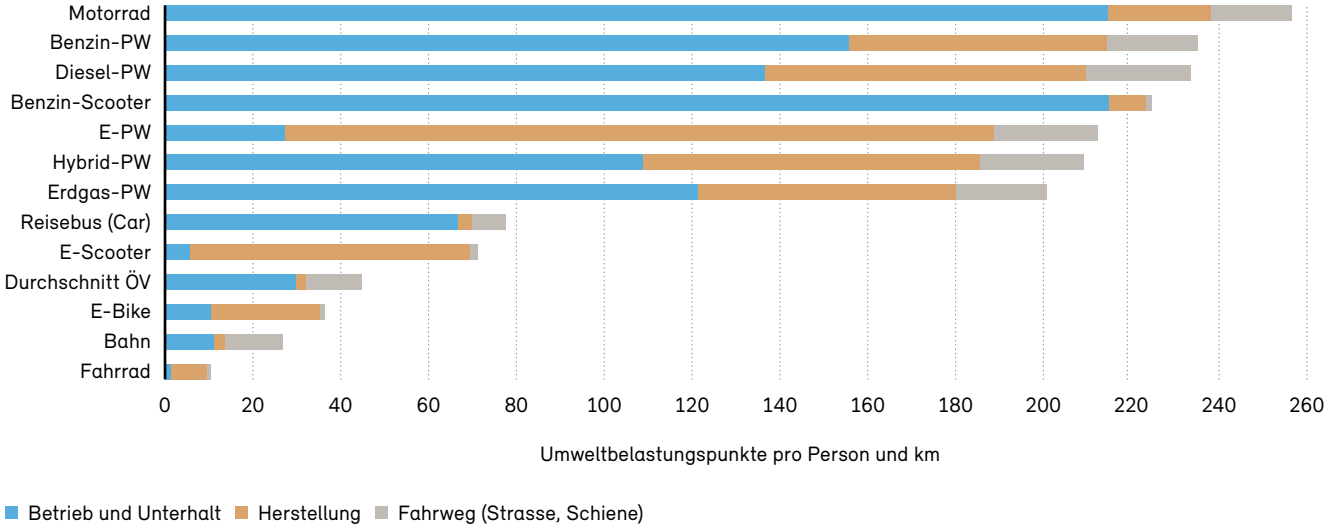
Die in der Schweiz wohnenden Personen bewältigten 2015 im Inland mit verschiedenen Verkehrsmitteln täglich eine Strecke von 36,8 km und waren dabei im Durchschnitt 82 Minuten unterwegs (ohne Warte- und Umsteigezeiten). Die zurückgelegten Strecken dienten unterschiedlichen **Mobilitätszwecken:** 44 % entfielen auf die Freizeit, 24 % auf den Arbeitsweg, 13 % auf das Einkaufen. Ausbildung, Dienstfahrten, Service und Begleitung sowie restliche Wege machten je weniger als 10 % der Distanzen aus. Gegenüber 2000 haben die **zurückgelegten Distanzen** insgesamt 5 % zugenommen, während sich die Reisezeit um 3 % reduzierte. Die Wege für Einkaufen und Ausbildung wuchsen zwischen 2000 und 2015 um über 25 %, diejenigen für Service und Begleitung um 16 %. Dagegen verkürzten sich die Wege für geschäftliche Tätigkeiten und Dienstfahrten um 8 %.[1] Im Ausland reisten die in der Schweiz wohnenden Personen 2015 weitere 11 095 km (aufs Jahr verteilt rund 30 km pro Tag). Vier Fünftel dieser Auslanddistanzen wurden dabei mit dem Flugzeug zurückgelegt. Besonders stark zugenommen haben zwischen 2010 und 2015 mit 49 % die Distanzen der mehrtägigen Reisen im Ausland sowie die im Ausland gemessene Alltagsmobilität mit einem Anstieg um 95 % (BFS/ARE 2017).

1 Der Vergleich mit 2000 ist bei den Verkehrszwecken nur bedingt möglich, da die Methode 2015 verfeinert wurde.

Abbildung 20

Umweltbelastung verschiedener Verkehrsmittel im Inland

Die Grafik vergleicht für verschiedene Verkehrsmittel die Umweltbelastung pro Person und km. Dabei wird von einem Fahrzeug ausgegangen, das dem jeweiligen Flottendurchschnitt entspricht, eine mittlere Belegung aufweist und, falls elektrisch betrieben, mit Strom aus dem schweizerischen Ökostrom-Mix geladen wird. Je nach Modell, Belegung, Strecken und anderen Faktoren kann die Umweltbelastung deutlich von den Durchschnittswerten abweichen.

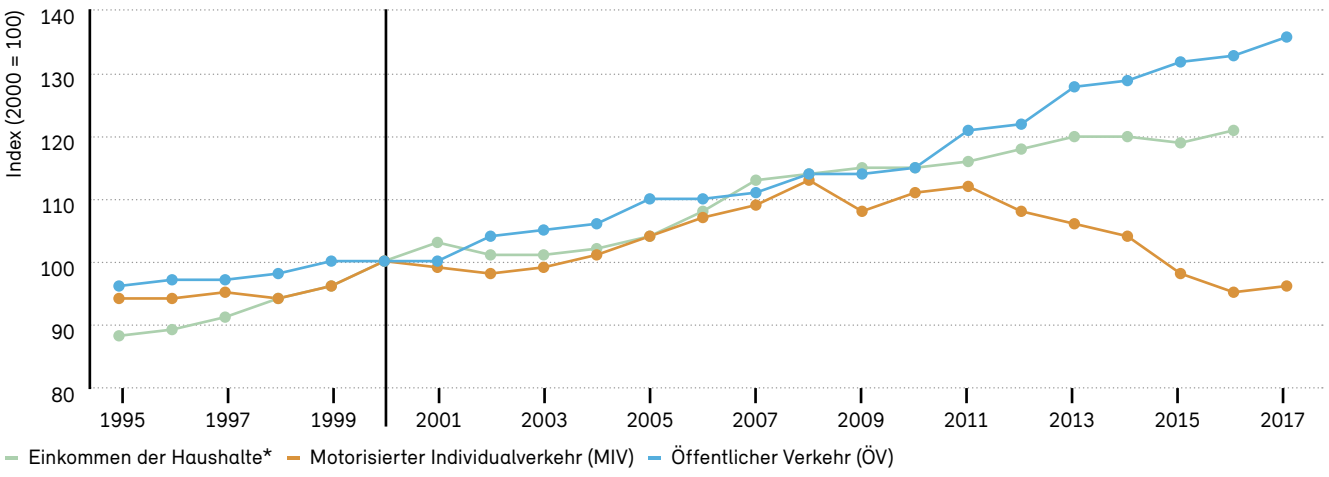


Quelle: mobitool 2.0

Abbildung 21

Entwicklung der Konsumentenpreise für ÖV und MIV im Vergleich zum Einkommen der Haushalte

Die Preise für den öffentlichen Verkehr (ÖV) sind seit 2000 stärker gestiegen als das verfügbare Einkommen. Demgegenüber haben die Preise für den motorisierten Individualverkehr (MIV) weniger stark zugenommen und sind in den letzten Jahren sogar gesunken.



* Verfügbares Nettoeinkommen der privaten Haushalte und privaten Organisationen (ohne Erwerbszweck) pro Einwohnerin bzw. Einwohner.

Quelle: BFS – LIK, VGR, ESPOP/STATPOP

In der Schweiz wurden 2016 im **Personenverkehr** auf Strasse und Schiene insgesamt 132,6 Milliarden Personenkilometer zurückgelegt. Das ist beinahe ein Drittel mehr als im Jahr 2000, womit die Steigerung stärker ist als das Wachstum der ständigen Wohnbevölkerung mit einer Zunahme von 17 % (BFS 2017b). Insgesamt entfielen 75 % der Personenkilometer auf den motorisierten Individualverkehr (MIV), 19 % auf den öffentlichen Verkehr (ÖV) und 6 % auf den Langsamverkehr. Der MIV hat seit 2000 um 25 % zugenommen, der ÖV um 56 % und der Langsamverkehr um 23 % (BFS 2017v). Zwischen 2000 und 2016 ist die Anzahl Flugpassagiere im Linien- und Charterverkehr um 50 % gestiegen (BFS 2017w). Die Nachfrage im Personenverkehr wird teilweise vom **Preis** mitbestimmt. Die Konsumentenpreise für den ÖV sind zwischen 2000 und 2017 um 36 % gestiegen, während sie beim MIV auf der Strasse um 4 % gefallen sind (BFS 2018h) (→ Abbildung 21).

Beim **Gütertransport** bewältigte die Strasse im Jahr 2016 einen Anteil von 61 % und die Schiene einen solchen von 39 % aller Transportleistungen. Diese hatten 2016 insgesamt ein Volumen von 27,8 Milliarden Tonnenkilometern – ein Plus von 18 % gegenüber 2000. Die Strasse legte zwischen 2000 und 2016 prozentual fast dreimal so stark zu wie die Bahn (BFS 2017x). Im alpenquerenden Güterverkehr hatte die Schiene 2016 einen Anteil von 71 % (BFS 2017y). Das für 2011 geltende Zwi-

Auswirkungen der Mobilität auf Ruhe, Luft, Klima, Boden, Landschaft, Biodiversität sowie Abfall und Rohstoffe

- **Ruhe:** Der Verkehr ist in der Schweiz der Hauptverursacher von Lärmbelastungen. Gemäss Modellrechnungen ist jede siebte Person schädlichem oder lästigem Strassenverkehrslärm ausgesetzt. Von übermässigem Bahnlärm sind 1–2 % der Bevölkerung betroffen, ähnlich viele sind es beim Fluglärm (→ Ruhe).

- **Luft:** Die Luftbelastung durch Stickoxide ist zu gut der Hälfte, diejenige durch Feinstaub zu rund einem Viertel auf den motorisierten Verkehr zurückzuführen. Aus Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen entsteht im Sommer Ozon als ein weiterer gesundheitsschädlicher Stoff (→ Luft).

- **Klima:** Von den gesamten 2016 in der Schweiz ausgestossenen Treibhausgasen stammen 31,7 % aus dem motorisierten Verkehr. 2000 lag der Anteil des Verkehrs noch bei 30,6 %. Im Gegensatz zu den deutlichen Reduktionen im Gebäudesektor sind die Treibhausgasemissionen des Verkehrs seit 1990 leicht gestiegen. Nicht enthalten sind in diesen Zahlen die Emissionen des internationalen Flugverkehrs (→ Klima).

- **Boden:** Strassen, Schienen und andere Verkehrsinfrastrukturen beanspruchen mit einem Anteil von 2,3 % der Landesfläche die begrenzte Ressource Boden (→ Boden).

- **Landschaft:** Die Verkehrsinfrastrukturen sind – zusammen mit dem Wohnen – eine wesentliche Ursache der Zersiedelung (→ Landschaft).

- **Biodiversität:** Der Bau von Verkehrsinfrastrukturen zerstört die direkt betroffenen Lebensräume (Versiegelung) und zerschneidet die benachbarten Biotope (→ Biodiversität).

- **Abfall und Rohstoffe:** Insgesamt beträgt die Gesamtmasse der Mobilität Schweiz ca. 11 Millionen Tonnen, wobei Stahl mit ca. 7 Millionen Tonnen deutlich dominiert. Unterscheidet man nach Fahrzeugkategorien, bilden die Personenwagen mit 7 Millionen Tonnen fast zwei Drittel der gesamten mobilen Masse. Die Gesamt-Umweltbelastung der Mobilität Schweiz wird mit rund drei Viertel durch den Energieverbrauch dominiert, der Anteil der Materialien beträgt rund ein Viertel. Unter den Materialien verursachen besonders die Metalle (zusammen 14,9 %) beträchtliche ökologische Auswirkungen. Auch die Elektronik hat trotz des geringen Massenanteils von 0,1 % einen deutlichen Anteil von 4,3 % an der Gesamtumweltbelastung (→ Abfall und Rohstoffe).

Innovationen

Mobilität als Dienstleistung – Für den Weg zwischen zwei Orten gibt es meist mehr als ein Verkehrsmittel. Neue Smartphone-Anwendungen wie der SBB Reiseplaner oder Nordwestmobil von PostAuto Schweiz vergleichen Reisezeit und Kosten verschiedener Verkehrsmittel – beispielsweise das eigene Auto gegenüber Zug plus Mietvelo – und berücksichtigen dabei auch Faktoren wie das aktuelle Parkplatzangebot. Das Mietauto oder andere Verkehrsmittel können direkt gebucht und reserviert werden. In Zukunft dürften die Angebote noch umfassender werden, wie Pilotversuche in Finnland, Schweden oder Österreich erahnen lassen. In der Schweiz werden zurzeit die Voraussetzungen für solche Mobilitätsdienstleistungen abgeklärt. Dabei geht es um einen einfacheren Zugang und Austausch von Mobilitätsdaten sowie den Zugang zum Vertrieb von ÖV-Tickets für Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen. Ein attraktiver Zugang zu Mobilität als Dienstleistung kann den Autobesitz ersetzen und dazu beitragen, die Umweltbelastungen des motorisierten Individualverkehrs (MIV) zu reduzieren.

Automatisiertes Fahren in der Warteposition – Motorfahrzeuge, bei denen das Lenken automatisiert ist und die vom Passagier kein aktives Eingreifen mehr erfordern, werden seit einigen Jahren in verschiedenen Ländern getestet, so auch in der Schweiz. Bis zur Markttauglichkeit dürfte es je nach Prognose noch 5 bis 25 Jahre dauern. Automatisierte Fahrzeuge haben das Potenzial, den Strassenverkehr sicherer und flüssiger zu machen. Sie könnten so die Auslastung der Strasseninfrastruktur steigern und im besten Fall deren weiteren Ausbau dereinst überflüssig machen. Indem die Reisezeit für andere Tätigkeiten frei wird und neue Marktsegmente erschlossen werden (Jugendliche, Senioren, Personen mit Mobilitätsbehinderungen), ist ein Wachstum des MIV möglich. Automatisierte Fahrzeuge können beim Abholen von Passagieren zusätzliche Leerfahrten generieren. Durch den Einsatz von «Sammeltaxis» könnten negative Auswirkungen auf die Umwelt allerdings auch sinken (Bundesrat 2016f).

Leichtgewichte für den schnellen Lastentransport – Lieferwagen sind eine der am schnellsten wachsenden Fahrzeugkategorien. Für Lasten bis ungefähr 200 kg sind Lastenvelos (sogenannte Cargo-Bikes) sowohl für Private als auch für Unternehmen eine umweltfreundliche Alternative auf Kurzdistanzen. Die Fahrzeuge sind in verschiedensten Varianten mit und ohne elektrische Tretunterstützung und mit zwei oder drei Rädern ab ca. 3000 Franken erhältlich. Über die Plattform www.carvelo2go.ch können eCargo-Bikes in rund 53 Schweizer Städten auch gemietet werden.

schenziel, wonach pro Jahr höchstens eine Million schwere Strassengüterfahrzeuge die Alpen queren dürfen, wurde 2016 mit fünf Jahren Verspätung erreicht. Ohne die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) und weitere flankierende Massnahmen hätten 2016 rund 650 000 schwere Güterfahrzeuge mehr die Schweizer Alpenkorridore überquert (Bundesrat 2017f).



B Umsetzung der Umweltpolitik

Umweltbereiche und Instrumente

Die Gesetzgebung kennt verschiedene Instrumente, um die Leistungen, welche die Umwelt für Gesellschaft und Wirtschaft verfügbar macht, auch künftigen Generationen in gleichem Masse zu gewährleisten bzw. bereitzustellen. Die Ausgestaltung des Instrumentenmixes ist ausschlaggebend für den Erfolg. Wirtschaft und Gesellschaft nehmen dabei eine zunehmend wichtige Rolle ein. Sie sind herausgefordert, ihren Beitrag auch mit Vereinbarungen und freiwilligen Massnahmen zu leisten.

Der Bund verordnet das Umweltrecht nicht, sondern entwickelt dieses und setzt es in einem breit angelegten Entscheidungsprozess um. Politische Parteien, Kantone, Wirtschafts- und Umweltorganisationen oder einzelne Branchen werden insbesondere bei der Erarbeitung von Verordnungen und Vollzugshilfen einbezogen. So lassen sich effiziente Lösungen finden. Dank der Zusammenarbeit mit der Wirtschaft können Umweltmassnahmen zudem frühzeitig und allenfalls auf freiwilliger Basis eingeleitet werden.

Zur Aufgabe von Bund und Kantonen gehört, die nötigen Rahmenbedingungen zu schaffen, die internationalen Verpflichtungen einzuhalten und die gesetzten Umweltziele wirkungsvoll, mit möglichst geringem Verwaltungsaufwand und zu tiefen volkswirtschaftlichen Kosten zu erreichen (→ Infobox «Volkwirtschaftliche Beurteilung von Umweltmassnahmen (VOBU)»).

Überblick über die Instrumente

Die Schweizer Umweltpolitik verfügt heute über einen breiten Instrumentenmix, der laufend diversifiziert wird (→ Abbildung 22).

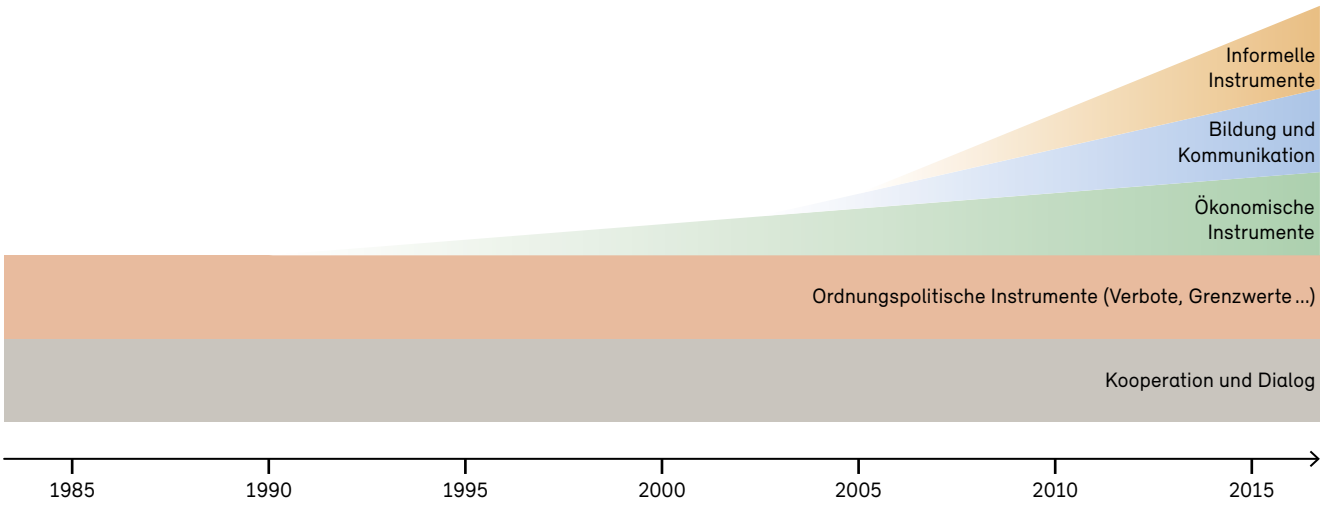
Das heutige nationalstaatliche Instrumentarium stösst bei Umweltproblemen mit einer **globalen Dimension** an seine Grenzen. Die internationalen Bemühungen zum Schutz der Umwelt (Umweltabkommen, Rahmenkonventionen, internationale Umweltstandards) sind deshalb wichtiger geworden (→ Internationale Umweltpolitik).

In vielen Umweltbereichen sind harte Regulierungen unerlässlich. Mit **ordnungspolitischen Instrumenten** wie Geboten, Grenzwerten, Bewilligungen und Kontrollen lässt sich schnell eine Wirkung erzielen. Gebote und Verbote haben in vielen Bereichen zu einer

Abbildung 22

Instrumentenmix

Die Gesetzgebung kennt verschiedene Instrumente, um die Umwelt zu schützen und die Ressourcen zu schonen. Der Instrumentenmix der Umweltpolitik hat sich seit den 1990er-Jahren diversifiziert.



Quelle: BAFU

erheblichen Verbesserung der Umweltqualität beigetragen. Beispiele dafür sind das Verbot von Phosphor in Waschmitteln oder das Verbot von ozonschichtabbauenden Stoffen (→ Chemikalien). Die Kontrollen sind mit Aufwand und Kosten verbunden. Einzelne Vollzugsaufgaben wie Kontrollen oder Überwachungen lassen sich auf Unternehmen oder Organisationen übertragen. Beispiele dafür gibt es im Bereich Abfall (Recycling) oder beim Vollzug der Luftreinhalte-Verordnung.

Ökonomische Instrumente wie Lenkungsabgaben oder Subventionen setzen auf preisliche Anreize. Lenkungsabgaben erhöhen die Kosten für die Nutzung von Umweltgütern und senken damit die Emissionen von Schadstoffen (z. B. CO_2- oder VOC-Abgabe) (→ Klima, → Luft). Diese Abgaben sind wirksame Instrumente zur Förderung umweltschonender Technologien. Subventionen und Direktzahlungen setzen auf positive finanzielle Anreize. Um zu entscheiden, in welchen Bereichen wie hohe Subventionen angemessen sind, braucht es jedoch detaillierte Informationen. Der administrative Aufwand bei der Umsetzung ist deshalb relativ hoch.

Informelle Instrumente wie Vereinbarungen oder Dialog setzen auf das freiwillige Engagement. Obwohl ihre Wirkung oft nur schwer nachweisbar ist und es keine Möglichkeiten für Sanktionen gibt, wenn Vereinbarungen nicht eingehalten werden, existieren gute Beispiele, bei welchen Freiwilligkeit funktioniert (→ Infobox «Dialog und Kooperation»). Manchmal gibt auch das Damoklesschwert einer harten Regulierung den Ausschlag zu freiwilligen Massnahmen. Die Unternehmen verpflichten sich, Umweltziele zu erreichen, um schärfere Gesetze zu verhindern.

Umweltkommunikation und Umweltbildung ergänzen und begleiten Massnahmen wie Gebote, Verbote, Subventionen und Lenkungsabgaben. Sie leisten aber auch einen eigenständigen Beitrag, um die umweltpolitischen Ziele zu erreichen, und können innovationsfördernd sein: Die Instrumente stellen Informationen zur Verfügung, vermitteln Wissen und fördern Verständnis. Zudem schaffen sie Akzeptanz durch Sensibilisierung und Transparenz und helfen Verhaltensänderungen bei Bevölkerung und Wirtschaft anzustossen.

Volkwirtschaftliche Beurteilung von Umweltmassnahmen (VOBU)

Für eine möglichst wirksame, effiziente und wirtschaftsverträglich ausgestaltete Umweltpolitik evaluiert der Bund umweltpolitische Massnahmen (z. B. Rechtsetzungsvorhaben, Massnahmenpakete und Aktionspläne) mit der Methode der volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU) (BAFU 2013a). Mithilfe eines Leitfadens werden die ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen der Umweltpolitik sowie die Effizienz der Umsetzung beurteilt. Der VOBU-Leitfaden entspricht den Vorgaben der Regulierungsfolgenabschätzung (RFA). Er deckt sich weitgehend mit der Nachhaltigkeitsbeurteilung (NHB), berücksichtigt aber vertieft die spezifischen Aspekte der Umweltpolitik.

Dialog und Kooperation

Die Umweltbelastungen der Schweiz verlagern sich zunehmend ins Ausland. Gründe dafür sind, dass Schweizer Unternehmen ihre Produktionsweise laufend optimieren, um Kosten zu sparen und Ressourcen zu schonen, und dass sich die Schweiz immer stärker zu einer Dienstleistungsgesellschaft entwickelt, während Rohstoffe sowie ressourcenintensive Produkte importiert werden (→ Herausforderung Umweltbelastung im Ausland). Um die rund dreimal zu hohe Schweizer Umweltbelastung auf ein naturverträgliches Niveau zu senken, müssen Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und öffentliche Hand eng zusammenarbeiten und gemeinsam nach Lösungen suchen. Im Dialog mit den verschiedenen Akteuren will der Bund den wirtschaftlichen Nutzen einer ressourcenschonenden Produktions- und Konsumweise identifizieren und Massnahmen formulieren, um diese Potenziale auszuschöpfen (BAFU 2016b).

Der Bund hat z. B. im Bereich **nachhaltige Finanzen** erste Kooperationen mit externen Partnern aufgebaut. Er führt zudem einen Dialog zum Ausstieg der Schweiz aus der Verwendung von **Torf.** Ein weiteres Beispiel für eine solche Zusammenarbeit ist der **Ressourcentrialog** (2014–2017), bei dem sich Akteure aus Politik, Behörden, Wirtschaft und Gesellschaft mit den künftigen Herausforderungen der Abfall- und Ressourcenwirtschaft auseinandergesetzt haben. Daraus resultierten 11 Leitsätze, die richtungsweisend für die Weiterentwicklung der Schweizer Abfall- und Ressourcenwirtschaft sind und nun umgesetzt werden müssen (Ressourcen Trialog 2017a). Eine derartige Zusammenarbeit soll auch dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz zu stärken.





Klima

Der Treibhausgasausstoss in der Schweiz hat zwischen 1990 und 2016 um 10 % abgenommen. Das Ziel, ihn bis 2020 um 20 % zu senken, bleibt eine Herausforderung. Zudem verursacht die Schweiz nicht nur im Inland Emissionen, sondern – durch den Import von Gütern – ebenso hohe im Ausland. Der Klimawandel äussert sich in der Schweiz überdurchschnittlich: Die mittlere Jahrestemperatur ist seit Messbeginn 1864 um 2 °C gestiegen, gut doppelt so stark wie im globalen Mittel.

Auftrag

Die internationale Staatengemeinschaft hat sich 2015 im Übereinkommen von Paris[1] das Ziel gesetzt, den durchschnittlichen globalen Temperaturanstieg gegenüber der vorindustriellen Zeit auf deutlich unter 2 °C zu begrenzen und eine maximale Erwärmung von 1,5 °C anzustreben. Bis in die zweite Hälfte des Jahrhunderts müssen die weltweiten Treibhausgasemissionen daher netto null betragen.

Das bedeutet, dass langfristig keine fossilen Emissionen mehr in die Atmosphäre gelangen dürfen. Dementsprechend fordert auch die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO die Staaten dazu auf, Klimaschutzmassnahmen in ihre nationalen Politiken einzubeziehen (Sustainable Development Goal, SDG 13.2) und sich gegenseitig bei den Herausforderungen zu unterstützen (UN 2015).

Mit der Ratifizierung des Übereinkommens von Paris hat sich die Schweiz verpflichtet, die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 50 % gegenüber 1990 zu senken. Neben CO_2 sind darin auch die Emissionen weiterer Treibhausgase eingeschlossen: Lachgas (N_2O), Methan (CH_4) und die synthetischen Gase HFC, PFC, SF_6 und NF_3. Ziele und Massnahmen werden im CO_2-Gesetz[2] verankert, das gegenwärtig revidiert wird.

Das geltende CO_2-Gesetz schreibt vor, dass die Treibhausgasemissionen auf Schweizer Territorium im Jahr 2020 um 20 % unter dem Niveau von 1990 liegen. Für die Sektoren Verkehr, Industrie und Gebäude sind in der CO_2-Verordnung[3] Zwischenziele für das Jahr 2015 festgelegt.

Die Schweiz ist als Alpenland besonders von den negativen Folgen des Klimawandels betroffen. Zentral ist deshalb auch, dass sich Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt an den Klimawandel anpassen. Der Bundesrat hat sich daher zum Ziel gesetzt, die Risiken des Klimawandels zu minimieren, die Chancen zu nutzen und die Anpassungsfähigkeit zu steigern (BAFU 2012b, 2014b). Dieselben Anpassungsziele verfolgt auch die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO (SDG 13.1).

Treibhausgasemissionen

Die Treibhausgasemissionen auf Schweizer Territorium sind seit 1990 um 10 % gesunken (→ Abbildung 23). Eine deutliche Reduktion gelang im Sektor **Gebäude.** 2015 wurde gegenüber 1990 eine Emissionsreduktion um 26 % erreicht (BAFU 2018b). Das Zwischenziel für das Jahr 2015 von minus 22 % wurde damit erreicht.

Auch der Sektor **Industrie** konnte mit einer Reduktion der Emissionen um 18 % gegenüber 1990 sein Zwischenziel übertreffen. Die Emissionen sind über die letzten Jahre konstant leicht gesunken. 2015 war die Reduktion deutlich ausgeprägter, weil in der Schweiz eine Raffinerie ausser Betrieb genommen wurde.

Der **Verkehr** war 2015 mit einem Anteil von über 32 % an den Gesamtemissionen der grösste Verursacher von Treibhausgasemissionen in der Schweiz. In diesem Sektor gelang es nicht, das Zwischenziel zu erreichen und den Treibhausgasausstoss wieder auf den Stand von 1990 zu senken: 2015 lagen die Emissionen 4 % über diesem Niveau. Seit 2008 zeigen die Emissionen einen leichten Abwärtstrend, mit einer stärkeren Reduktion im Jahr 2015. Diese ist darauf zurückzuführen, dass der Tanktourismus in der Schweiz aufgrund des starken Frankens abgenommen hat.

1 Für die Schweiz am 5. November 2017 in Kraft getreten, SR 0.814.012.

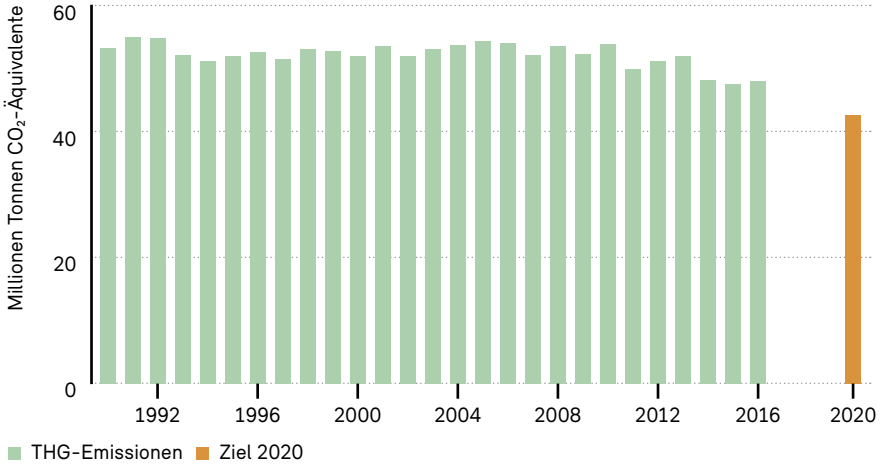
2 Bundesgesetz vom 23. Dezember 2011 über die Reduktion der CO_2-Emissionen (CO_2-Gesetz), SR 641.71.

3 Verordnung vom 30. November 2012 über die Reduktion der CO_2-Emissionen (CO_2-Verordnung), SR 641.711.

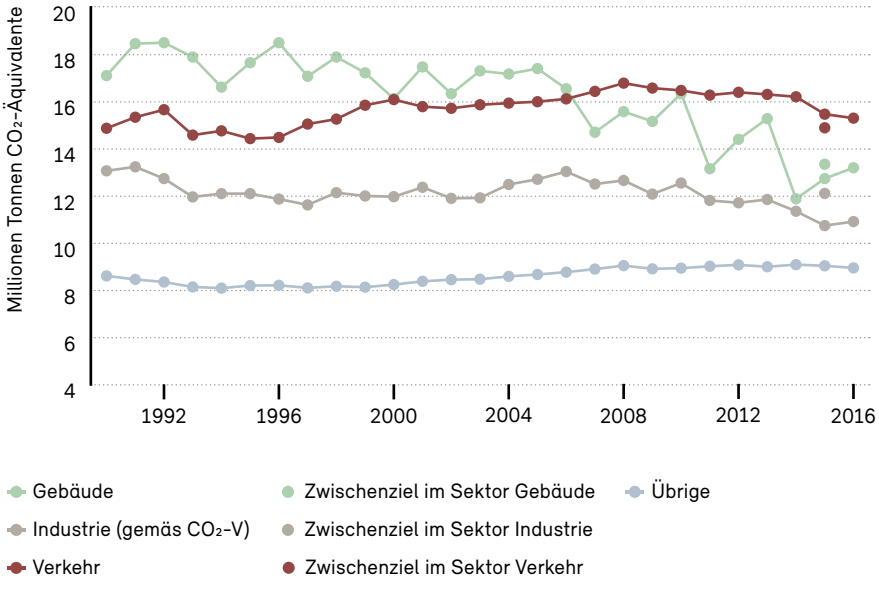
Abbildung 23

Treibhausgasemissionen

Das CO_2-Gesetz verlangt bis 2020 eine Reduktion der Treibhausgase (CO_2, Lachgas, Methan und die synthetischen Gase HFC, PFC, SF_6 und NF_3) von 20 % gegenüber dem Stand von 1990, was 10,7 Millionen Tonnen CO_2-Äquivalenten entspricht. Um zu überprüfen, ob sich die verschiedenen Sektoren auf Zielkurs befinden, wurden zusätzlich sektorielle Zwischenziele für 2015 festgelegt. Im Sektor Gebäude war das Ziel, die Emissionen gegenüber 1990 um 22 % zu senken und im Sektor Industrie um 7 %. Im Sektor Verkehr sollten die Emissionen wieder auf das Niveau von 1990 reduziert werden.



Quelle: BAFU – THG-Inventar



Quelle: BAFU – THG-Inventar

Zustand:

Entwicklung:

Die inländischen Treibhausgasemissionen sind insgesamt zwischen 1990 und 2015 um 10 % gesunken (die grossen jährlichen Schwankungen sind auf die Witterung zurückzuführen). Mit der Revision des CO_2-Gesetzes von 2011 wurden weitere Reduktionsmassnahmen definiert. Die Umsetzung dieser Massnahmen ab 2013 führte zu einer stärkeren Emissionsreduktion. Wenn die Entwicklung sich in diesem Ausmass fortsetzt, liegt die Einhaltung des Ziels im Jahr 2020 in Griffnähe. Deshalb wird die Entwicklung als positiv beurteilt.

Die Entwicklung verlief nicht in allen Sektoren gleich. Die Sektoren Gebäude und Industrie übertrafen ihre Zwischenziele im Jahr 2015, der Verkehr erreichte sein Ziel jedoch nicht.

Pro Person beliefen sich die im Inland verursachten Treibhausgasemissionen 2015 auf 5,6 Tonnen pro Jahr. Nicht eingerechnet sind dabei diejenigen Emissionen, die importierte Güter und Dienstleistungen im Herkunftsland generieren. Diese im **Ausland** verursachten Emissionen haben seit 1990 deutlich zugenommen und sind nun leicht höher als der inländische Treibhausgasausstoss (BAFU 2018a) (→ Blick über die Grenzen).

Klimawandel in der Schweiz

Der Klimawandel ist in der Schweiz besonders spürbar. Die **Jahresmitteltemperatur** ist seit Messbeginn 1864 um rund 2 °C angestiegen. Die Zunahme ist damit gut doppelt so stark wie im globalen Mittel im selben Zeitraum. Zudem haben die Sommertage mit Temperaturen über 25 °C und die Hitzetage mit 30 °C oder mehr stark zugenommen und treten vermehrt auch in höheren Lagen auf. Neun der zehn wärmsten je gemessenen Jahre wurden im 21. Jahrhundert registriert (→ Abbildung 24).

Auch die **Nullgradgrenze** ist seit 1961 um rund 350 Meter gestiegen, die Schneesaison hat sich deutlich verkürzt, und die Gletscher haben massiv an Volumen und Länge verloren. Die **Vegetationsperiode** hat sich in den letzten Jahrzehnten um etwa drei Wochen verlängert (BAFU 2013b, METEOSCHWEIZ 2016).

Es gibt auch erste Anzeichen, dass sich **extreme Ereignisse** häufen. So haben seit 1901 sowohl die Häufigkeit als auch die Intensität von Starkniederschlägen an über 90 % der Messstationen zugenommen.

Ausblick

In der Schweiz wird es auch in Zukunft wärmer. Je nach Szenario dürften die **mittleren Temperaturen** bis 2060 gegenüber dem Zeitraum 1981–2010 um weitere 1,0–3,1 °C ansteigen. Die Sommer werden gemäss Modellrechnungen trockener, und die **Abflussregimes** dürften sich verändern. Zudem muss die Schweiz mit fortschreitenden Veränderungen der **Wetterextreme** rechnen, beispielsweise mit mehr Hitzewellen und Starkniederschlagsereignissen und weniger Kälteperioden (CH2018 2018, METEOSCHWEIZ 2018).

Um die globale Erwärmung auf 1,5 °C zu beschränken, darf der weltweite Treibhausgasausstoss ein bestimmtes Budget nicht überschreiten. Dieses Budget wird jedoch in naher Zukunft ausgeschöpft sein, wenn weiterhin so viele Treibhausgase ausgestossen werden wie heute (IPCC 2015).

Auswirkungen

Die Veränderung des Klimas beeinflusst als Treiber andere Umweltthemen und hat grosse Auswirkungen auf **Ökosysteme, Gesellschaft und Wirtschaft.**

Der globale Temperaturanstieg hat **weltweit** negative Auswirkungen. So ist u. a. die **Artenvielfalt** bedroht, beispielsweise weil polare Lebensräume oder Korallenriffe verloren gehen.

Die Gefährdung in der **Schweiz** durch **Hochwasser** und **Massenbewegungen** wird sich durch vermehrt auftretende Starkniederschläge bzw. durch die steigende Nullgradgrenze (Schnee- und Gletscherschmelze, Auftauen des Permafrostes) voraussichtlich akzentuieren.

Höhere Temperaturen dürften insbesondere in dicht bebauten Agglomerationen zu extremer **Hitzebelastung** führen. So starben im Hitzesommer 2015 rund 800 Menschen mehr als in einem normalen Jahr.

Zudem ist damit zu rechnen, dass sich **Schadorganismen,** die Ackerkulturen und Wälder schädigen, sowie **Krankheitserreger** und -**überträger** ausbreiten oder sich in grossem Masse vermehren. Beispiele hierfür sind die Asiatische Tigermücke oder der Buchdrucker. Die Zunahme der Durchschnittstemperatur kann die Pollensaison verlängern und durch die Etablierung neuer Allergene (z. B. von Neophyten) zu einer zunehmenden Belastung für Allergiker und Allergikerinnen führen.

Wegen des Anstiegs der Schneefallgrenze werden **Tourismusregionen** in den Bergen im Winter mit Problemen zu kämpfen haben. Zunehmend trockene Sommer können lokal zu **Wasserknappheit** und Nutzungskonflikten führen (→ Zustand der natürlichen Ressourcen in der Schweiz: räumliche Unterschiede).

Massnahmen

Den Rahmen für die **Klimapolitik nach 2020** steckt das **Übereinkommen von Paris,** das für die Schweiz am

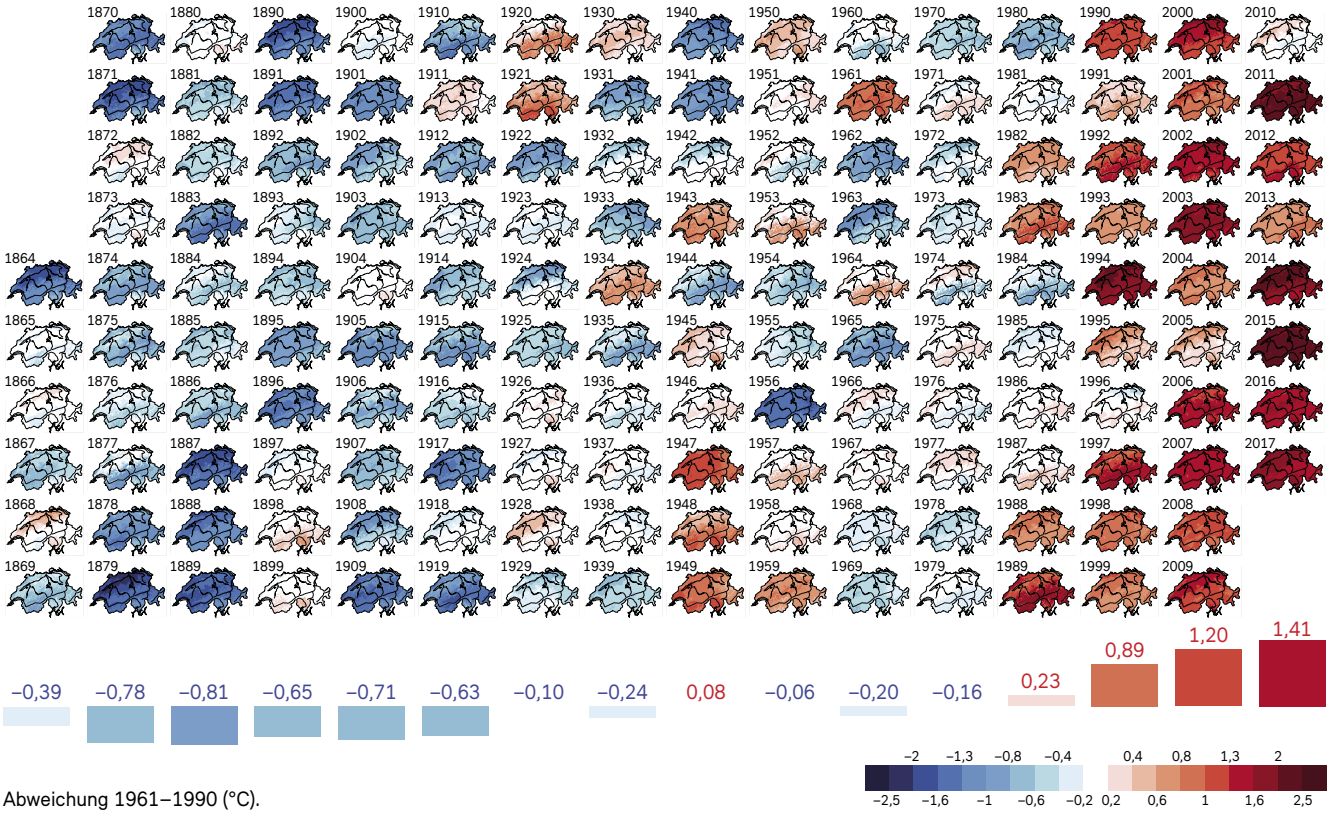
5. November 2017 in Kraft getreten ist. Die Vertragsparteien verpflichten sich, alle fünf Jahre nationale Reduktionsziele festzulegen, Massnahmen zu ergreifen und regelmässig Bericht zu erstatten über die Zielerreichung, über Anpassungsmassnahmen und über die Klimafinanzierung.

Das **CO_2-Gesetz** hält die nationalen Reduktionsziele fest sowie die Massnahmen, um diese zu erreichen. Gemäss Botschaft zur entsprechenden Totalrevision vom 1. Dezember 2017 sollen die bewährten Massnahmen fortgeführt und weiterentwickelt werden.

Abbildung 24

Jahresmitteltemperatur

Das Schweizer Klima hat sich in den letzten 150 Jahren um knapp 2 °C erwärmt. Die Grafik zeigt für jedes Jahr von 1864 bis 2017 eine Schweizer Karte, auf der die Temperaturabweichung vom Mittel der Jahre 1961–1990 zu sehen ist. Durch die Einfärbung lässt sich die Erwärmung eindrücklich erkennen: ausgehend von den kalten, weiter zurückliegenden Jahren (blau) zu den nah an der Gegenwart liegenden, warmen Jahren (rot). So wird offensichtlich, dass seit 1987, also seit rund 30 Jahren, warme Jahre besonders häufig aufgetreten sind.



Abweichung 1961–1990 (°C).

Quelle: METEOSCHWEIZ

Zustand:

Entwicklung:

Grundsätzlich lässt sich die Jahresmitteltemperatur weder positiv noch negativ beurteilen. Hingegen gibt die Entwicklung, welche über die letzten Jahrzehnte beobachtet werden konnte, Grund zur Besorgnis. Die Veränderungen erfolgen so rasch, dass eine genügend schnelle Anpassung für Menschen, Ökosysteme und gefährdete Wirtschaftsbereiche (z. B. Wintertourismus) eine Herausforderung darstellt bzw. teilweise nicht mehr möglich ist.

Klimadienstleistungen
Wie könnten sich Krankheitsüberträger wie die Tigermücke künftig ausbreiten? Welche neuen Kulturen liessen sich dank höherer Temperaturen anbauen? Wo dürfte das Abtauen des Permafrosts zu erhöhten Risiken für Hangrutsche führen? Mit solchen Fragen sind Behörden, Wirtschaft und Gesellschaft konfrontiert, wenn es darum geht, die Chancen und Risiken des Klimawandels in ihre langfristige Planung zu integrieren.

Um die Entscheidungsträger auf allen Ebenen zu unterstützen, hat der Bund 2015 das **National Centre for Climate Services (NCCS)** ins Leben gerufen. Es stellt mit verschiedenen Klimadienstleistungen **wissenschaftlich basierte Entscheidungsgrundlagen** zur Verfügung.

Ziel ist, bestehende Angebote des Bundes zusammenzuführen, gemeinsam mit den Nutzenden neue, bedürfnisorientierte Klimadienstleistungen zu entwickeln, Expertenwissen zu vermitteln und alle Beteiligten zu vernetzen.

Zu den Schwerpunktthemen Naturgefahren, Gesundheit, Landwirtschaft, Energie, Waldbewirtschaftung und Wasserressourcen sind Studien im Gang. Ein interaktives Webportal und Plattformen für den Austausch zwischen den Stakeholdern sind im Aufbau.

Im Zentrum steht dabei die **CO_2-Abgabe,** die auf fossile Brennstoffe wie Heizöl, Erdgas oder Kohle erhoben wird, nicht aber auf Treibstoffe. Rund zwei Drittel der Erträge werden verbrauchsunabhängig an Bevölkerung und Wirtschaft zurückverteilt. Diese Lenkungsabgabe wird erhöht, sofern die festgelegten Schwellenwerte überschritten sind. Dies war am 1. Januar 2018 der Fall, als die Lenkungsabgabe von 84 auf 96 Franken pro Tonne CO_2 angehoben wurde.

Für die **Importeure von Neufahrzeugen** gelten CO_2-Emissionsvorschriften. Seit dem Jahr 2015 dürfen neue Personenwagen im Durchschnitt höchstens noch 130 g CO_2 pro Kilometer ausstossen, andernfalls wird eine lenkende Sanktion fällig. Ab 2020 beträgt der CO_2-Zielwert bei Personenwagen 95 g pro Kilometer, und bei leichten Nutzfahrzeugen wird ein neuer Zielwert von 147 g CO_2 pro Kilometer eingeführt[1].

Die **Importeure von Treibstoffen** müssen einen festgelegten Prozentsatz der CO_2-Emissionen aus dem Verkehr kompensieren. Der Kompensationssatz wird laufend erhöht: 2016 und 2017 betrug er 5 %, 2018 und 2019 liegt er bei 8 %, und 2020 wird er auf 10 % ansteigen.

Das **Emissionshandelssystem** ist ein marktwirtschaftliches Instrument, um die Emissionen der Industrie zu reduzieren. Eine Verknüpfung des Schweizer Systems mit demjenigen der EU wird angestrebt. Ein entsprechendes Abkommen mit der EU wurde am 23. November 2017 unterzeichnet.

Für die Emissionsreduktionen im Bereich **Gebäude** sind sowohl der Bund wie auch die Kantone zuständig. Die Kantone erlassen Gebäudevorschriften und fördern mit eigenen und zweckgebundenen Mitteln aus der CO_2-Abgabe energetische Massnahmen bei Gebäuden – insbesondere die Sanierung von Gebäudehüllen, die Optimierung der Gebäudetechnik und den Ersatz elektrischer Heizungen oder Ölheizungen. Für das **Gebäudeprogramm** stellt der Bund den Kantonen in Form von Globalbeiträgen ein Drittel des Ertrags aus der CO_2-Abgabe – seit 2018 maximal 450 Millionen Franken pro Jahr – zur Verfügung.

Um Innovationen zum Schutze des Klimas zu fördern, hat das Parlament den **Technologiefonds** geschaffen. Der Fonds wird mit jährlich maximal 25 Millionen Franken aus der CO_2-Abgabe alimentiert und verbürgt Darlehen an Unternehmen.

Mit dem **«Klimaprogramm Bildung und Kommunikation»** fördert der Bund die Integration des Themas Klimaschutz in der Berufsbildung und stellt Informationen und Beratungen für Energiestädte und Gemeinden bereit.

1 Auch weitere Massnahmen, die nicht aus klimapolitischen Gründen eingeführt wurden, tragen zur Verminderung von CO_2-Emissionen im Verkehrsbereich bei, wie beispielsweise die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA), die Mineralölsteuer, die Automobilsteuer oder kantonale Motorfahrzeugsteuern.

Die **Energiepolitik** ist mit der Klimapolitik abgestimmt. Mit der am 1. Januar 2018 in Kraft gesetzten neuen Energiegesetzgebung im Rahmen der Energiestrategie 2050 werden erneuerbare Energien gefördert, das Gebäudeprogramm wird verstärkt, und zur Steigerung der Effizienz von Fahrzeugen werden die CO_2-Vorschriften verschärft.

Der Bund hat in einer breit angelegten Analyse die Risiken und Chancen des Klimawandels untersucht und den **Aktionsplan Anpassung** an den Klimawandel entwickelt (BAFU 2014b, 2017b). Die über 60 Massnahmen werden bis 2019 von den zuständigen Bundesämtern abgeschlossen oder umgesetzt sein (BAFU 2017d). Weiter werden im Rahmen eines Pilotprogramms innovative Projekte zur Anpassung an den Klimawandel in Kantonen, Regionen und Gemeinden finanziell unterstützt. Zudem hat der Bund das «National Centre for Climate Services (NCCS)» ins Leben gerufen (→ Infobox «Klimadienstleistungen»).

Blick über die Grenzen

Die Schweiz verursacht im Vergleich zu anderen OECD-Staaten tiefe Treibhausgasemissionen auf dem eigenen Territorium. Die Gründe: Der Schweizer Strom, der zum grössten Teil aus Wasser- und Kernkraft stammt, verursacht fast keine CO_2-Emissionen vor Ort, und hierzulande gibt es kaum Schwerindustrie.

Gross ist jedoch der **Treibhausgas-Fussabdruck** der Schweiz, der die gesamten konsumbedingten, im In- und Ausland verursachten Emissionen abbildet (→ Abbildung 3). Er ist mit 14 Tonnen CO_2-Äquivalenten pro Person und Jahr deutlich über dem weltweiten Durchschnitt von knapp 6 Tonnen und noch deutlicher über der Belastbarkeitsgrenze des Planeten (BAFU 2018a). Diese liegt je nach Quelle zwischen 1,7 Tonnen CO_2-Äquivalenten pro Person und Jahr und nahe null. Zum grossen Schweizer Fussabdruck tragen einerseits die hohen Importe von Gütern und andererseits internationale Flugreisen bei.

Im Rahmen **internationaler Verpflichtungen** beteiligt sich die Schweiz an der Finanzierung von Emissionsreduktions- und Anpassungsmassnahmen in Entwicklungsländern durch öffentliche Mittel und durch die Mobilisierung privater Gelder. Im Jahr 2016 beteiligte sich die Schweiz mit 330 Millionen US-Dollar aus öffentlichen Quellen an der internationalen Klimafinanzierung. Zudem mobilisierte sie 2014 durch bilaterale und multilaterale Aktivitäten ungefähr 100 Millionen US-Dollar aus privaten Quellen für Klimaschutzmassnahmen in Entwicklungsländern. Es ist davon auszugehen, dass dieser Anteil seit 2014 leicht angestiegen oder mindestens gleich geblieben ist. Die öffentlichen Mittel stammten grösstenteils aus den Rahmenkrediten für die internationale Zusammenarbeit sowie ergänzend aus dem Rahmenkredit Globale Umwelt.

Handlungsbedarf

- Um die Schweizer Reduktionsziele zu erreichen, sind noch erhebliche Anstrengungen zur Senkung der Treibhausgasemissionen nötig. Insbesondere beim Verkehr ist das Potenzial noch gross.
- Die Treibhausgasemissionen sind weltweit so rasch wie möglich zu senken. Der Bundesrat will die Marktmechanismen, die das Übereinkommen von Paris vorsieht, nutzen und einen Teil der Reduktionsleistung mit Massnahmen im Ausland erbringen.
- Die Finanzflüsse gilt es klimaverträglich auszurichten. Das heisst, dass mehr Geld in nachhaltige und emissionsarme und weniger in treibhausgasintensive Technologien und Energieträger investiert wird. Das betrifft die Vorsorgeeinlagen in Pensionskassen und in die AHV, aber auch private Geldeinlagen und Versicherungskapital.
- Selbst wenn die weltweiten Treibhausgasemissionen ab 2020 deutlich gesenkt werden und bis 2050 netto auf null sinken, werden die Temperaturen bis Ende des Jahrhunderts weiter ansteigen. Daher gilt es, die Anpassungsstrategie an den Klimawandel weiterzuentwickeln und konsequent umzusetzen.





Luft

Die Luftqualität hat sich seit dem Jahr 2000 weiter verbessert und ist im europäischen Vergleich gut. Trotzdem werden die Immissionsgrenzwerte für Ozon, Feinstaub und Stickstoffdioxid teils noch überschritten und bleiben damit ein Gesundheitsrisiko. Auch die Stickstoffeinträge aus der Luft sind immer noch zu hoch und haben negative Auswirkungen auf Ökosysteme, Biodiversität, Boden, Wasser und Klima. Zur Verbesserung der Luftqualität sind national und international weitere Massnahmen bei Verkehr, Industrie, Feuerungen, Heizungen und Landwirtschaft nötig.

Auftrag
Menschen, Tiere, Pflanzen und Ökosysteme sollen keinen schädlichen und lästigen Auswirkungen durch Luftschadstoffe ausgesetzt sein. Zu diesem Schutzziel, das im Umweltschutzgesetz (USG)[1] verankert ist, sind in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)[2] für zwölf Luftschadstoffe Immissionsgrenzwerte festgelegt.

Weil Luftschadstoffe über weite Distanzen verfrachtet werden, hat sich eine internationale Staatengemeinschaft zur Reduktion der Schadstoffemissionen verpflichtet (UNECE-Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung [CLRTAP][3] und seine acht Protokolle). Relevant sind dabei für die Schweiz vor allem die Grenzwerte für den Eintrag von Stickstoff aus Luftschadstoffen in Ökosysteme, die sogenannten kritischen Eintragswerte (Critical Loads).

Um die Immissionsgrenzwerte aus der Luftreinhalte-Verordnung und die Verpflichtungen der internationalen Protokolle einzuhalten, hat der Bund Reduktionsziele für jährliche Emissionsfrachten problematischer Schadstoffe definiert (Bundesrat 2009).

Auch die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO hat Ziele zur Luftreinhaltung definiert. So soll die Luftbelastung in Städten reduziert (Sustainable Development Goal, SDG 11.6) und die Zahl der Erkrankungen und Todesfälle aufgrund der Luftverschmutzung erheblich verringert werden (SDG 3.9) (UN 2015).

Luftqualität
Die **Luftqualität** in der Schweiz hat sich seit 2000 weiter **verbessert** (→ Abbildung 25) und erweist sich als gut im internationalen Vergleich mit ähnlich dicht besiedelten Gebieten (UNECE 2016). Bei Feinstaub, Ozon, Stickstoffdioxid und Stickstoffeinträgen aus der Luft in Ökosysteme sind die Immissionsgrenzwerte und die Eintragswerte jedoch noch nicht überall eingehalten.

Die Belastung mit **Feinstaub (PM10)** hat abgenommen. Insbesondere im Winterhalbjahr steigt die Konzentration bei Inversionslagen oder längeren Perioden ohne Niederschläge allerdings immer noch über das gesundheitsverträgliche Mass. Am stärksten betroffen ist das Tessin, das einerseits höheren Emissionen von Verkehr und lokal von Holzheizungen ausgesetzt ist und andererseits durch Schadstoffverfrachtungen aus der Lombardei belastet wird. Auch in Agglomerationen werden die Immissionsgrenzwerte im Winter häufig überschritten.

Bei der **Ozonbelastung (O_3),** dem sogenannten Sommersmog, haben vor allem die Spitzenbelastungen abgenommen. Die Immissionsgrenzwerte dagegen werden in der Schweiz weiterhin häufig überschritten. Im Tessin ist die Belastung aufgrund der klimatischen Bedingungen und der grenzüberschreitenden Luftverunreinigung am grössten.

Auch der Immissionsgrenzwert für das Jahresmittel von **Stickstoffdioxid (NO_2)** wird an verkehrsbelasteten Standorten noch immer überschritten.

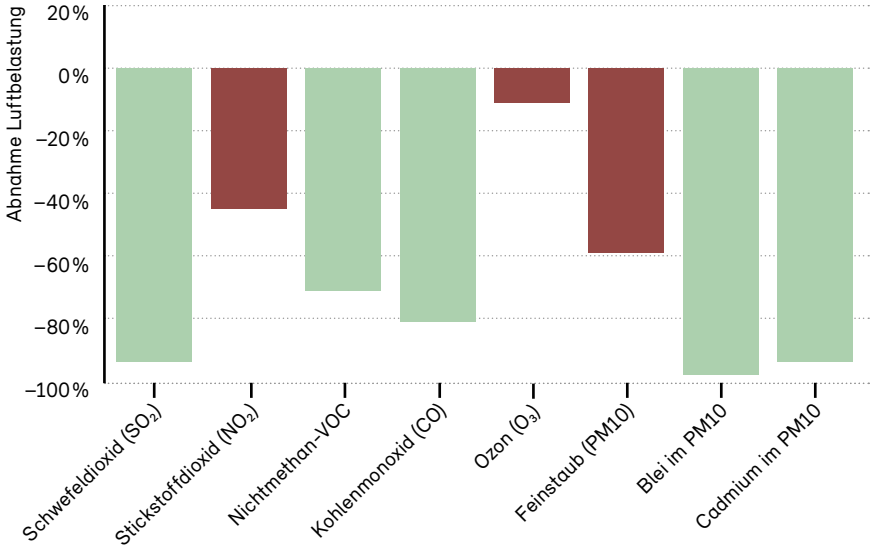
Übermässige **Stickstoffeinträge** führen zur Überdüngung von sensitiven Ökosystemen und tragen zur Bodenversauerung bei. Dies führt zu einem Verlust von Biodiversität. Die Belastung ist im Mittelland am grössten, vor allem in Gebieten mit intensiver Tierhaltung.

1 Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG), SR 814.01
2 Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV), SR 814.318.142.1
3 Übereinkommen vom 13. November 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Genfer Konvention), SR 0.814.32.

Abbildung 25

Verbesserung der Luftqualität von 1988 bis 2017

Die Grafik zeigt die prozentuale Abnahme der Schadstoffbelastung (Jahresmittel) – ausser bei Kohlenmonoxid (maximales Tagesmittel) und Ozon (maximaler monatlicher 98 %-Wert) – von 1988 bis 2017. Berücksichtigt wurden Standorte der Messstationen des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL) mit durchgehenden Messreihen, ohne die alpinen Stationen.



Zustand NO_2, O_3, PM10:

Zustand Rest:

Entwicklung:

Die Luftbelastung an den NABEL-Messstationen hat zwischen 1988 und 2017 deutlich abgenommen. Die aktuelle Belastung mit Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon liegt zum Teil noch über den Immissionsgrenzwerten (rote Balken) und schädigt Menschen und Ökosysteme.

Quelle: BAFU – NABEL

Überschritten werden die kritischen Eintragsgrenzen (Critical Loads) für Stickstoff bei 94 % der Fläche der Hochmoore, 77 % der Flachmoore, 87 % der Wälder und 36 % der Trockenwiesen und Weiden (→ Herausforderung Stickstoff).

Stickstoff kann als Nitrat ins Grundwasser ausgewaschen werden und die Produktion des klimaaktiven Lachgases (N_2O) in Böden erhöhen. Rund zwei Drittel des über die Luft eingetragenen Stickstoffs haben ihren Ursprung in der Landwirtschaft (Ammoniak), etwa ein Drittel stammt aus Verbrennungsprozessen (Stickoxide) (→ Herausforderung Stickstoff).

Emissionen

Die Emissionen von Stickoxiden, flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und primärem Feinstaub sind seit 2000 weiter gesunken. Hingegen sind beim Ammoniak seit 2000 nur geringe Reduktionen zu verzeichnen. Die im Luftreinhaltekonzept vorgegebenen **Reduktionsziele** wurden **bisher nicht erreicht** ausser beim Schwefeldioxid (BAFU 2018c) (→ Abbildung 26).

Die **Feinstaubemissionen (PM10)** stammen etwa zu gleichen Teilen aus der Industrie, dem Verkehr und der Landwirtschaft und zu einem kleineren Teil aus den Haushalten (→ Abbildung 27). Sie sanken zwischen 2005 und 2016 um 12 %. Ziel ist eine Reduktion um 45 % gegenüber 2005. Hierbei nicht einbezogen ist sekundärer Feinstaub, der sich erst in der Luft aus Vorläuferschadstoffen wie Stickstoffdioxid, Ammoniak, Schwefeldioxid oder flüchtigen organischen Verbindungen bildet.

Stickoxide (NO_x) sind nicht nur für die Belastung durch Stickstoffdioxid verantwortlich. Sie sind als Vorläufersubstanz auch an der Bildung von Ozon und sekundärem Feinstaub beteiligt und sind eine wichtige Quelle für die Stickstoffeinträge. Gut die Hälfte der Stickoxidemissionen stammt aus dem Verkehr (→ Abbildung 27). Der gesamte Ausstoss hat zwischen 2005 und 2016 um 27 % abgenommen. Ziel ist eine Reduktion um 50 %.

Ammoniak (NH_3) stammt fast ausschliesslich aus der Landwirtschaft (→ Abbildung 27), wo es im Stallbereich sowie bei der Lagerung und Ausbringung von Gülle in die Luft entweicht (BAFU 2014c). Die landwirtschaftlichen Emissionen von Stickstoff aus Ammoniak betrugen 2016 rund 41 800 Tonnen, das Umweltziel beträgt jedoch 25 000 Tonnen (Bundesrat 2016e). Die gesamten Ammoniakemissionen, die zu rund zwei Dritteln für den Stickstoffeintrag verantwortlich sind, haben seit 2005 um 5 % abgenommen.

Flüchtige organische Verbindungen (VOC) stammen zu über 50 % aus Industrie und Gewerbe und sind wichtige Vorläufersubstanzen bei der Entstehung von Ozon (→ Abbildung 27). Ziel ist eine Reduktion um circa 30 % gegenüber 2005. Erreicht wurde bisher eine Reduktion um 24 %.

Auswirkungen

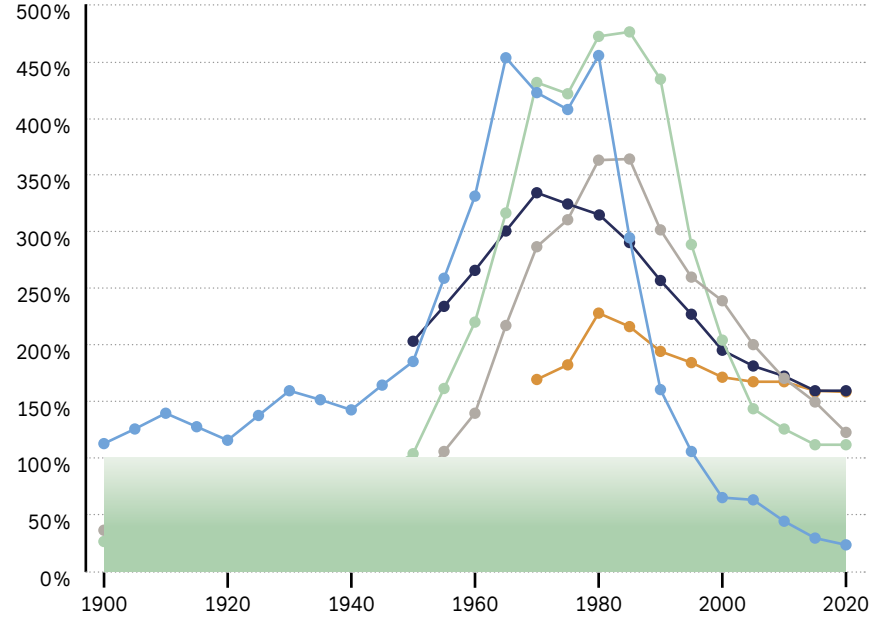
Die Auswirkungen der Schadstoffbelastung sind vielfältig: Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon führen z. B. zu Herz-Kreislauf-Beschwerden oder zu Erkrankungen der Atmungsorgane. Feinstaub kann krebserregende Bestandteile enthalten. Rund 14 000 Spitaltage und etwa 2200 vorzeitige Todesfälle sind jährlich als Folge der Luftbelastung zu beklagen (INFRAS/ECOPLAN 2018). Die gesamten **Gesundheitskosten** der Luftverschmutzung werden auf jährlich 6,5 Milliarden Franken beziffert.

Stickoxid- und Ammoniakemissionen verursachen weiträumige Stickstoffeinträge in Böden und damit eine **Überdüngung** und **Versauerung von Ökosystemen.** Diese führen wiederum zu einem Verlust von Biodiversität; insbesondere sensible, nährstoffarme Lebensräume wer-

Abbildung 26

Luftschadstoffemissionen

Die Schadstoffemissionen haben zwar seit 2000 insgesamt weiter abgenommen, bei Stickoxiden (NO_x), flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC), Feinstaub (PM10) und Ammoniak (NH_3) sind sie jedoch immer noch zu hoch. Die Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalteverordnung (LRV) und die kritischen Eintragswerte zum Schutz von Mensch und Umwelt können nur eingehalten werden, wenn die Schadstoffemissionen weiter reduziert werden und mit vorsorglichen Reduktionsmassnahmen auch langfristig tief im sogenannten Vorsorgebereich bleiben.



Zustand SO_2:

Zustand Rest:

Entwicklung NH_3:

Entwicklung Rest:

Der übermässige Ausstoss von NO_x, NMVOC, lungengängigem PM10 und NH_3 führt nach wie vor zu Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems oder der Atemwege sowie zu einer erhöhten Sterblichkeit und trägt zur Überdüngung von Ökosystemen bei.
Zwar konnten die Luftschadstoffemissionen in den letzten 30 Jahren – mit Ausnahme des NH_3 – deutlich reduziert werden. Allerdings reicht diese Abnahme – bis auf Schwefeldioxid (SO_2) – nicht aus, um den Vorsorgebereich zu erreichen.

Quelle: BAFU – EMIS

den beeinträchtigt oder gehen verloren. Überschüssiger Stickstoff kann als Nitrat ins Grundwasser ausgewaschen werden und die Produktion des klimaaktiven Lachgases (N_2O) in Böden erhöhen. (→ Herausforderung Stickstoff, → Klima, → Biodiversität, → Wasser, → Wald).

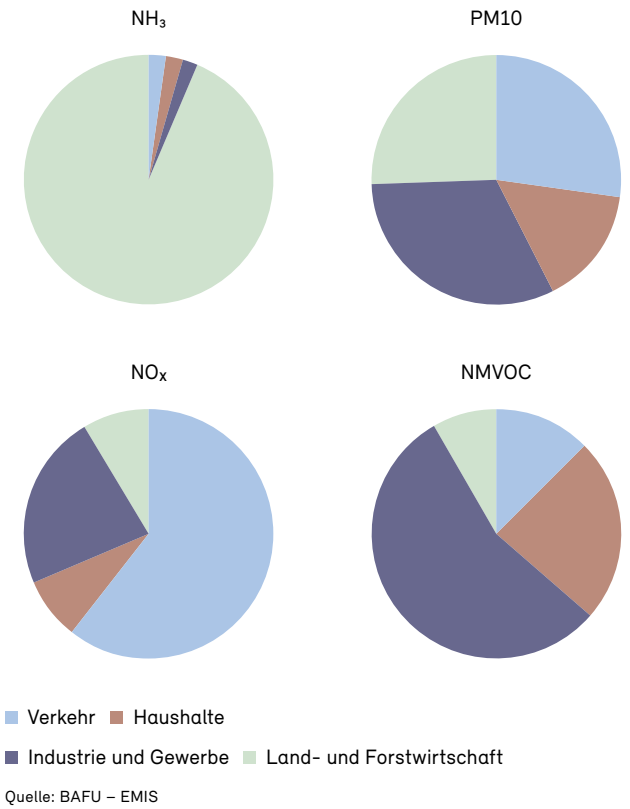
Gebäude, Kulturdenkmäler und weitere, der Witterung ausgesetzte Materialien werden durch Luftschadstoffe wie Ozon angegriffen, ausgebleicht oder beschädigt. Ozon hat akute und chronische Auswirkungen auf die Vegetation und führt zu geringeren **Ernteerträgen** in der Landwirtschaft.

Russpartikel, Methan und bodennahes Ozon sind Luftschadstoffe, die auch das **Klima** beeinflussen (→ Klima).

Abbildung 27

Emissionsanteile nach Quellengruppen

Anteil der Quellengruppen Verkehr, Industrie und Gewerbe, Haushalte sowie Land- und Forstwirtschaft an den Gesamtemissionen von Stickoxiden (NO_x), flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC), Ammoniak (NH_3) und primären Feinstaub (PM10).



Quelle: BAFU – EMIS

Ausblick

Künftig werden die Emissionen von Luftschadstoffen durch konsequente Umsetzung des Stands der Technik und dank der **technologischen Entwicklung** weiter abnehmen.

Die **Verkehrsperspektiven** bis 2040, die von verschiedenen Bundesämtern erarbeitet wurden, zeigen aber auch, dass die Verkehrsleistung weiter beachtlich wächst. Im Personenverkehr schätzt das Referenzszenario eine Zunahme um 25 % und im Güterverkehr um 37 % (ARE 2016b) (→ Mobilität).

Die **Weiterentwicklung der Agrar- und Umweltpolitik** kann durch Anwendung bewährter emissionsarmer Produktionstechniken, Züchtung, Fütterung, Nährstoffrecycling, aber auch durch das Konsumverhalten zur Erreichung der Umweltziele Landwirtschaft beitragen (Bundesrat 2016e).

Durch die **Klimaänderung** sind häufiger sommerliche Hitzeperioden mit trockenen und windarmen Wetterlagen zu erwarten, welche die Ozonbildung begünstigen.

In Europa und Nordamerika werden laut Prognosen die Belastungen mit Stickoxiden, Schwefel und Ozon abnehmen, in Asien ist ein markanter Anstieg zu erwarten. Durch **hemisphärische Verfrachtungen** werden aber beispielsweise Ozon und Feinstaub grossräumig transportiert. Dies könnte die Wirkung lokaler Reduktionsmassnahmen zur Ozonbekämpfung abschwächen (EUA 2015b).

Massnahmen

Auf Bundesebene existieren **Vorschriften** über den **Schadstoffausstoss** von Heizungen, industriellen Anlagen, Baumaschinen sowie von Schiffen und Schienenfahrzeugen. Zudem verlangt die Luftreinhalte-Verordnung eine **Mindestqualität von Brenn- und Heizstoffen.** Diese Vorgaben werden verschärft, wenn neue Technologien zur Verfügung stehen, die wirtschaftlich eingesetzt werden können. So soll stets der neuste Stand der Technik zur Anwendung kommen.

Für **Motorfahrzeuge** gelten in der Schweiz die europaweit harmonisierten **Euro-Normen.** Diese Emissionsgrenzwerte müssen alle neu in Verkehr gesetzten Fahrzeuge erfüllen. Sie werden regelmässig entsprechend dem neusten Stand der Technik verschärft (→ Infobox «Harmonisierte Abgasnormen für Fahrzeuge»).

Harmonisierte Abgasnormen für Fahrzeuge
Die Emissionsvorschriften für Motorfahrzeuge sind seit 1995 **mit der EU harmonisiert** und werden laufend **an den neusten Stand der Technik angepasst.** Bereits mit der Norm Euro 5 für Personenfahrzeuge mit Dieselantrieb wurden beispielsweise so strenge Partikelgrenzwerte festgelegt, dass sie nur mit einem Partikelfilter erreicht werden können. Mit der letzten Verschärfung wurde der Stickoxidgrenzwert für Dieselfahrzeuge um über die Hälfte reduziert. Die seit 2013 geltende Euro-VI-Vorschrift für Lastwagen beinhaltet gegenüber der Vorgängernorm eine Reduktion der Feinstaubemissionen um knapp 70 % und der NO_X-Emissionen um 80 %. Ohne Abgasnachbehandlung können die geforderten Grenzwerte heute nicht mehr erreicht werden.

Die Abgasemissionen werden auf einem Prüfstand in einem bestimmten Fahrzyklus geprüft. Bis 2017 wurde dafür der Neue Europäische Fahrzyklus für Personenwagen (NEFZ) angewendet. Weil die Emissionen im realen Fahrbetrieb jedoch deutlich höher ausfielen als im NEFZ-Testzyklus, haben die EU, Japan und die Schweiz zusammen mit weiteren Ländern (u. a. Indien, Südkorea, China) einen **neuen, weltweit harmonisierten Prüfzyklus** entwickelt. Der neue WLTP-Zyklus (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) wurde 2017 eingeführt. Um Manipulationen während der Fahrzeugprüfung möglichst zu verhindern, müssen die Emissionen zusätzlich im realen Fahrbetrieb mit einem portablen Emissionsmesssystem überprüft werden.

Auch **marktwirtschaftliche Instrumente** kommen zum Einsatz: Beispiele sind die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) oder die Lenkungsabgabe auf flüchtigen organischen Verbindungen (VOC).

Das Potenzial von technischen und betrieblichen Massnahmen zur Minderung der Ammoniakemissionen ist gross und muss ausgeschöpft werden. Diese Massnahmen wurden bisher mit dem **Ressourcenprogramm** und den **Ressourceneffizienzbeiträgen** im Rahmen der **Agrarpolitik** gefördert. Diese Instrumente erwiesen sich jedoch als zu wenig wirksam. Zwar vermochten sie einen weiteren Anstieg der Emissionen zu verhindern, eine namhafte Reduktion blieb jedoch aus. Das beachtliche Minderungspotenzial bei Ammoniakemissionen kann nur durch eine flächendeckende Umsetzung des Stands der Technik und mit betrieblichen Massnahmen erreicht werden. Dies soll über agrarpolitische Massnahmen sowie durch einen verbesserten Vollzug des Umweltrechts durch die Kantone erfolgen. In gewissen Regionen wird jedoch trotz technischer Massnahmen die notwendige Reduktion von Ammoniakemissionen aufgrund der hohen Nutztierdichte nicht erreicht werden können. Hier sind zusätzliche Massnahmen zur **Verminderung der Intensität** zu prüfen (Bundesrat 2016e).

Der Bund engagiert sich mit ausgewählten Instrumenten für **Bildung, Forschung und Innovation.** Dabei werden Technologien gefördert, die zu einer Reduktion der Luftschadstoffemissionen führen.

Bei der Umsetzung der Luftreinhaltepolitik spielen die **Kantone** eine wichtige Rolle. Sie vollziehen die Luftreinhaltevorschriften des Bundes und erlassen eigene Massnahmenpläne, um die Luftqualität auf ihrem Kantonsgebiet zu verbessern. Kantone können Anträge an den Bundesrat stellen für Massnahmen, die in die Zuständigkeit des Bundes fallen, z. B. für verschärfte Emissionsgrenzwerte für Heizungen.

Synergien mit anderen Politikbereichen ergeben sich vor allem im Bereich der **Energie- und Klimapolitik.** Massnahmen zur Effizienzsteigerung und der Ersatz fossiler durch erneuerbare Energien stehen in der Regel im Einklang mit der Luftreinhaltepolitik. Ein Konflikt besteht hingegen bei den Holzfeuerungen. Sie sind aus Sicht des Klimaschutzes erwünscht, insbesondere Kleinanlagen produzieren jedoch viel Feinstaub.

Die Schweiz engagiert sich auf **internationaler Ebene** aktiv im Rahmen des UNECE-Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP) und seinen acht Protokollen, mit dem Ziel, die Schadstoffemissionen weiter verbindlich zu reduzieren.

Handlungsbedarf

- Um die gesetzlich festgelegten Immissionsziele zu erreichen und die international vorgeschriebenen kritischen Eintragswerte (Critical Loads) nicht zu überschreiten, müssen die Emissionen von Stickoxiden, Feinstaub, flüchtigen organischen Verbindungen sowie Ammoniak auf nationaler und internationaler Ebene weiter reduziert werden.

- Die Schweiz setzt sich weiterhin für eine konsequente Umsetzung der internationalen Vorschriften sowie für eine weitere Reduktion der Schadstoffemissionen auf internationaler Ebene ein. Im Zentrum stehen dabei die Protokolle des UNECE-Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP).

- Bei Fahrzeugen, Industrie- und Landwirtschaftsanlagen sowie Wärmeerzeugern muss der neuste Stand der Technik weiter konsequent gefördert und angewendet werden.

- Die aus dem Umweltschutzgesetz (USG) und der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) abgeleiteten Umweltziele Landwirtschaft zu Ammoniak und Nitrat sind bei Weitem noch nicht erreicht. Eine grosse Chance liegt in einer engeren Verknüpfung der Landwirtschafts- und Umweltpolitik. Zum Beispiel können umweltrechtliche Auflagen an den Stand der landwirtschaftlichen Technik angepasst und im Rahmen des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) für Direktzahlungen überprüft werden.



Biodiversität

Die Biodiversität in der Schweiz ist in einem unbefriedigenden Zustand und schwindet weiter. Die Qualität und die Flächen von wertvollen Lebensräumen nehmen laufend ab, meist sind zudem nur noch isolierte Restflächen übrig. Viele Lebensräume gleichen sich immer mehr an (z. B. Wiesen). Heute sind nicht nur knapp die Hälfte der Lebensraumtypen in der Schweiz, sondern auch die Hälfte aller beurteilten einheimischen Arten bedroht oder potenziell gefährdet. Hauptgründe für den Biodiversitätsverlust sind die Zersiedelung, die intensive Nutzung von Böden und Gewässern, die Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten sowie die Pestizid- und Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft.

Auftrag

Die Biodiversität ist die Grundlage für das Leben auf der Erde. Sie ermöglicht die zahlreichen, unverzichtbaren Leistungen der Ökosysteme, die sogenannten Ökosystemleistungen wie Bodenfruchtbarkeit, Bestäubung, sauberes Wasser und reine Luft sowie den Klimaschutz. Mit der Unterzeichnung der Biodiversitätskonvention (CBD)[1] hat sich die Schweiz international dazu verpflichtet, bis 2020 den Lebensraumverlust und das Aussterben von bedrohten Arten zu unterbinden. Dieselben Ziele verfolgt auch die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO (Sustainable Development Goal, SDG 15) (UN 2015).

Der Schutz der Biodiversität ist in der Bundesverfassung (BV, Art. 78)[2] und in zahlreichen Gesetzesgrundlagen verankert. Dazu zählen die Bundesgesetze über den Natur- und Heimatschutz (NHG)[3], über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (Jagdgesetz, JSG)[4] und über die Fischerei (BGF)[5] sowie die dazugehörigen Verordnungen.

In seiner Strategie Biodiversität Schweiz (SBS) verpflichtet sich der Bund, eine reichhaltige und gegenüber Veränderungen reaktionsfähige Biodiversität und ihre Ökosystemleistungen langfristig sicherzustellen (BAFU 2012a).

Zustand der Biodiversität

Die Biodiversität bezeichnet die Vielfalt des Lebens auf allen Ebenen – auf der Ebene der Ökosysteme, der Arten (Tiere, Pflanzen, Pilze, Mikroorganismen) und der genetischen Vielfalt – sowie der Wechselwirkungen, die innerhalb und zwischen den Ebenen stattfinden. Die Biodiversität in der Schweiz und damit die Leistungen, die die Natur der Gesellschaft und Wirtschaft zur Verfügung stellt, nehmen stetig ab. So schwinden seit 1900 die **Flächen** von einst häufigen **natürlichen Ökosystemen** wie Trockenwiesen (–95 %) oder Moore (–82 %) kontinuierlich. Zudem sind die noch bestehenden natürlichen Lebensräume immer stärker **fragmentiert** und voneinander **isoliert**, was ihre biologische Qualität beeinträchtigt.

Weiter werden zu viele **Nährstoffe** in von Natur aus nährstoffarme Flächen eingetragen, insbesondere Ammoniak aus der Landwirtschaft, welches über die Luft über weite Strecken verbreitet wird (→ Herausforderung Stickstoff). In 32 % der Biotope von nationaler Bedeutung hat der Nährstoffgehalt seit 2002 zugenommen. Die Lebensräume büssen bei zu hohem Nährstoffgehalt an Qualität und Quantität ein. Dies schadet den Arten, die auf die jeweiligen Lebensräume spezialisiert sind, und dünnt damit die Vielfalt aus.

In der Folge ist fast die **Hälfte der beurteilten Lebensräume** in der Schweiz bedroht (Delarze et al. 2016) (→ Abbildung 28). Der Rückgang an Vielfalt und an Qualität der natürlichen Lebensräume beeinflusst die Artenvielfalt und die Artengemeinschaften drastisch (→ Abbildung 29). Dementsprechend sind auch rund die **Hälfte der untersuchten Arten** bedroht oder potenziell gefährdet (BAFU 2017a) (→ Abbildung 30). Diese Situation ist nicht neu. So zeigt die Aktualisierung der Roten Listen, dass sich seit 2000 die Situation beispielsweise von Brutvögeln und Gefässpflanzen nicht verbessert hat (BAFU 2010b, 2016c). Die Bestände der Populationen sowie ihre Verbreitungsgebiete schwinden weiter.

1 Übereinkommen vom 5. Juni 1992 über die biologische Vielfalt (Biodiversitätskonvention), SR 0.451.43.

2 Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999, SR 101.

3 Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz (NHG), SR 451.

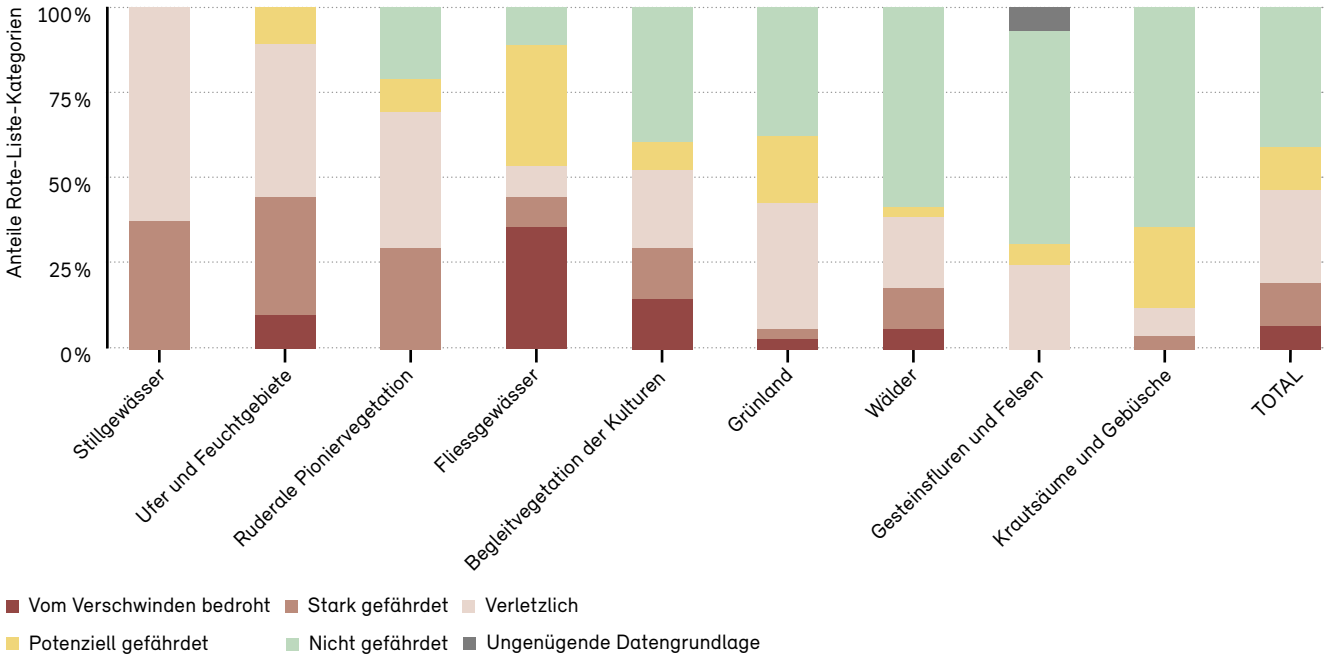
4 Bundesgesetz 20. Juni 1986 über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (Jagdgesetz, JSG), SR 922.0.

5 Bundesgesetz 21. Juni 1991 über die Fischerei (BGF), SR 923.0.

Abbildung 28

Übersicht über die Lebensräume und ihre Gefährdung

Gefährdungsbilanz (in %) der insgesamt 167 beurteilten Lebensraumtypen. Am stärksten gefährdet sind die aquatischen Lebensräume und die Moorlebensräume mit einem bis zu 100 % bedrohten Zustand (Klasse «verletzlich» und höher) sowie die Agrarlebensräume. Im Total ist knapp die Hälfte der Lebensräume bedroht, weitere rund 15 % sind potenziell gefährdet. Es verbleibt circa ein Drittel derzeit nicht gefährdeter Lebensräume.



Quelle: BAFU

Die Fragmentierung, Verkleinerung und Isolation der Populationen führt zudem zu einer verminderten **genetischen Vielfalt.** Dadurch erhöht sich die Gefahr, dass Arten aussterben und sich Arten und Artengemeinschaften nicht an ändernde Umweltbedingungen anpassen können.

Die **Hauptursachen** dieser Entwicklung sind die intensive Landwirtschaft, die Ausdehnung der Siedlungsflächen und der Verkehrsinfrastrukturen, die Trockenlegung von Gewässern und Mooren, die stellenweise intensive Waldnutzung sowie die Kanalisierung und Eindolung von Fliessgewässern sowie deren Bewirtschaftung und Nutzung für die Stromproduktion (BAFU 2017a). Faktoren wie invasive gebietsfremde Arten oder Mikroverunreinigungen verstärken den Druck auf die Biodiversität.

Blick auf einzelne Lebensräume

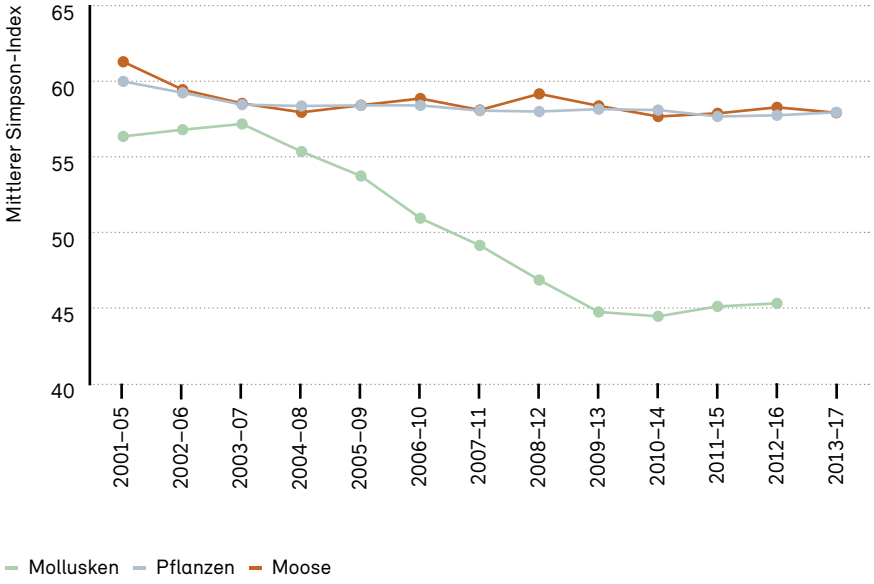
Auf dem **landwirtschaftlich bewirtschafteten Kulturland** (entspricht rund einem Drittel der Landesfläche) ist die Qualität der Lebensräume und die Artenvielfalt zurückgegangen. Hauptursachen sind u. a. der intensive Einsatz von Düngemitteln (Stickstoff und Phosphate) und von Pestiziden sowie die Entwässerung von Feuchtgebieten, kleineren Stillgewässern und die Verbauung von Flüssen und Bächen. Das Eliminieren von Kleinstrukturen wie Hecken oder Trockensteinmauern hat die Habitate von zahlreichen Vogel- und Insektenarten zerstört.

Eingriffe in Lebensräume, die im Mittelland in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts landwirtschaftlich intensiviert wurden, sind mittlerweile auch in **alpinen Lebensräumen** festzustellen. In Tälern oder auf gut erschlossenen Alpen ist die landwirtschaftliche Nutzung intensiv. In abgelegenen Gebieten hingegen ist die Nutzung der Sömmerungsweiden oft aufgegeben worden. Gleichzeitig

Abbildung 29

Vielfalt von Artengemeinschaften in Wiesen und Weiden

Die Entwicklung der Artenzusammensetzung im Lebensraum Wiesen und Weiden ist ein wichtiger Aspekt der Biodiversität. Während ein hoher Indexwert vielfältige Artengemeinschaften anzeigt, weist ein tiefer Indexwert auf einheitlichere Artengemeinschaften hin, was einen Verlust an biologischer Vielfalt bedeutet.



Quelle: BAFU – BDM

Zustand:

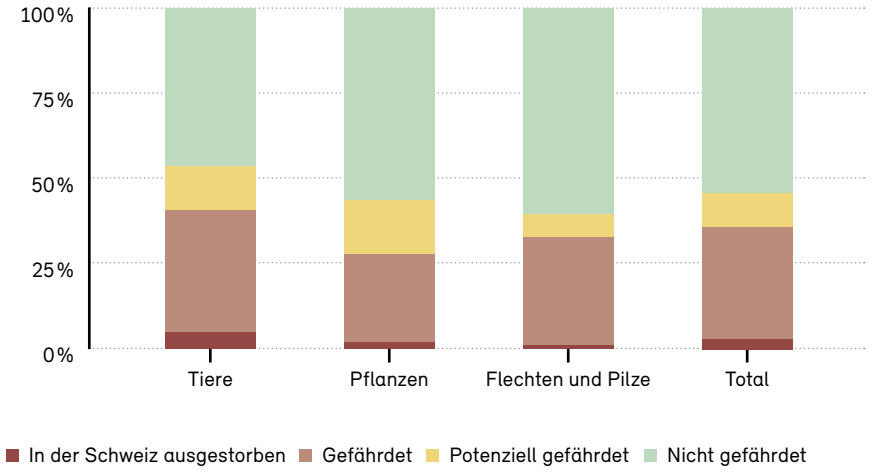
Entwicklung:

Die Vielfalt der Artengemeinschaften auf Wiesen und Weiden ist seit Beginn der 2000er-Jahre insgesamt zurückgegangen. Während bei den Pflanzen und Moosen die Vielfalt der Artengemeinschaften mit leicht sinkendem Trend einigermassen stabil geblieben ist, kann bei den Mollusken (Schnecken) bis 2013 eine starke Abnahme beobachtet werden. Weiter lässt sich bei dieser Artengruppe feststellen, dass die Anzahl der häufig vorkommenden Arten, die keine besonderen Ansprüche an ihren Lebensraum stellen, zunimmt, während die Anzahl der seltenen Arten abgenommen hat. Dieser Effekt deutet klar auf eine gesamtschweizerische Vereinheitlichung des Lebensraums «Wiesen/Weiden» hin, was einem Verlust an Biodiversität gleichkommt.

Abbildung 30

Gefährdete Arten – Rote Listen

Die Grafik fasst die Ergebnisse der 27 Roten Listen der gefährdeten Arten (z. B. Amphibien, Libellen oder Gefässpflanzen) für die drei grossen Organismengruppen zusammen. Für Tiere, Pflanzen sowie Flechten und Pilze und für die Gesamtheit aller Arten wird die Gefährdungsbilanz in Prozent angegeben.



Quelle: BAFU

Zustand:

Entwicklung:

Von den bisher bewerteten Arten (10 350) sind 36 % vom Aussterben bedroht oder gefährdet, weitere 10 % gelten als potenziell gefährdet. Zudem sind 3 % (255) der untersuchten einheimischen Arten hierzulande bereits ausgestorben. Der hohe Anteil gefährdeter Arten belegt, dass der Zustand der Biodiversität als schlecht beurteilt werden muss und die Artenvielfalt weiterhin bedroht ist. Am Beispiel von Gefässpflanzen und Brutvögeln kann die Entwicklung der Artenvielfalt über die Zeit aufgezeigt werden: Die Gefährdungssituation hat sich insgesamt nicht verbessert, sondern teilweise sogar verschlechtert. Die Entwicklung wird als unbefriedigend eingeschätzt.

werden die Alpen verstärkt für Freizeitaktivitäten und Tourismus genutzt, sowohl im Sommer als auch im Winter, was störungsempfindliche Wildtiere beeinträchtigt oder zu Schäden an Vegetation und Boden führen kann.

Für **Gewässer und Feuchtgebiete** ist die Situation besorgniserregend: 52 % der Gesamtgewässerlänge von Fliessgewässern in Lagen unter 600 Metern ü. M. sind in einem ökomorphologisch schlechten Zustand (→ Wasser). Die Fähigkeit der Flüsse, die aquatische Biodiversität zu bewahren (Wirbellose, Wasserpflanzen), ist bei mindestens 40 % der NAWA-Messstellen (Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität) nicht ausreichend, und nur ein Viertel der Messstellen verfügt über eine ausreichende Wasserqualität für Fische (BAFU 2016d). Dies erklärt, warum die mit den Feuchtgebieten verbundenen Lebensräume und Arten in der Schweiz am stärksten bedroht sind. Besonders bedroht sind Uferzonen und Feuchtgebiete, deren Lebensräume zu fast 85 % gefährdet sind (Delarze et al. 2016).

Die Entwicklung der Biodiversität im **Wald** zeigt im Vergleich zu anderen Lebensräumen auch positive Tendenzen auf (→ Wald). In Wäldern, in denen Buchen und Tannen vorherrschen, hat sich die Menge an Totholz, welches für tausende Arten die Lebensgrundlage bildet, seit 2001 verdoppelt. Ebenso nimmt die Fläche der Waldreservate zu: von 4,8 % der Waldfläche im Jahr 2012 auf 6,3 % im Jahr 2016. Dieser Anteil muss weiter gesteigert werden, entsprechend der Waldpolitik 2020 des Bundes (BAFU 2013c) und der Empfehlung der OECD (OECD 2017). Grössere Defizite bestehen zudem nach wie vor bei den lichten Pionierphasen und bei den alt- und totholzreichen späten Entwicklungsphasen des Waldes, die ökologisch wertvoll sind. Auch Auen- und Bruchwälder sowie lichtreiche Mittelwälder sind selten geworden.

Siedlungsgebiete sind nicht nur Lebensraum für den Menschen, sondern können wertvolle Biotope für viele Arten beherbergen. Die Ausdehnung der Siedlungsfläche und vor allem die Versiegelung der Böden sowie die intensive Bewirtschaftung vorhandener Freiräume lassen jedoch typische Lebensräume verschwinden (z. B. Pionierfluren, Baumalleen, naturnahe Grünanlagen, Bäche), und die Artenvielfalt sinkt. Diese hat in den letzten zehn Jahren in den Siedlungen weiter abgenommen, wie das Biodiversitätsmonitoring und Langzeiterhebungen im Kanton Aargau zeigen (BAFU 2017a). Von grosser Bedeutung ist zudem die Zerschneidung der Landschaft durch Verkehrswege. Sie ist ein massgeblicher Faktor für den Biodiversitätsrückgang und hat im Verlauf der Jahrzehnte mit dem Ausbau des Verkehrsnetzes und der allgemeinen Siedlungsentwicklung stetig zugenommen.

Auch künstliches Licht zählt zu den negativen Auswirkungen der Siedlungsentwicklung auf die Biodiversität. Zwischen 1994 und 2012 haben sich die **Lichtemissionen** in der Schweiz mehr als verdoppelt. Während im Mittelland bereits seit 1996 kein Quadratkilometer mit Nachtdunkelheit mehr zu finden ist, ist diese Situation auch im Jura seit 2008 gegeben (BAFU/WSL 2017). Nachtdunkelheit ist jedoch für viele Tiere und auch für die Erholung des Menschen wichtig.

Erfreulicherweise wird der Wert biodiverser Lebensräume für die Wohnqualität zunehmend erkannt, und so haben Städte und Unternehmen begonnen, ihre **Grünareale** aufzuwerten (→ Herausforderungen und Chancen von Agglomerationen). Grossflächige Lebensräume können damit aber nicht ersetzt werden.

Auswirkungen

Die Biodiversität betrifft die Gesellschaft als Ganzes, sie stellt Leistungen für Wirtschaft und Gesellschaft unentgeltlich zur Verfügung. Diese Leistungen sind vielfältig und betreffen sowohl die Grundversorgung mit Trinkwasser und Nahrungsmitteln und die Regulierung von Ökosystemen (Hochwasserschutz oder Luftqualität) als auch die Gesundheit und das Wohlbefinden. Ob Nährstoffkreislauf oder Bodenfruchtbarkeit – alles hängt davon ab, ob die Ökosysteme ihre Leistungen erbringen können.

Mit dem Rückgang der Biodiversität nehmen jedoch Qualität und Quantität der **Ökosystemleistungen** ab, was dazu führt, dass die Ökosysteme die Fähigkeit verlieren, auf **Veränderungen** zu reagieren.

Ausblick

Wenn die Menschheit die natürlichen Ressourcen auch in Zukunft übernutzt, wird die Biodiversität weiter schwinden. In der Folge nehmen Ökosystemleistungen ab, die für unsere Ernährung, Gesundheit oder Wirt-

schaft unverzichtbar sind. Die Ökosystemleistungen sind nicht oder höchstens in Ausnahmefällen – und dann mit hohem Kostenaufwand – künstlich ersetzbar. Somit führt die Abnahme der biologischen Vielfalt einerseits zu einer zunehmend eingeschränkten **Wahlfreiheit der Wirtschaft und Gesellschaft** und andererseits zu erheblichen **volkswirtschaftlichen Kosten.** Ein Nichthandeln kommt also wesentlich teurer zu stehen als die Verstärkung eines wirkungsvollen Schutzes bzw. die Förderung der Biodiversität heute (MEA 2005).

Trotz der Bemühungen der Schweiz, den Biodiversitätsverlust zu stoppen, wird der **Druck** auf die Biodiversität weiter zunehmen. Mit Blick auf das Bevölkerungswachstum müssen künftig die Ansprüche von immer mehr Menschen in den Bereichen Ernährung, Wohnen, Mobilität und Tourismus gedeckt werden (→ Exkurs: Systemsicht). Parallel dazu wird die Nachfrage nach Boden und anderen Ressourcen weiter zunehmen. Gebietsfremde, invasive Arten werden die einheimischen Arten immer mehr bedrängen. Auch die Nutzungsintensität bei den Lebensräumen in den Alpen nimmt weiter zu.

Kurzfristig ist vor allem der hohe Nutzungsdruck für den Biodiversitätsrückgang verantwortlich. Langfristig kann auch der **Klimawandel** gravierende Folgen haben. Von der **wachsenden Nachfrage nach natürlichen Ressourcen** in der Schweiz ist zudem **auch im Ausland** immer mehr zu spüren. So fielen 2015 bereits zwei Drittel der Auswirkungen auf die Biodiversität ausserhalb der Schweiz an (BAFU 2018a) (→ Abbildung 3). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, neben dem angestossenen nationalen Handeln weiterhin auch auf dem internationalen Parkett aktiv zu bleiben.

Massnahmen

2012 verabschiedete der Bundesrat die **Strategie Biodiversität Schweiz (SBS)** und formulierte als Oberziel: «Die Biodiversität ist reichhaltig und gegenüber Veränderungen reaktionsfähig. Die Biodiversität und ihre Ökosystemleistungen sind langfristig erhalten.» (BAFU 2012a).

Die Umsetzung der zehn Ziele der SBS wurde im **Aktionsplan SBS** konkretisiert (Bundesrat 2017a). Der Aktionsplan ordnet seine Massnahmen und Pilotprojekte ein in die drei Bereiche «direkte Förderung der Biodiversität» (z. B. Auf- und Ausbau der ökologischen Infrastruktur, Artenförderung), «indirekte Förderung der Biodiversität» (z. B. Nutzung von Synergien mit oder Vermeidung von Fehlanreizen in Sektoralpolitiken) sowie «Wissensvermittlung und Sensibilisierung» von Stakeholdern und Bevölkerung.

Die direkte Förderung fokussiert auf den **Auf- und Ausbau der ökologischen Infrastruktur.** Ein Netz aus Kerngebieten und Vernetzungsgebieten bildet das Lebensnetz der Schweiz. Kerngebiete sind die ausgewiesenen Gebiete für die Biodiversität, welche bereits in der SBS festgelegt wurden. Derzeit sind rund 12,5 % der Landesfläche als Gebiete für die Biodiversität ausgewiesen. Davon sind etwa die Hälfte nationale Schutzgebiete (6,2 %) und ein Viertel kantonale **Schutzgebiete** (3,1 %). (→ Blick über die Grenzen). Zudem ist die Förderung der Biodiversität auch in der Landwirtschafts-, Wald- und Gewässerschutzgesetzgebung verankert. So leisten beispielsweise die **Biodiversitätsförderflächen der Qualitätsstufe II** der Landwirtschaft, die **Waldreservate** (gemäss Waldpolitik 2020) sowie ausgeschiedene Gewässerräume (gemäss GSchG) einen Beitrag.

Um dem teilweise schlechten Zustand der Schutzgebiete entgegenzuwirken, hat der Bundesrat 2016 beschlossen, ab 2017 zusätzliche Mittel in die Programmvereinbarungen im Umweltbereich sowie für Pilotprojekte und weitere Fördermassnahmen zu investieren (Bundesrat 2017a). Damit kann der Bund für dringende Sanierungs- und Aufwertungsmassnahmen in den Biotopen von nationaler Bedeutung sowie für Massnahmen zur Förderung der Waldbiodiversität umsetzen (Sofortmassnahmen). Diese Mittel werden durch die Kantone im Rahmen der Programmvereinbarungen im Umweltbereich entsprechend ergänzt. Der ausgewiesene **Finanzbedarf** für die Sanierung von Biotopen nationaler Bedeutung beträgt inzwischen rund 1,6 Milliarden Franken, und für den zielgerichteten Unterhalt besteht ein Bedarf von jährlich rund 126 Millionen (Martin et al. 2017).

Grosse Bedeutung hat zudem die **Vernetzung von Lebensräumen,** welche im Rahmen des Aktionsplans SBS mit verschiedenen Projekten im Bahn- und im Strassenbereich verstärkt angegangen wird. Zur Vernetzung





trägt ebenfalls die ökologische Sanierung der Gewässer bei. So sieht das Gewässerschutzgesetz (GSchG) die Revitalisierung von Fliessgewässern und die ökologische Sanierung von Wasserkraftwerken vor (→ Wasser). Die Vernetzung soll Teil der Flächennutzung insgesamt (insbesondere von Siedlung, Landwirtschaft, Wald) sein.

Das wichtigste Instrument zur direkten Förderung der Biodiversität auf Bundesebene sind die **Programmvereinbarungen** zwischen Bund und Kantonen. Der Vollzug des Schutzes obliegt den **Kantonen.** Die Programmvereinbarungen für die vierte Programmperiode 2020–2023 werden auf die Zielsetzungen der SBS und insbesondere des Aktionsplans ausgerichtet werden. Sie zielen auf eine integrale Planung der ökologischen Infrastruktur inkl. Koordination mit den Sektoralpolitiken hin, setzen die Sanierungs- und Aufwertungsmassnahmen um, fördern die Arten und legen ein Schwergewicht auf die Vernetzung.

Ein wichtiges Element bei der direkten Förderung der Biodiversität sind Massnahmen zur Bekämpfung **invasiver gebietsfremder Arten.** 2016 hat der Bundesrat die dazugehörige Strategie gutgeheissen und die Umsetzung in Auftrag gegeben (Bundesrat 2016d). Mit Massnahmen zur Früherkennung, Prävention und Eindämmung sollen die Schäden durch invasive gebietsfremde Arten in der Schweiz verringert werden. Die Massnahmen sollen bis 2020 umgesetzt sein, die Kantone beteiligen sich an der Finanzierung.

Die **indirekte Förderung** der Biodiversität bezieht die **Sektoralpolitiken** und finanzielle Anreize mit ein. Die Agrarpolitik verlangt beispielsweise, dass die Ammoniakemissionen als massgeblicher Treiber des Biodiversitätsverlustes vermindert werden (Bundesrat 2016e). Der Aktionsplan SBS thematisiert weiter die verstärkte Berücksichtigung der Biodiversität im Siedlungsbereich: So etwa in den Agglomerationsprogrammen, bei Rückzonungen oder in Baureglementen. Die Tourismusstrategie des Bundes nennt die Natur- und Landschaftswerte als zentrale Ressourcen für den Tourismus (Bundesrat 2017c). Generell sollen Ökosystemleistungen ein stärkeres Gewicht in raumrelevanten Entscheidungen erhalten.

Nagoya-Protokoll
Das Nagoya-Protokoll regelt völkerrechtlich verbindlich den **Zugang zu genetischen Ressourcen.** Diese haben ein riesiges Potenzial als Grundlage für die Züchtung von Pflanzen und Tieren für die Landwirtschaft oder für die Entwicklung von Wirkstoffen für Medikamente und Kosmetika. Werden auf dieser Basis entwickelte Produkte vermarktet, ergeben sich ökonomische Vorteile. Zudem können solche Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten auch nichtmonetäre Vorteile ergeben. Das Nagoya-Protokoll legt fest, dass diese **Vorteile gerecht und ausgewogen aufgeteilt** werden müssen und somit auch die Länder profitieren sollen, welche die genetischen Grundlagen zur Verfügung stellen. Die jeweiligen nationalen Nutzungsvorschriften für genetische Ressourcen müssen eingehalten werden. Die Schweiz hat das Nagoya-Protokoll 2014 ratifiziert, die entsprechende Verordnung ist seit dem 1. Februar 2016 in Kraft.

Im Übrigen enthält ein wesentlicher Teil des Aktionsplans SBS eine Beurteilung der Auswirkungen von Bundessubventionen und anderen Anreizen, die einen Einfluss auf die Biodiversität haben.

Zu den wichtigen indirekten Massnahmen gehört weiter der **Aktionsplan** zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von **Pflanzenschutzmitteln**, welcher 2017 vom Bundesrat verabschiedet wurde (Bundesrat 2017d). In Pflanzenschutzmitteln enthaltene biologisch wirksame Stoffe können unerwünschte Auswirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt haben. Diese sollen mit den im Aktionsplan vorgesehenen Massnahmen so gut wie möglich begrenzt werden.

Mit der Strategie Biodiversität Schweiz und dem Aktionsplan liefert die Schweiz ihren Beitrag zur Erfüllung **internationaler Abkommen.** Der strategische Plan Biodiversität 2011–2020 der internationalen Biodiversitätskonvention (CBD) verlangt, dass bis im Jahr 2050 der Wert der Biodiversität erkannt ist (CBD 2010). Die Bio-

diversität soll erhalten, wiederhergestellt und nachhaltig genutzt werden. Das Nagoya-Protokoll[1] regelt den Zugang zu genetischen Ressourcen (→ Infobox «Nagoya-Protokoll»).

Handlungsbedarf

- Der Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz (SBS) soll gemäss Beschluss des Bundesrates in mehreren Phasen realisiert werden. In den Jahren 2017–2023 (erste Umsetzungsphase) werden 18 Massnahmen und 19 Pilotprojekte verwirklicht. Sämtliche Massnahmen und Pilotprojekte der ersten Umsetzungsphase werden 2022 hinsichtlich ihrer ökologischen und ökonomischen Wirkung auf die Erhaltung und die Förderung der Biodiversität evaluiert. Die Resultate der Wirkungsanalyse sind entscheidend für eine allfällige Weiterführung von Massnahmen oder Projekten bzw. die Ergänzung des Aktionsplans Biodiversität durch weitere Massnahmen in den Jahren 2024–2027 (zweite Umsetzungsphase).

- Damit die Massnahmen des Aktionsplans vollständig umgesetzt und deren Wirkung nachhaltig garantiert werden können, ist auf Empfehlung der OECD eine Stärkung der Anstrengungen notwendig. Dazu zählen u. a. auch die Identifikation und die Vermeidung von Subventionen, welche potenziell eine negative Auswirkung auf die Biodiversität haben, und das Sichern der Finanzierung.

- Die ökologische Infrastruktur soll als zentrales Element der SBS und des Aktionsplans SBS auf- und ausgebaut sowie qualitativ verbessert werden und auf einem guten Stand erhalten bleiben. Die Kerngebiete sollen mit Blick auf das Ziel der Biodiversitätskonvention (CBD) von mindestens 17 % der Landesfläche erweitert werden. Die Vernetzungsgebiete, bestehend aus nachhaltig genutzten Flächen, spezifisch zugewiesenen Korridoren oder technischen Verbindungselementen, sollen ergänzt werden. Dazu gehört auch die raumplanerische Verankerung.

- Die mit der Waldpolitik 2020 (→ Wald) und mit der Gewässerpolitik (→ Wasser) eingeleiteten Massnahmen für die Biodiversität sollen fortgesetzt und wo nötig intensiviert werden.

- Nur mit intakten Ökosystemen ist langfristig eine produktive Landwirtschaft möglich. Dafür müssen die Umweltziele Landwirtschaft (UZL) erreicht und der Aktionsplan Pflanzenschutzmittel umgesetzt werden. Den Rahmen bildet die Gesamtschau des Bundesrates zur Agrarpolitik.

- Die Qualität von Siedlungen und Agglomerationen soll für die Biodiversität verbessert werden – mit direkter positiver Wirkung auch für die Bewohnerinnen und Bewohner. Entsprechende Vorgaben und Empfehlungen sollen auf verschiedenen Ebenen einfliessen – z. B. Agglomerationsprogramme, Richtpläne oder auch Musterbaureglemente. Der Aktionsplan SBS bietet dazu den Rahmen. Ergänzende Aktivitäten von Gemeinden, Unternehmen, Stiftungen, Privaten usw. haben Multiplikationspotenzial.

- Im Vollzug werden Schutz- und Fördermassnahmen für prioritäre Lebensräume und Arten teilweise unzureichend umgesetzt. Als Folge davon büssen z. B. die Biotope von nationaler Bedeutung kontinuierlich an Qualität ein. Es besteht ein dringender Aufwertungsbedarf. Neben der Bedingung, dass der Vollzug im Naturschutz und in den beeinträchtigenden Sektoralpolitiken wirkungsvoll und konsequent umgesetzt werden muss, ist die Schutzlegung inklusive Pufferzonen und ein an die Schutzziele angepasster Unterhalt sicherzustellen.

1 Protokoll von Nagoya vom 29. Oktober 2010 über den Zugang zu genetischen Ressourcen und die ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus ihrer Nutzung ergebenden Vorteile zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt, SR 0.451.432.

Blick über die Grenzen

Die internationale Biodiversitätskonvention (CBD) legt 17 % der Landesfläche, in guter Qualität und vernetzt, als Mindestziel fest. Die hierzulande **für die Biodiversität ausgewiesenen Gebiete** umfassen derzeit rund 12,5 %, eine Erweiterung auf 14 % ist absehbar. Damit nähert sich die Schweiz der Mindestvorgabe der CBD an, ohne sie jedoch zu erreichen. Die OECD weist darauf hin, dass die Schweiz im internationalen Vergleich zurückliegt (OECD 2017). Dies gilt nicht nur für die Fläche, sondern teilweise auch für die Qualität.

Die Publikation der Europäischen **Roten Liste** der Habitate ermöglicht einen Vergleich der hiesigen Situation mit derjenigen in Europa (BAFU 2016c). 45 % der Lebensräume, die in der Schweiz und im europäischen Ausland vorkommen und somit auf beiden Listen erwähnt sind, haben in Europa denselben Gefährdungsstatus wie hier. Rund 28 % der Habitate sind da stärker bedroht als im übrigen Europa. Für einige europaweit bedrohte Lebensräume, insbesondere Lebensräume der höheren Lagen, trägt die Schweiz zudem eine besondere Verantwortung. Bei der Gefährdung der Arten liegt sie mit einem Anteil von 36 % bedrohten Arten deutlich über dem Durchschnitt der OECD-Länder (OECD 2017). In ihrem Bericht hält die OECD fest, dass hierzulande die Säugetiere sowie die Amphibien besonders bedroht sind.

Wasser

Trotz grosser Fortschritte im Gewässerschutz ist der Zustand vieler Oberflächengewässer noch ungenügend. Sie sind durch Verbauungen und Wasserkraftnutzung beeinträchtigt. Zudem sind die kleinen Gewässer mit Nährstoffen und Pestiziden aus der Landwirtschaft belastet und die mittleren und grösseren Gewässer zusätzlich durch Mikroverunreinigungen aus Haushalten und Industrie. Viele Grundwasservorkommen in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten sind mit Nitrat und mit Pestizidabbauprodukten verunreinigt. Siedlungsnahe Grundwasservorkommen geraten durch die Ausdehnung der bebauten Flächen vermehrt unter Druck. Weiter sind die Gewässer zunehmend von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen.

Auftrag

Das Gewässerschutzgesetz (GSchG)[1] und die Gewässerschutzverordnung (GSchV)[2] zielen darauf ab, die ober- und unterirdischen Gewässer als Lebensgrundlage von Menschen, Tieren und Pflanzen zu erhalten und nachhaltig zu nutzen. Dabei werden nebst dem Schutzgedanken auch die Nutzungsaspekte berücksichtigt.

Um diese Ziele zu erreichen, hat der Bund Vorschriften festgelegt für die Einleitung von gereinigtem Abwasser und zu Restwassermengen für Wasserentnahmen aus Gewässern (z. B. für Wasserkraftwerke und landwirtschaftliche Bewässerungen). Zudem wurden Anforderungen an die Wasserqualität der ober- und unterirdischen Gewässer festgelegt und vorgeschrieben, wie Schutzzonen für Grundwasserfassungen von öffentlichem Interesse auszuscheiden und umzusetzen sind. 2011 wurde das Gewässerschutzgesetz (GSchG) dahingehend ergänzt, dass stark verbaute Gewässer revitalisiert und Wasserkraftwerke und andere Anlagen an Gewässern ökologisch saniert werden müssen. Zudem ist nun entlang fast aller Gewässer ein Gewässerraum auszuscheiden. Dieser Gewässerraum dient dazu, dass künftig die Gewässer ihre Funktion als Lebensräume und als Wanderkorridore für die Wasserlebewesen sowie als Erholungsräume für den Menschen wahrnehmen können und auch genügend Raum für den Hochwasserschutz zur Verfügung steht. Die Revision des Gewässerschutzgesetzes von 2014 hat die Weichen zur Elimination von Mikroverunreinigungen aus dem kommunalen Abwasser gestellt.

Auch die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO hat Ziele definiert, namentlich zur Wasserqualität (Sustainable Development Goal, SDG 6.3), zum Gewässerraum (SDG 6.6) sowie zur Nutzungseffizienz und dem Management von Wasserressourcen (SDGs 6.4 und 6.5) (UN 2015). Diese decken sich mit den Zielen der Schweiz.

Zahlreiche europäische Flüsse wie der Rhein, die Rhone, der Ticino und der Inn entspringen in der Schweiz. Damit trägt die Schweiz als Oberliegerstaat eine besondere Verantwortung für den Schutz dieser Gewässer und der Meere, in die sie münden. Um das globale Übereinkommen zum Schutz und zur Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen zu erfüllen, arbeitet die Schweiz mit den Nachbarstaaten zusammen. Die Rheinanliegerstaaten haben sich z. B. dazu verpflichtet, die Stickstoffeinträge bis 1995 gegenüber 1985 zu halbieren, um die Belastung in der Nordsee zu reduzieren (OSPAR-Konvention)[3]. Internationale Gewässerschutzkommissionen gibt es auch für die Grenzseen Bodensee, Lac Léman, Lago Maggiore und den Lago di Lugano.

Wasserqualität

Eine wichtige Grundlage zur Beurteilung der Wasserqualität ist das Gewässermonitoring, das mit verschiedenen Messnetzen die Qualität von Oberflächengewässern und von Grundwasser beobachtet.

Die **Nährstoffeinträge** haben sich kontinuierlich verringert: Die Schweizer Seen und Fliessgewässer sind heute weniger mit Phosphor und Stickstoff belastet. Viele Seen haben aber noch immer zu wenig Sauerstoff, vor allem in grösseren Tiefen. Dank des gut ausgebauten

1 Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG), SR 814.20.

2 Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998, SR 814.201.

3 Übereinkommen vom 22. September 1992 zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks (OSPAR-Konvention), SR 0.814.293.

Netzes von Kanalisationen und Abwasserreinigungsanlagen (ARAs) hat die **Phosphorfracht** im Rhein bei Basel seit 1980 von rund 6000 Tonnen pro Jahr auf heute rund 1400 Tonnen pro Jahr abgenommen. Die **Stickstofffrachten** in den Flüssen sind hingegen in geringerem Mass gesunken und seit den 2000er-Jahren im langjährigen Mittel konstant, weil die Landwirtschaft ihre Überschüsse kaum reduziert hat (→ Herausforderung Stickstoff).

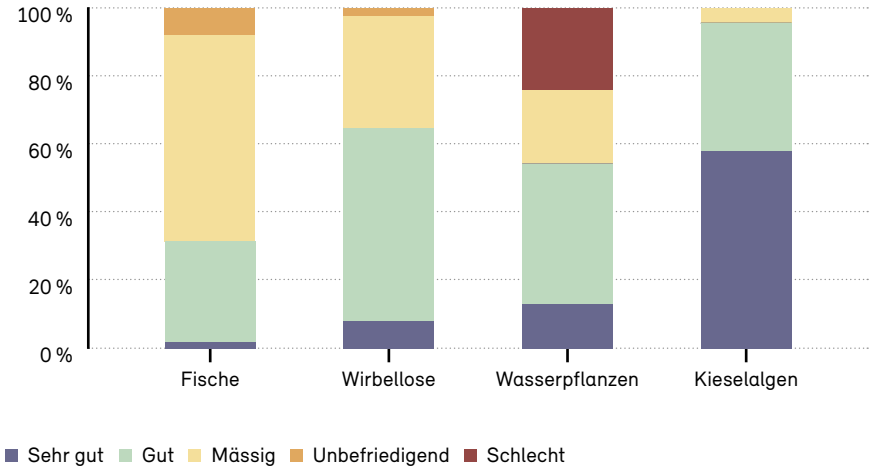
Derzeit ist die Nährstoffbelastung in etwa 10 % der untersuchten Fliessgewässer zu hoch (BAFU 2016e). Unbefriedigend ist die Situation in **kleinen Fliessgewässern und Seen** mit intensiver Landwirtschaft im Einzugsgebiet. In diesen Regionen werden sie durch hohe Nährstoff- und Pestizideinträge stark beeinträchtigt (AWA 2015, 2017). Kleine Gewässer sind besonders betroffen, weil sie weniger Wasser führen und dadurch die von einzelnen Feldern abgeschwemmten Schadstoffe weniger stark verdünnt werden. Dies führt zum Teil über Zeiträume von mehreren Monaten hinweg zu Konzentrationen, die für Gewässerorganismen sowohl akut wie auch chronisch toxisch sind (Doppler et al. 2017). Teilweise sind auch mittelgrosse Flüsse von hohen Nährstoffeinträgen betroffen. Diese Gewässer werden zusätzlich mit Nährstoffen und Mikroverunreinigungen belastet, die durch die ARA nicht vollständig eliminiert werden können.

Eine weitere grosse Herausforderung sind **Mikroverunreinigungen** aus den Siedlungen sowie aus Industrie und Gewerbe. Zu diesen Mikroverunreinigungen zählen u. a Arzneimittel, Biozide oder Reste von Gebrauchschemikalien, die erst in wenigen ARAs eliminiert werden.

Abbildung 31

Biologischer Zustand der Fliessgewässer

Ergebnisse der biologischen Untersuchungen im Rahmen der Nationalen Beobachtung Gewässerqualität (NAWA), eingeteilt nach den fünf Bewertungsklassen der Methodik des Modul-Stufen-Konzeptes. Die Organismengruppen reagieren unterschiedlich auf Wasserqualität, Gewässerverbauungen und künstliche Abflussschwankungen. Dies führt zu unterschiedlich grossen Anteilen der Bewertungsklassen: Fische haben höhere Ansprüche an die Lebensraumqualität als z. B. Kieselalgen.



Quelle: BAFU – NAWA

Zustand:

Entwicklung:

Aufgrund der Beurteilung mit Kieselalgen (diese wiederspiegeln v. a. die Nährstoffbelastung) sind nur 10 % der Messstellen ungenügend. Wird hingegen anhand von Wirbellosen und Wasserpflanzen bewertet, ist die Qualität des Gewässerökosystems an mindestens 30 % der Messstellen mässig bis schlecht bzw. anhand von Fischen an zwei Dritteln der Messstellen mässig bis unbefriedigend. Da die Fische am umfassendsten die verschiedensten Gewässerbelastungen abbilden, wird der Zustand insgesamt als schlecht bewertet.

Bis heute wurden erst zwei nationale Messkampagnen durchgeführt. Aussagekräftige Zeitreihen werden deshalb erst in Zukunft zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund kann die Entwicklung nicht bewertet werden.

Viele, vor allem kleine Schweizer Fliessgewässer, sind in einem **biologisch** ungenügenden **Zustand** (BAFU 2016d) (→ Abbildung 31). Für Pflanzen und wirbellose Tiere ist die Lebensraumqualität an einem Drittel der Messstandorte ungenügend. Bei den Fischen, die höhere Ansprüche an den Lebensraum stellen, wird der Zustand an zwei Dritteln der Standorte als ungenügend eingestuft. Gründe dafür sind mangelhafte Gewässerstrukturen und eine oft ungenügende Wasserqualität. Die starke Beeinträchtigung der Gewässer und der Feuchtgebiete widerspiegelt sich in den Roten Listen der gefährdeten Arten. Über ein Fünftel der vom Aussterben bedrohten oder in der Schweiz ausgestorbenen Arten sind bzw. waren an Gewässer gebunden, ein weiteres Fünftel an Ufer und Feuchtgebiete (→ Biodiversität).

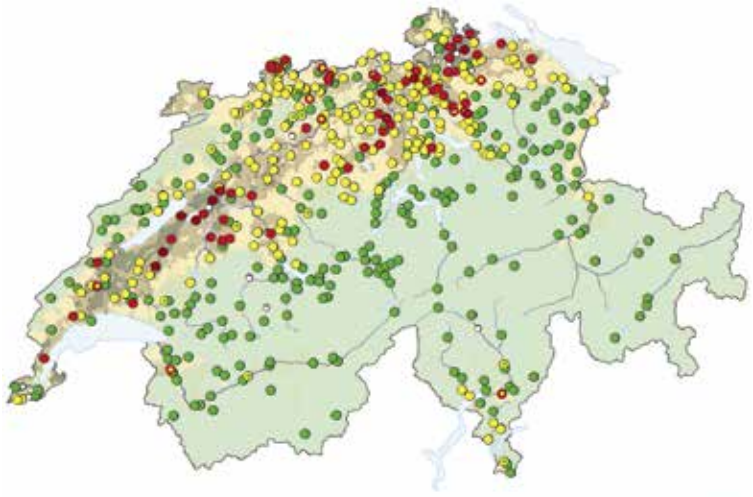
Der Zustand des **Grundwassers** muss differenziert beurteilt werden: Vor allem in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft weist das Grundwasser zu viel **Nitrat** auf (BAFU 2019a) (→ Abbildung 32) sowie Spuren von **Pflanzenschutzmitteln** und deren Abbauprodukten (Reinhardt et al. 2017). Im Mittelland enthalten einige Grundwasservorkommen zudem Rückstände von chlorierten Kohlenwasserstoffen aus früheren Anwendungen dieser Chemikalien. Entlang von Fliessgewässern können zudem Arzneimittelrückstände aus dem gereinigten Abwasser in das Grundwasser gelangen. Durch das Siedlungswachstum und den Ausbau der Verkehrsinfrastrukturen geraten **Grundwasserschutzzonen unter Druck.** Auch die freien Flächen um Trinkwasserfassungen, die für den Schutz des Grundwassers notwendig sind, werden vermehrt genutzt oder überbaut. Oft ist die Folge davon, dass Trinkwasserfassungen geschlossen werden müssen.

Abbildung 32

Nitrat im Grundwasser

Gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) soll im Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird, eine Nitratkonzentration von 25 mg/l nicht überschritten werden. Die Nitratkonzentration im Grundwasser der Schweiz wird auf Landesebene im Rahmen der Nationalen Grundwasserbeobachtung (NAQUA) erfasst. NAQUA umfasst mehr als 600 Messstellen und wird vom Bund in enger Zusammenarbeit mit den Kantonen betrieben.

Vor allem in landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen liegen die Nitratkonzentrationen über 25 mg/l (rote Punkte). Werte über 40 mg/l (dunkelrot) treten vor allem an Messstellen im Mittelland auf. In den Alpen liegen die Nitratkonzentrationen meist unter 10 mg/l (grün), auf der Alpensüdseite und in grossen Teilen des Jura meist unter 25 mg/l (grün/gelb).



Nitrat

- ≤ 10 mg/l
- 10–25 mg/l
- 25–40 mg/l
- > 40 mg/l
- Nicht beprobt
- Maximalwert
- Mittelwert

0 50 km

Offenes Ackerland

- ≤ 1 %
- 1–5 %
- 5–20 %
- 20–40 %
- > 40 %

Zustand:

Entwicklung:

Die Nitratkonzentration im Grundwasser überschreitet landesweit an rund 14 % der nationalen Messstellen die numerische Anforderung von 25 mg/l. In intensiv landwirtschaftlich genutzten Regionen ist die Nitratkonzentration am höchsten. Unter Ackerland liegt sie an rund 40 % der Messstellen über der numerischen Anforderung. Deshalb wird der Zustand als negativ bewertet.
Witterungsbereinigt ist für den betrachteten Zeitraum kein signifikanter Trend feststellbar. Die Belastung ist insgesamt stabil. Wünschenswert wäre indessen eine Verringerung. Die Entwicklung wird daher als unbefriedigend bewertet.

Quelle: BAFU – NAQUA





Die **Wassertemperaturen** der Oberflächengewässer steigen seit Beginn der Messungen 1963 kontinuierlich an (→ Abbildung 33). Durch die höhere Temperatur wird weniger Sauerstoff im Wasser gelöst. Gleichzeitig steigt die Aktivität der Gewässerorganismen, was deren Sauerstoffbedarf erhöht. Die gegensätzliche Entwicklung von Bedarf und Angebot an Sauerstoff kann bei den Wasserlebewesen zu Stress oder sogar zum Tod führen. Wenn das Wasser wärmer ist, weisen z. B. Forellen, die an einer weitverbreiteten Nierenkrankheit (Proliferative Kidney Disease, PKD) leiden, schwerere Symptome auf, und die Sterblichkeit ist erhöht. Zudem mischen sich grössere Seen durch die Erwärmung weniger oft oder weniger vollständig, was die Versorgung des Tiefenwassers mit Sauerstoff erschwert (BAFU 2016e).

Struktur, Morphologie und Wasserführung

Die Struktur der Fliessgewässer und Seeufer ist in einem schlechten ökologischen Zustand. Ein Viertel der Bach- und Flussstrecken sind **verbaut** und/oder weisen **künstliche Hindernisse** auf, die den Lebensraum für Gewässerlebewesen weniger durchgängig machen.

Damit die Fliessgewässer ihre Funktion als Lebensraum und Wanderkorridor für die Wasserlebewesen dauerhaft erfüllen können, muss überall genügend **Restwasser** fliessen. Von den 980 sanierungspflichtigen Wasserentnahmen, die bis 2012 hätten saniert werden sollen, sind rund 25 % noch immer nicht saniert (BAFU 2017e).

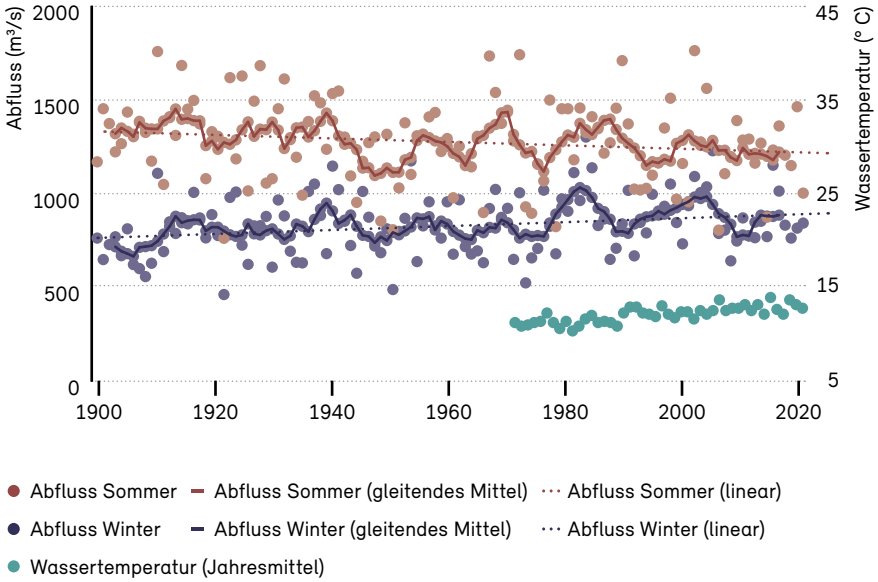
Bis 2030 muss schweizweit bei rund 1000 Wasserkraftwerken die **Fischgängigkeit** wiederhergestellt werden (→ Abbildung 34). Zudem müssen 100 Wasserkraftwerke, die **Schwall-Sunk** verursachen, saniert werden sowie 500 Wasserkraftwerke und andere Anlagen, die **Geschiebedefizite** bewirken.

Auch die **Seeufer** sind oft stark **verbaut.** Durch solche Verbauungen gehen Lebensräume und Laichplätze verloren,

Abbildung 33

Temperatur und Abfluss von Fliessgewässern

In der Grafik dargestellt sind der Abfluss des Rheins bei Basel im Sommer (rot) und im Winter (blau) sowie die Wassertemperaturen des Rheins bei Rheinfelden (grün). Über ein ganzes Jahr gesehen, beträgt im Rhein bei Basel der Anteil Schmelzwasser aus Gletschern 2 % und aus Schnee 39 %. Die durchschnittliche Temperatur ist hingegen seit den 1960er-Jahren um mehr als 2 °C angestiegen. Eine ähnliche Veränderung konnte auch in anderen Fliessgewässern im Mittelland festgestellt werden.



Quelle: BAFU

Zustand Wassertemperatur:

Entwicklung Wassertemperatur:

Gemäss den ökologischen Zielen für oberirdische Gewässer in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) sollen die Temperaturverhältnisse naturnah sein. Der seit Jahrzehnten andauernde Temperaturanstieg führte zu einem derzeit mittelmässigen Zustand. Der fortschreitende Anstieg aufgrund des Klimawandels und der Einleitungen von erwärmtem Wasser ist negativ zu bewerten. Die Erwärmung hat zur Folge, dass wärmeempfindliche Wasserorganismen wie z. B. kälteliebende Fischarten geschädigt werden oder sterben (→ Infobox «Klimadienstleistungen» im Kapitel Klima).

die Schutzfunktionen natürlicher Gewässer und die Erholungsqualität für den Menschen werden beeinträchtigt.

Ausblick

In Zukunft dürfte sich der **Druck auf die Gewässer** und auf das als Trinkwasser genutzte Grundwasser durch **sozio-ökonomische Faktoren** weiter erhöhen. Dazu zählen die intensive landwirtschaftliche Produktion, das Wachstum von Siedlungsflächen und Verkehrsinfrastrukturen sowie der Ausbau der Wasserkraft (→ Wohnen, → Mobilität).

Zusätzlich droht der **Klimawandel**, unsere Wasserressourcen zu beeinträchtigen (NFP61 2015). Der erwartete Rückgang der Sommerniederschläge und die Zunahme der Lufttemperatur lassen voraussichtlich die **Pegelstände** sinken und die **Gewässertemperaturen** weiter ansteigen. Zudem werden die eingetragenen Nährstoffe und Mikroverunreinigungen weniger verdünnt. Dies liefert Pflanzen und Tieren in und an den Gewässern noch grösserem Stress aus und gefährdet das Überleben insbesondere bereits heute bedrohter Arten zusätzlich.

Die grössten Veränderungen sind im **alpinen Wasserhaushalt** zu erwarten: Nach heutigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass die Schneefallgrenze steigen wird und die Schneereserven im Winter sowie die Gletschervolumen weiter schwinden werden. Diese Entwicklung dürfte auch die **jahreszeitliche Verteilung der Abflüsse** in der ganzen Schweiz weiter verändern (→ Abbildung 33). Im Winter werden die Abflüsse in vielen Gebieten deutlich zunehmen, im Sommer hinge-

Abbildung 34

Sanierungspflichtige kraftwerksbedingte Fischwanderhindernisse

Aufgrund der Wasserkraftnutzung sind viele Fluss- und Bachsysteme für Fische nicht oder nur teilweise durchwanderbar. Das Gewässerschutzgesetz in Verbindung mit der Fischereigesetzgebung verlangt in den nächsten Jahren die Wiederherstellung der Fischgängigkeit an solchen Wanderhindernissen. Von den gesamtschweizerisch 2075 kraftwerksbedingten Wanderhindernissen müssen bei rund 1000 der Fischaufstieg (linke Kreishälfte), der Fischabstieg (rechte Kreishälfte) oder beide Wanderkorridore wiederhergestellt werden.



◐ Linke Kreishälfte: Fischaufstieg ◑ Rechte Kreishälfte: Fischabstieg

Quelle: BAFU

gen werden sie zurückgehen. Die Trocken- und Abflussextreme dürften dementsprechend zunehmen (Akademien Schweiz 2016). Künftig werden verschiedene Sektoren wie die Wasserkraft, die Landwirtschaft und die Gefahrenprävention noch vermehrt auf Grundlagen und Vorhersagen angewiesen sein, um den geschilderten Auswirkungen begegnen zu können (→ Infobox «Klimadienstleistungen» im Kapitel Klima).

Auch bei der **Grundwasserneubildung** ist eine jahreszeitliche Verschiebung zu erwarten. Besonders im Jura und im Mitteland dürften sich dadurch die sommerlichen Grundwassertiefstände noch verstärken, was auf die Trinkwasserversorgung einen Einfluss haben kann.

Die Wasserressourcen geraten nicht nur in der Schweiz, sondern auch weltweit zunehmend unter Druck: Der Wasserbedarf dürfte zwischen 2010 und 2030 um rund 40 % ansteigen, vor allem durch die Landwirtschaft. Entsprechend wird auch die **globale Konkurrenz um Wasser** zunehmen (EUA 2015b).

Massnahmen

Durch das Gewässerschutzgesetz und die dazugehörige Verordnung verfügt der Gewässerschutz in der Schweiz über eine gute gesetzliche Grundlage.

Die **Renaturierung** von Gewässern liegt in der Verantwortung der Kantone. Gemäss deren strategischen Planungen müssen 4000 km stark verbaute Gewässerabschnitte revitalisiert werden. Dies ist eine Mehrgenerationenaufgabe und soll bis 2090 umgesetzt sein. Revitalisierungen werden durch den Bund subventioniert. Mit diesem Geld lassen sich Projekte der Kantone zu 35 bis 80 % der Projektkosten unterstützen (→ Blick über die Grenzen).

Die Massnahmen zur Wiederherstellung der Fischwanderung und des Geschiebetriebs und zur Verminderung von Schwall und Sunk müssen bis 2030 getroffen sein. Der Vollzug liegt bei den Kantonen (BAFU 2015c). Den Inhabern von **Wasserkraftanlagen** werden über eine Spezialfinanzierung (Netzzuschlag auf Strom von 0,1 Rp./kWh) die anrechenbaren Kosten der Massnahmen zu 100 % zurückerstattet. Bis jetzt wurden ungefähr 140 Millionen Franken aus diesen Mitteln für Sanierungsprojekte zugesichert.

2016 startete die Umsetzung der Massnahmen zur Elimination von **Mikroverunreinigungen.** Gemäss den in der Gewässerschutzverordnung festgelegten Kriterien bestimmen die Kantone, welche **Abwasserreinigungsanlagen (ARAs)** auszubauen sind, und sie vollziehen die Massnahmen. Die notwendigen Investitionen werden

Wasserinfrastruktur – ein grosses Kapital

In der Schweiz wurden in den Aufbau der gesamten Infrastruktur für die **Abwasserreinigung** rund 50 Milliarden Franken investiert. 5,3 Milliarden Franken hat der Bund dazu beigesteuert, den Rest haben die Kantone und Gemeinden finanziert. Der Anschlussgrad der Bevölkerung an eine Abwasserreinigungsanlage (ARA) konnte so von 16 % in den 1960er-Jahren auf rund 98 % angehoben werden. Dies hat zu einer sichtbaren, massiven Verbesserung der Wasserqualität unserer Seen und Fliessgewässer geführt. Für die Kosten der Abwasserentsorgung sind die Betriebs- und Kapitalkosten relevant, die für alle ARAs zusammen rund 1 Milliarde Franken pro Jahr und für die Kanalisationen 1,2 Milliarden Franken pro Jahr betragen.

Diese Kosten werden über **verursachergerechte Abwassergebühren** finanziert, die je nach Gemeinde und Ausgestaltung der Abwasserinfrastruktur unterschiedlich hoch sind. Ein 4-Personen-Haushalt bezahlt rund 20 bis 70 Franken pro Monat für die Abwasserentsorgung.

Die **Trinkwasserversorgung** ist über Gebühren ebenfalls verursachergerecht geregelt. Die Betriebs- und Kapitalkosten der Wasserversorgungen betragen rund 1,5 Milliarden Franken pro Jahr oder 2 Franken pro Kubikmeter Wasser.

Die Wasserinfrastruktur der Schweiz stellt nicht nur ein grosses finanzielles Kapital dar, sondern sie hat auch einen unschätzbaren Wert für die Umwelt und die Lebensqualität der Bevölkerung.

über eine schweizweite Abwasserabgabe finanziert, die im Gewässerschutzgesetz verankert ist. Sie beträgt 9 Franken pro angeschlossenen Einwohner und Jahr. Der gesamte Investitionsbedarf beläuft sich auf rund 1,2 Milliarden Franken (→ Infobox «Wasserinfrastruktur – ein grosses Kapital»).

Um die Einträge von **Pflanzenschutzmitteln**, vor allem aus der Landwirtschaft, in die Gewässer zu reduzieren, hat der Bundesrat einen **Aktionsplan** zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln beschlossen. Dieser legt messbare Ziele und konkrete Massnahmen fest (Bundesrat 2017d).

Als Massnahme gegen die Erhöhung der **Wassertemperaturen** ist – neben vielfältigeren Gewässerstrukturen – der Anteil an beschattender Gehölzbestockung entlang der Fliessgewässer, insbesondere bei kleinen Bächen, deutlich zu erhöhen.

Eine weitere Massnahme zur **Anpassung an den Klimawandel** ist das 2015 neu gegründete National Centre for Climate Services (NCCS). Ziel des NCCS ist es, wissenschaftlich basierte Informationen und Daten über das vergangene, heutige und zukünftige Klima und seine Folgen als Grundlage für Entscheide von Behörden, Politik, Wirtschaft und für die Gesellschaft bereitzustellen. Dies, um klimabedingte Risiken zu verkleinern, Chancen zu erkennen und zu nutzen sowie Kosten zu optimieren. Die Arbeiten werden in sieben Themenschwerpunkten durchgeführt; dazu gehört beispielsweise die Erarbeitung von Klimaszenarien oder von hydrologischen Grundlagen zum Klimawandel (→ Infobox «Klimadienstleistungen» im Kapitel Klima).

Zusammen mit den Anrainerstaaten grenzüberschreitender Gewässern arbeitet der Bund bei Programmen zum **sektorenübergreifenden Wassermanagement in internationalen Einzugsgebieten** mit, so etwa im Programm «Rhein 2020» (IKSR 2013). Die Schweiz unterstützt dabei die EU-Mitgliedsstaaten bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie gemäss den völkerrechtlichen Übereinkommen und ihrer nationalen Gesetzgebung. Auf Antrag der Schweiz wurde ausserdem das Übereinkommen zum Schutz und zur Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen der Wirtschaftskommission für Europa (UNECE) im Jahr 2016 für alle UN-Mitgliedsstaaten geöffnet.

Handlungsbedarf

- Obwohl die Frist für die Restwassersanierung bereits im Jahr 2012 abgelaufen ist, sind rund 25 % der 980 sanierungspflichtigen Wasserentnahmen noch immer nicht saniert. Die ausstehenden Sanierungen sind rasch abzuschliessen.

- Die Verantwortung für die ökologische Sanierung von Wasserkraftwerken, welche Fischwanderhindernisse, Schwall-Sunk oder Geschiebedefizite verursachen, liegt primär bei den Inhabern der Wasserkraftanlagen und den Kantonen. Um die Sanierungsziele bis 2030 zu erreichen, muss der Vollzug beschleunigt werden.

- Gemäss Gewässerschutzgesetz (GSchG) werden die Kantone bis 2018 die Gewässerräume ausscheiden.

- 4000 km Gewässerabschnitte müssen revitalisiert werden. Obwohl es sich dabei um eine Mehrgenerationenaufgabe handelt, sind die Kantone gefordert, ihre Revitalisierungsprogramme zeitgerecht umzusetzen.

- Gemäss den vom Bund vorgegebenen Kriterien sind bis 2040 schätzungsweise 120 Abwasserreinigungsanlagen (ARAs) mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe auszurüsten. Die Verantwortung dafür liegt bei den Kantonen und Gemeinden.

- Der Vollzug der Grundwasserschutzzonen muss gestärkt werden, u. a. durch die rechtskräftige Ausscheidung der Schutzzonen, sowie eine konsequente Kontrolle und Einhaltung der Nutzungseinschränkungen. Ebenfalls ist zu prüfen, wie sich der Grundwasserschutz schweizweit in der Raumplanung verankern lässt. Die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser soll über regionale Wasserversorgungsplanungen gesichert werden.

- Die aus dem Gewässerschutzrecht abgeleiteten Umweltziele Landwirtschaft (UZL) sind noch nicht erreicht. Die Emissionen von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln (PSM) in die Gewässer müssen deutlich reduziert werden. Durch eine konsequente Umsetzung des Aktionsplans Pflanzenschutzmittel erreicht man die notwendige Reduktion. Insbesondere zur Lösung der Nährstoffproblematik ist eine konsequente Ausrichtung der Landwirtschaft auf die regionale ökologische Tragbarkeit (standortangepasste Landwirtschaft) unabdingbar. Über Massnahmen der Luftreinhaltung (Verminderung der Ammoniakemissionen) lässt sich der Eintrag von Ammonium und Nitrat in die Gewässer ebenfalls erheblich vermindern.

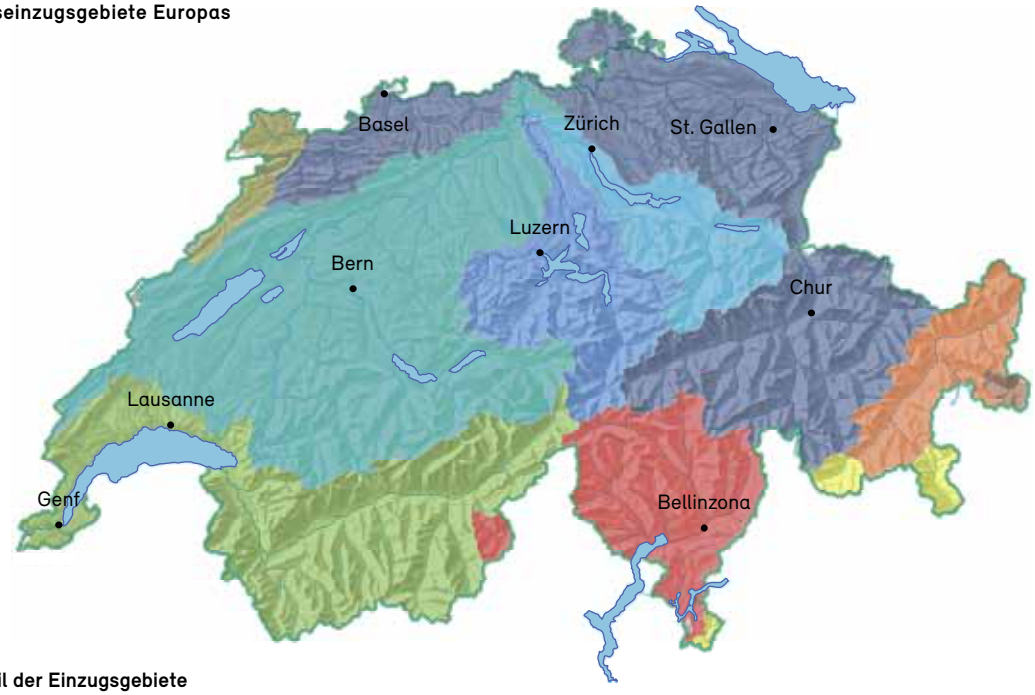
- Das Gewässermonitoring muss laufend überprüft und den neuen Herausforderungen angepasst werden (z. B. Mikroverunreinigungen, Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzen und Tiere in den Gewässern).

Blick über die Grenzen

Weil verschiedene Haupt-Flusseinzugsgebiete Europas in der Schweiz ihren Anfang nehmen (→ Abbildung 35), ist in der Gewässerpolitik die internationale **Zusammenarbeit mit den Nachbarländern** wichtig. Beispielsweise sind Sanierungsmassnahmen an Wasserkraftwerken in flussabwärts liegenden Ländern Voraussetzung für eine erfolgreiche Wiederansiedlung des Lachses in der Schweiz. Auf der anderen Seite spielt die Schweiz als Oberlieger eine wichtige Rolle, wenn es darum geht, in den grossen Flüssen Europas eine gute Wasserqualität zu erreichen und den Unterliegern möglichst sauberes Wasser zur Nutzung, u. a. als Trinkwasserressource, zur Verfügung zu stellen. Mit den beschlossenen Massnahmen zur Fliessgewässerrenaturierung und zur Elimination von Mikroverunreinigungen in Kläranlagen hat die Schweiz im Gewässerschutz international eine Führungsrolle übernommen. Dies auch deshalb, weil die Aufrüstung der Kläranlagen dank einer gesetzlich verankerten Abwasserabgabe finanziell gesichert ist.

Abbildung 35

Haupt-Flusseinzugsgebiete Europas



Flächenanteil der Einzugsgebiete

Nordsee 68 %	Adria 9,3 %	Mittelmeer 18 %	Schwarzes Meer 4,4 %
Aare	Adige	Rhône	Inn
Rhein	Adda	Doubs	
Limmat	Ticino		
Reuss			

0 N 50 km

Quelle: BAFU

Wald

Dem Schweizer Wald geht es verhältnismässig gut, in den letzten zehn Jahren war sein Zustand stabil. Wälder können sich an ändernde Umweltbedingungen anpassen. Die Frage stellt sich, ob der Wald diese Anpassungsprozesse rasch genug vollziehen kann. In Zukunft werden der Klimawandel mit trockeneren Sommern sowie eingeschleppte und einwandernde Schadorganismen dem Wald zu schaffen machen. Die ökonomischen Rahmenbedingen für die Wald- und Holzwirtschaft können die Sicherstellung von Waldleistungen ebenfalls gefährden.

Auftrag

Mit dem Waldgesetz (WaG)[1] sorgt der Bund u. a. dafür, dass die Waldfläche in der Schweiz erhalten bleibt (Rodungsverbot) sowie nachhaltig bewirtschaftet wird und dass das Ökosystem Wald geschützt wird.

Mit der Waldpolitik 2020 hat der Bund die Ziele für die zukünftige Entwicklung des Schweizer Waldes formuliert und darin auch seine Vision bis 2030 festgehalten: Er will eine nachhaltige Waldbewirtschaftung und die Schutzwaldleistung sicherstellen, die Biodiversität erhalten und gezielt verbessern, den Wald besser gegen die Folgen des Klimawandels wappnen sowie günstige Rahmenbedingungen für eine effiziente und innovative Wald- und Holzwirtschaft schaffen (BAFU 2013c).

Auch zu den Zielen der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO tragen Wälder massgeblich bei. Insbesondere die Wälder sollen dabei nachhaltig bewirtschaftet werden (Sustainable Development Goal, SDG 15.2), damit soziale, ökologische und ökonomische Aspekte im Gleichgewicht liegen. Zudem soll der Verlust der biologischen Vielfalt verhindert werden (SDG 15.1) (UN 2015).

Waldzustand

Die **Waldfläche** nimmt zu, die Entwicklung verläuft regional jedoch unterschiedlich. Vor allem auf landwirtschaftlich nicht mehr genutzten Flächen in den Alpen und auf der Alpensüdseite breitet sich der Wald aus, in den anderen Regionen bleibt seine Fläche stabil. Derzeit ist in der Schweiz rund ein Drittel der Fläche bewaldet. Gemäss den Erhebungen des 4. Schweizerischen Landesforstinventars (LFI) betrug die Waldfläche im Jahr 2015 1 313 000 ha (WSL 2016). Die Waldfläche, die jeder Person in der Schweiz im Schnitt zur Verfügung steht, ist mit 0,16 ha eine der tiefsten in Europa (FOREST EUROPE 2015).

Der **Holzvorrat** aller lebenden Bäume und Sträucher ist seit der letzten Erhebung (LFI3, 2004/06) stabil geblieben. Er liegt gegenwärtig bei durchschnittlich 351 m^3/ha (LFI4, 2009/15) (WSL 2016) (→ Abbildung 36). In den Voralpen ist der höchste Holzvorrat mit 444 m^3/ha zu finden, im Mittelland sind es 380, im Jura 377, in den Alpen 314 und auf der Alpensüdseite 240 m^3/ha. Geerntet wird Waldholz hauptsächlich dort, wo der Preis die Kosten deckt. Dies ist in den leicht zugänglichen Wäldern des Mittellandes meist der Fall (BAFU 2016f). In weiten Teilen der Voralpen- und Alpenwälder ist die **Holzernte** aufgrund der schwierigen Geländeverhältnisse und der geringen Erschliessung nicht kostendeckend, was negative Auswirkungen auf die nachhaltige Sicherstellung der **Waldfunktionen** zur Folge haben kann.

Die **Gesundheit** und Vitalität des Waldes werden durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Seit der Jahrtausendwende ist der Wald von ausserordentlichen Sturmereignissen verschont geblieben, erfährt jedoch wiederkehrende **Trockenperioden,** besonders ausgeprägt in den Jahren 2003 und 2015, was zu einer hohen Waldbrandgefährdung führt. Der Wald wird auch zunehmend durch **Schadorganismen** und **Krankheiten** bedroht. Dazu zählen der Borkenkäfer, der Asiatische Laubholzbockkäfer oder neue Pilzkrankheiten wie das Eschentriebsterben und die Rotbandkrankheit der Föhre, die dem Wald vermehrt zusetzen. Auch die Ausbreitung von invasiven gebietsfremden Pflanzen (z. B. Götterbaum) nimmt zu.

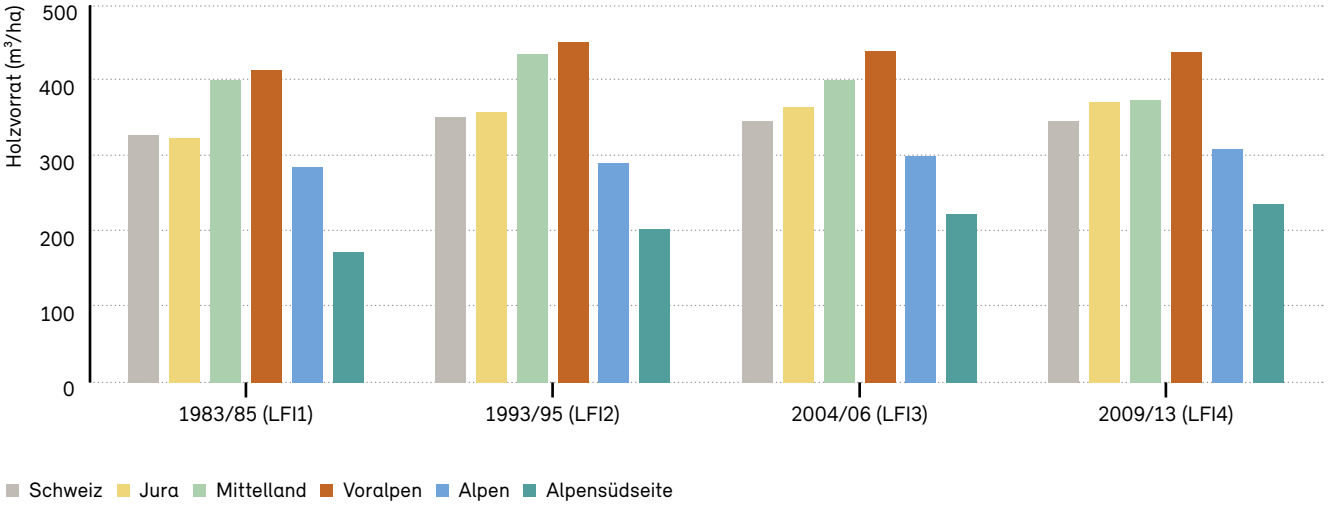
Stickstoffhaltige Luftschadstoffe führen zur Versauerung der Böden (→ Herausforderung Stickstoff, → Luft). Betroffene Wälder zeigen Mangelerscheinungen wie Blatt- und Nadelverluste, Wachstumsstörungen oder

1 Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (Waldgesetz, WaG), SR 921.0.

Abbildung 36

Holzvorrat nach Produktionsregionen

Die Grafik zeigt den Holzvorrat nach Produktionsregionen in Kubikmetern pro Hektare (m^3/ha). Die Bezugsgrösse ist die Fläche des Waldes (zugängliche Waldfläche ohne Gebüschwald[2]) zum Zeitpunkt der jeweiligen Inventuren LFI1, LFI2, LFI3 und LFI4, um der Waldflächenzunahme Rechnung zu tragen.
Der Holzvorrat ist das Resultat aus natürlichen Einflüssen sowie aus Handlungen des Menschen. Es ist sinnvoll, dass das Holz so effizient und nachhaltig wie möglich genutzt wird. Bei der Holznutzung ist ausserdem darauf zu achten, dass eine nach Baumalter und Baumarten langfristig stabile Waldstruktur gewährleistet ist. Gesamthaft ist der Holzvorrat über die letzten Jahrzehnte stabil geblieben. Eine Zunahme ist vor allem in den Alpen und auf der Alpensüdseite nachgewiesen, wo die Geländeverhältnisse die Holznutzung erschweren.
Der Schweizer Wald hat im europäischen Ländervergleich mit rund 350 m^3/ha den grössten Holzvorrat (FOREST EUROPE 2015).



Quelle: WSL – LFI

schlechtere Verwurzelung (Bundesrat 2017g). Sie sind weniger widerstandsfähig gegenüber Krankheiten und Witterungseinflüssen wie Trockenheit oder Stürme.

Der Schweizer Wald gilt insgesamt als anpassungsfähig und robust. Während die **Biodiversität** in anderen Lebensräumen stark unter Druck ist, wird die Entwicklung im Wald positiver beurteilt (BAFU 2017a) (→ Biodiversität). Viel dazu beigetragen haben die naturnahe Waldbewirtschaftung und die Anstrengungen des Bundes und der Kantone bei der Förderung der Waldbiodiversität. Der Wald hat einen höheren **Anteil an Laubhölzern** als 2005, was eher der natürlichen Baumartenzusammensetzung entspricht. Die Laubhölzer selbst werden auf dem Rundholzmarkt jedoch weit weniger nachgefragt als Nadelholz. Insgesamt hat die **Arten- und Strukturvielfalt** in den Wäldern zugenommen. Mehr als die Hälfte der bis 2030 geplanten **Waldreservatsflächen** (10 % der Schweizer Waldfläche gemäss Ziel Waldpolitik 2020) sind bereits eingerichtet (BAFU/WSL 2015).

Waldleistungen

Der Schweizer Wald ist mit 32 Prozent der Landesoberfläche als **Lebensraum** von Fauna und Flora sowie als Quelle der erneuerbaren Ressource Holz unverzichtbar. Er ist Teil unserer Landschaft und unabdingbar für die Regulierung des Klimas, die Bereitstellung von Trinkwasser, die Minimierung der Risiken durch Naturgefahren und für die biologische Vielfalt. Der Wald trägt zu unserem **Wohlbefinden,** zu unserer Sicherheit sowie zur **ökonomischen Wertschöpfung** bei.

Der Schweizer Wald wird schonend bewirtschaftet, Kahlschlag wie auch Dünger sind verboten; zudem wird hauptsächlich mit Naturverjüngung gearbeitet. Die

2 Gebüschwald: gemäss LFI zu mehr als zwei Dritteln des Bestandes mit Sträuchern bedeckte Waldfläche (BAFU/WSL 2015).



Schutzwirkung des Waldes vor Naturgefahren wie Lawinen, Steinschlag oder Murgänge hat sich verbessert. Nach wie vor kann sich der Wald aber vielerorts nicht ausreichend verjüngen. Ein Grund dafür ist die Zunahme der Verbissschäden an jungen Bäumen durch Hirsche und Rehe.

Die Sicherstellung dieser Ökosystemleistungen ist mit **Kosten** verbunden, die jedoch nur noch teilweise durch den Holzerlös gedeckt werden. Waldeigentümer müssen ihre erbrachten Leistungen besser ausweisen und in Wert setzen (→ Biodiversität).

Ausblick

Während heute nach wie vor erhöhte Stickstoffeinträge und Ozonkonzentrationen viele Wälder belasten, werden in Zukunft die direkten und indirekten Auswirkungen des **Klimawandels** (→ Infobox «Wald und Klimawandel») sowie eingeschleppte **Schadorganismen** dem Wald noch stärker zusetzen. Diese Organismen können die Waldökosysteme schnell und unberechenbar verändern (BAFU/WSL 2015).

Die gesellschaftlichen **Ansprüche an den Wald** (Freizeitnutzung, Schutzfunktion usw.) nehmen weiterhin zu. Entsprechend wird die grosse Herausforderung sein, künftig die Waldfunktionen und -leistungen aufrechtzuerhalten.

Massnahmen

Waldpolitik ist eine gemeinsame Aufgabe von Bund, Kantonen und Waldeigentum. Mit der **Waldpolitik 2020** hat der Bund die gemeinsam angestrebten Ziele und Massnahmen formuliert (BAFU 2013c, 2015d, Wilkes-Allemann et al. 2017). Im Rahmen von vierjährigen **Programmvereinbarungen** unterstützt der Bund die Umsetzung finanziell, insbesondere in den Bereichen Waldbewirtschaftung, Schutzwald und Biodiversität. 2014 beliefen sich diese Beiträge auf 142 Millionen Franken. Weitere 113 Millionen Franken steuerten die Kantone bei.

Per 1. Januar 2017 traten Änderungen des Waldgesetzes (WaG) und eine revidierte Waldverordnung (WaV)[1] in Kraft. Diese haben zum Ziel, den Wald besser vor **Schadorganismen** zu schützen, ihn für die Herausforderungen des **Klimawandels** zu wappnen und die Holzverwendung sowie die Arbeitssicherheit bei der Holzernte zu fördern.

Zudem ist es den Kantonen nun erlaubt, auch ausserhalb der Bauzonen eine **statische Waldgrenze** festzulegen, um zu verhindern, dass sich die Waldfläche ungewollt ausbreitet.

Mit der **Ressourcenpolitik Holz** werden Ziele zur Verwendung von nachhaltigem Holz auf Stufe Bund festgelegt (Art. 34a und 34b, WaG). Diese leisten einen Beitrag zu den politischen Zielen der Schweiz im Klima- und Energiebereich (z. B. CO_2-Speicherung) sowie zur Waldpolitik. Insbesondere soll Holz aus dem Schweizer Wald vermehrt genutzt und die Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft gesteigert werden. Der **Aktionsplan Holz** und der **Wald- und Holzforschungsfonds** von Bund und Kantonen unterstützen und lancieren Projekte im Bereich der **Innovation** und **Sensibilisierung.** So lancierte die Schweizer Wald- und Holzbranche gemeinsam mit Bund und Kantonen die Kampagne #WOODVETIA, um die Konsumentinnen und Konsumenten zu ermuntern, vermehrt Holz aus dem Schweizer Wald nachzufragen.

International engagiert sich die Schweiz u. a. für die Umsetzung des Strategischen Plans der Vereinten Nationen für Wälder 2017–2030 sowie für die Umsetzung der Aichi-Biodiversitätsziele 2020 und der Ziele der Agenda 2030. Weiter unterstützt sie die Vermeidung des Treibhausgasausstosses aus Rodungen und Waldzerstörung (MI 2009). Die Schweiz engagiert sich auch im Rahmen des Waldforums der Vereinten Nationen für Rahmenbedingungen und hohe Standards zugunsten einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Wälder auf internationaler Ebene. In diesem Kontext bringt die Schweiz ihre Erfahrung in der Waldbewirtschaftung ein und stärkt den Informationsaustausch, insbesondere für aufkommende Themen wie der Einfluss des Klimawandels auf die Wälder.

1 Verordnung vom 30. November 1992 über den Wald (Waldverordnung, WaV), SR 921.01.

Wald und Klimawandel

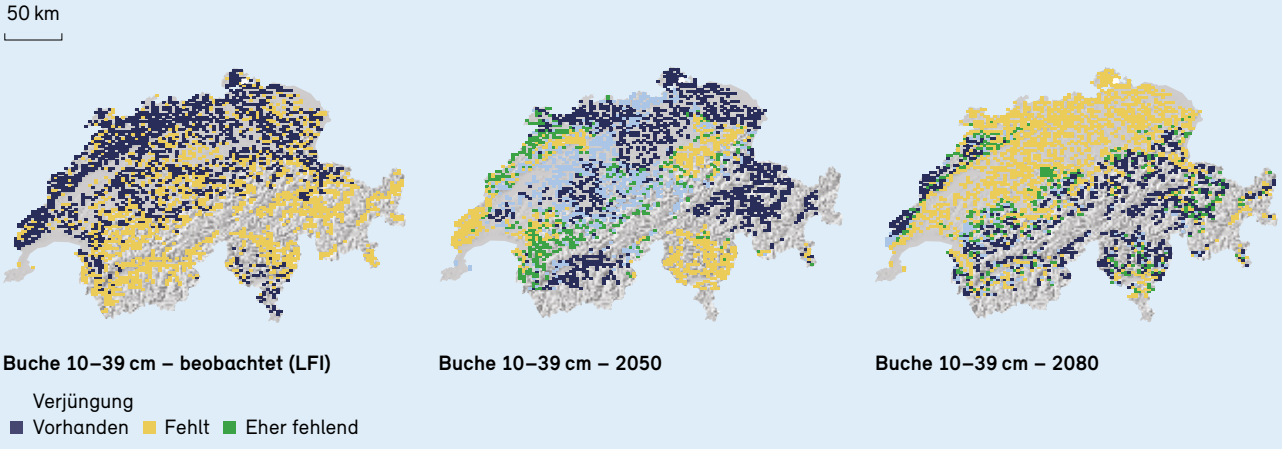
Bereits heute zeigen sich in den Schweizer Wäldern Einflüsse des Klimawandels – beispielsweise im Absterben von Waldföhren (*Pinus sylvestris*) in tiefen Lagen des Wallis. Der Bund hat im Oktober 2016 die Resultate des **Forschungsprogramms** «Wald und Klimawandel» präsentiert (Pluess et al. 2016). Die Ergebnisse aus 42 Forschungsprojekten lassen sich in **drei Kernaussagen** zusammenfassen: Wälder können die Auswirkungen des Klimawandels nur in begrenztem Masse auffangen. Mit einem angepassten Management können gefährdete Waldleistungen jedoch aufrechterhalten werden. Bei der Waldverjüngung zu fördern sind anpassungsfähige, standortgerechte Baumarten, die in den künftigen klimatischen Verhältnissen gedeihen können.

Laut Forschungsprogramm ist u.a. davon auszugehen, dass die **Waldbrandgefahr** bis Mitte Jahrhundert konstant bleibt. Danach dürfte sie insbesondere in den Sommermonaten in den meisten Regionen ansteigen. Mit zunehmender Frequenz von Trockenperioden ist mit einer **erhöhten Baummortalität** zu rechnen. Besonders betroffen sind Arten wie **Fichte** und **Buche.** Auch deren Verjüngung dürfte in tiefen Lagen zunehmend misslingen (→ Abbildung 37).

Abbildung 37

Verbreitungskarten der Buche heute und nach Modellierungen für die Jahre 2050 und 2080

Verbreitungskarten der Verjüngung der Buche gemäss Beobachtungen des Schweizerischen Landesforstinventars (LFI) und nach Modellierungen aufgrund von Klima-, Bestandes- und Bodenfaktoren für die Jahre 2050 und 2080. Verjüngung ist entscheidend für eine kontinuierliche Bewaldung und für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung. Die Szenarien für die Buche zeigen, dass die klimatischen Bedingungen für sie in tiefen Lagen zunehmend ungünstig werden.



Quelle: Pluess et al. 2016

Handlungsbedarf

- Das Waldgesetz schreibt die Erhaltung der Waldflächen in ihrer räumlichen Verteilung vor. Angesichts der steigenden raumwirksamen Ansprüche, insbesondere für Infrastruktur und Siedlung, ist dies vor allem im Mittelland eine grosse Herausforderung.

- Von hoher Priorität ist es, die Widerstands- und Anpassungsfähigkeit des Waldes zu erhöhen – insbesondere im Hinblick auf den Klimawandel.

- Eine zentrale Herausforderung in den kommenden Jahren ist die Bekämpfung von Schadorganismen.

- Um die Waldleistungen langfristig zu garantieren, ist die ökonomische Situation der Waldbewirtschaftung zu verbessern. Holz trägt als CO_2-Speicher in Holzgebäuden und -produkten und als erneuerbarer Energieträger zum Klimaschutz bei. Nachhaltig produziertes Holz aus Schweizer Wäldern soll deshalb vermehrt genutzt werden.

- Die Stickstoffeinträge in den Wald sind zu reduzieren, indem die Emissionen von Ammoniak vor allem aus der Landwirtschaft und die Stickoxide aus dem Verkehr weiter gesenkt werden.

- Die Schweiz wird den Strategischen Plan der Vereinten Nationen für Wälder 2017–2030 weiter implementieren. Mit dem Plan soll die Erreichung der Ziele der Agenda 2030 bezüglich der nachhaltigen Waldbewirtschaftung unterstützt werden.

Boden

Der heutige Umgang mit der endlichen Ressource Boden ist nicht nachhaltig. Seit Jahrzehnten belasten verbotene Schadstoffe die Böden in der Schweiz noch immer. Durch Verkehr und Landwirtschaft werden weiterhin Schadstoffe eingetragen. Zudem geht mit dem Siedlungswachstum, dem Bau von Verkehrsinfrastrukturen und durch Erosion weiterhin wertvoller Boden verloren. Diese Entwicklungen bedrohen die landwirtschaftliche Produktion, die Regulierung der Wasser- und Stoffkreisläufe und die Biodiversität.

Auftrag

Der Boden ist die Lebensgrundlage für Organismen wie Pflanzen, Tiere, Insekten, Pilze, Bakterien usw. Er reguliert Stoff- und Energiekreisläufe, produziert Biomasse und ist die Basis für die landwirtschaftliche Produktion. Die langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, d.h. der natürlichen Bodenfunktionen, ist im Umweltschutzgesetz (USG)[1] festgeschrieben und in der Verordnung über die Belastungen des Bodens (VBBo)[2] konkretisiert. Auch künftigen Generationen soll die nicht erneuerbare Ressource weiterhin für ihre Bedürfnisse zur Verfügung stehen.

Das Raumplanungsgesetz (RPG)[3] hält fest, dass der Boden haushälterisch zu nutzen ist. Die Siedlungsentwicklung soll in erster Linie in den bestehenden Bauzonen erfolgen. Die vielen Schnittstellen der natürlichen Ressource Boden zu anderen Fachbereichen bewirkten zudem, dass Bestimmungen zum Schutz und zur nachhaltigen Nutzung des Bodens auch in folgenden Gesetzen zu finden sind: Landwirtschaftsgesetz (LwG)[4], Gewässerschutzgesetz (GSchG)[5], Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG)[6], Waldgesetz (WaG)[7] und Gentechnikgesetz (GTG)[8].

Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO hat ebenfalls Ziele zum Bodenschutz definiert. So sollen die Funktionen des Bodens langfristig erhalten werden, die Bodennutzungen zu keiner Degradierung führen und wo möglich Böden und ihre Funktionalität wiederhergestellt werden. Landwirtschaftliche Anbaumethoden sollen zudem zu einer Verbesserung der Bodenfunktionen beitragen (Sustainable Development Goals, SDGs 15.3 und 2.4) (UN 2015).

Zustand des Bodens

Die Bodenfläche ist begrenzt. Wo sie nicht verbaut ist, kann die Qualität der Böden durch Schadstoffeinträge, Verlust an organischem Kohlenstoff, Erosion und mechanische Belastungen beeinträchtigt werden. Die **Treiber** für den Bodenverbrauch und den Qualitätsverlust sind die Siedlungsentwicklung, der Bau von Verkehrsinfrastrukturen, eine nicht standortgerechte Landwirtschaft und der Trend zu schwereren Maschinen, auch im Wald (BAFU 2017c, 2017f).

Gesamtschweizerisch hat das Tempo des **Siedlungswachstums** seit der Jahrtausendwende zwar abgenommen. Trotzdem wird täglich noch immer eine Bodenfläche überbaut, die etwa so gross ist wie acht Fussballfelder. Die Siedlungen dehnen sich vor allem in den flachen Tallagen sowie im Einzugsgebiet der Städte und in Agglomerationen aus und bedrängen damit die besonders **wertvollen und produktiven Landwirtschaftsböden** der Schweiz (→ Abbildung 42).

Insgesamt hat die **Siedlungsfläche** in der Schweiz in den letzten vier Jahrzehnten laufend zugenommen. Bis zur Arealstatistik-Erhebung 2004/09 wuchs sie stärker als die Bevölkerung. Erste Teilresultate der laufenden Arealstatistik-Erhebung, basierend auf 13 Kantonen (westliche Hälfte der Schweiz, Luftbilder von 2013 bis 2016), zeigen, dass die Siedlungsflächen – falls sich der Trend schweizweit bestätigt – heute möglicherweise

1 Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG), SR 814.01.
2 Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo), SR 814.12.
3 Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG), SR 700.
4 Bundesgesetz vom 29. April 1998 über die Landwirtschaft (Landwirtschaftsgesetz, LwG), SR 910.1.
5 Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG), SR 814.20.
6 Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz (NHG), SR 451.
7 Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (Waldgesetz, WaG), SR 921.0
8 Bundesgesetz vom 21. März 2003 über die Gentechnik im Ausserhumanbereich (Gentechnikgesetz, GTG), SR 814.91.

erstmals weniger stark zunehmen als die Bevölkerungszahl. Besonders auffällig bis dahin war die wachsende Diskrepanz zwischen Bevölkerungsentwicklung und Wachstum des Wohnareals (Gebäude und Umschwung): Das **Wohnen** ist **immer flächenintensiver** geworden (→ Wohnen). Es gibt allerdings Unterschiede zwischen den Regionen sowie zwischen den Agglomerationen und dem ländlichen Raum (→ Herausforderungen und Chancen von Agglomerationen). Die Siedlungsfläche pro Person und Arbeitsplatz hat sich zwischen den Arealstatistik-Erhebungen 1992/97 und 2004/09 in den Agglomerationen stabilisiert, was auf Verdichtungsprozesse hinweist. Im ländlichen Raum hingegen nahm sie bis 2009 weiterhin zu (ARE 2014, BFS 2015).

Auch die Zunahme der **versiegelten Flächen** ist etwas schwächer als noch vor einigen Jahren: Zwischen den Beobachtungszeiträumen 1985 und 1997 hat die versiegelte Fläche um 15,7 % zugenommen; zwischen 1997 und 2009 waren es noch 11,6 % (BFS 2013) (→ Abbildung 38).

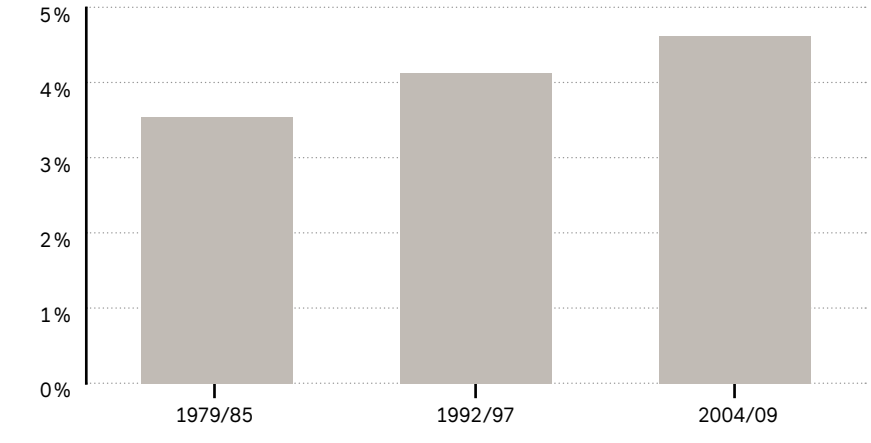
In der Schweiz gibt es **kaum mehr schadstofffreie Böden.** Verschiedene Massnahmen, z. B. in der Luftreinhaltung bei Verbrennungsprozessen in Verkehr, Industrie und Heizungen, haben zwar dazu beigetragen, dass das Ausmass der Bodenbeeinträchtigung zurückgegangen ist. Jedoch ist die Belastung mit Schwermetallen punktuell weiter angestiegen. Zudem bleiben ältere Einträge von persistenten anorganischen und organischen Schadstoffen im Boden gespeichert (BAFU 2015e).

Je nach Nutzung ist die **chemische Belastung** des Bodens sehr unterschiedlich. So hat z. B. der Eintrag von Zink und Kupfer in die Böden mit **intensiver Grasslandwirtschaft** zugenommen (→ Abbildung 39). Hauptursache ist der Einsatz von Hofdünger, also von Schweine- und Rindergülle, aber auch von Mist. Hohe Belastungen finden sich zum Teil auch in **privaten Gärten.** Dort werden Dünge- und Pflanzenschutzmittel häufig überdosiert (BAFU 2017c).

Abbildung 38

Bodenversiegelung

Von Bodenversiegelung spricht man, wenn der Erdboden – beispielsweise für den Bau von Gebäuden oder Strassen – mit praktisch undurchlässigen Materialien abgedeckt wird. Dadurch kann er das Regenwasser nicht aufnehmen, keine Biomasse mehr produzieren und steht für die lokale Klimaregulierung (Abschwächung der Hitzeinsel Stadt) nicht zur Verfügung.



Quelle: BFS – Arealstatistik

Zustand: ✕

Entwicklung: ☹

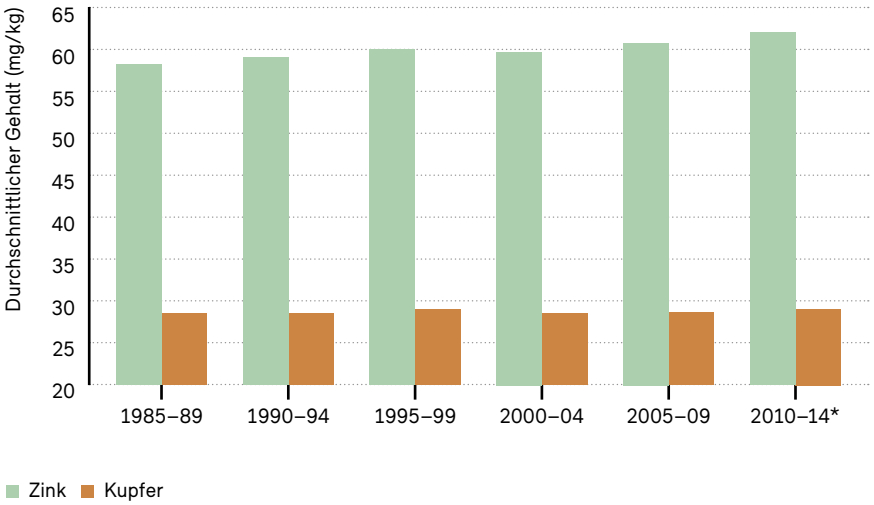
Die gesamte versiegelte Fläche in der Schweiz hat seit den Arealstatistik-Erhebungen 1979/85 deutlich (um 29 %) zugenommen. Die gesamte versiegelte Fläche betrug im Erhebungszeitraum 2004/09 1920 km^2. Dies entspricht 4,7 % der Landesfläche und ist weiterhin zunehmend. Aus diesem Grund wird die Entwicklung als negativ betrachtet.

Die Anstrengungen zum verdichteten Wohnen zeigen erste Resultate. Die bebaute Fläche für Wohnen nahm zwar nach 2000 weiter zu, hat sich jedoch auf hohem Niveau verlangsamt (→ Wohnen). Die Zunahme korreliert heute gesamtschweizerisch mit der Bevölkerungszunahme (ARE 2014).

Abbildung 39

Belastung der landwirtschaftlich genutzten Böden durch Kupfer und Zink

Die Belastung der Böden durch Zink und Kupfer ist grösstenteils auf direkte Einträge aus der Landwirtschaft zurückzuführen, denn diese beiden Schwermetalle sind in Hofdüngern oder in Pflanzenschutzmitteln enthalten. Am stärksten belastet sind Böden von Äckern und intensiv genutztem Grünland. Kupfer ist überdies in Fungiziden enthalten. Deshalb weisen die Böden von Gemüsefeldern, Obstbau- und Weinbauflächen häufig hohe Belastungen auf, die sogar den gesetzlichen Richtwert übersteigen.



Zustand: 😐

Entwicklung: ☹

Im Schnitt sind die Böden mit landwirtschaftlicher Nutzung zwar nur schwach mit Kupfer und Zink belastet, trotzdem kann der heutige Zustand nur als mittelmässig bezeichnet werden. Dies deshalb, weil es nebst den schwach belasteten Böden auch solche gibt, deren Belastung viel zu hoch ist. Es handelt sich dabei um Böden mit intensiver Nutzung (z. B. Weinbau, Obstbau). Während der durchschnittliche Kupfergehalt in landwirtschaftlich genutzten Böden nur minimal zugenommen hat, ist der durchschnittliche Gehalt an Zink deutlich gestiegen und somit negativ zu bewerten.

* Provisorische Daten.

Quelle: BAFU – NABO

Auch der kritische Wert für den **Stickstoffeintrag** aus der Luft wird nach wie vor in vielen Lebensräumen deutlich überschritten. Zu zwei Dritteln stammt dieser Stickstoff aus der Landwirtschaft. Ein Drittel kommt aus Verbrennungsprozessen in Verkehr, Industrie und Heizungen (→ Blick über die Grenzen) (→ Herausforderung Stickstoff, → Luft).

Neben den chemischen Belastungen sind physikalische Belastungen des Bodens durch **Bodenverdichtung** und **Erosion** grosse Herausforderungen. Das Ausmass dieser Belastungen hängt vom Bodentyp und der Art der Bewirtschaftung ab. Eine systematische Erhebung fehlt bis heute allerdings. In der **Landwirtschaft** ist das Problem der Bodenverdichtung am stärksten ausgeprägt beim Acker- und Gemüsebau in feuchten Lagen, insbesondere bei Kulturen wie Mais, Zuckerrüben oder Kartoffeln, die spät und oft bei schlechtem Wetter geerntet werden. Fast ein Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Tal- und Hügelgebiet wird als potenziell stark erosionsgefährdet klassiert, insbesondere Hanglagen, offene Ackerflächen und Flächen mit intensivem Gemüseanbau sind gefährdet (BLW 2010) (→ Abbildung 40). Auf **Baustellen** wird heute meistens eine bodenkundliche Baubegleitung gefordert, womit die Bodenschutzziele auf grossen Baustellen in der Regel gut erreicht werden können.

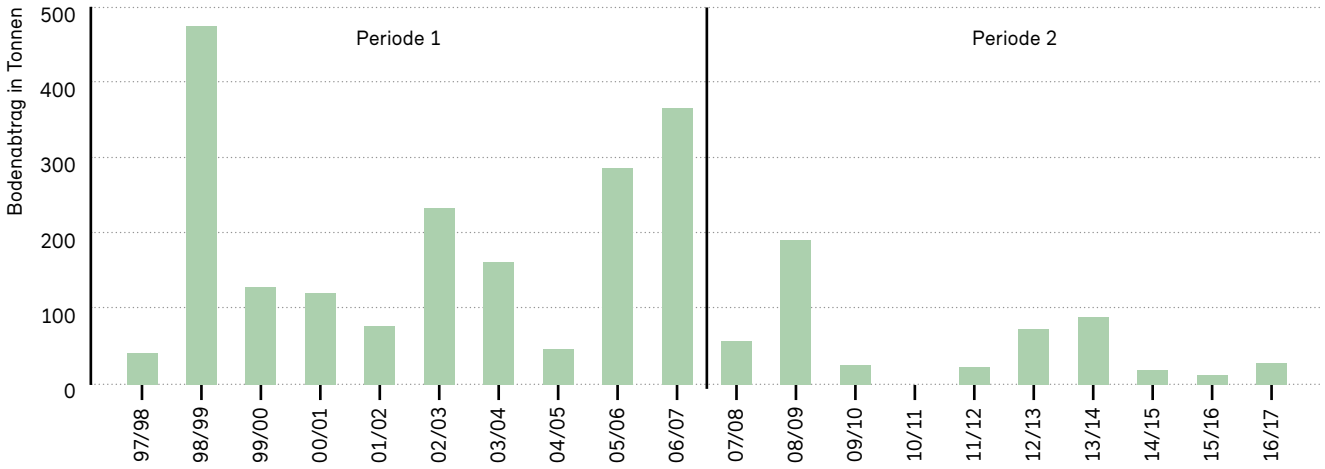
Durch den Abbau der organischen Substanz (Humus) in Landwirtschaftsböden wird Kohlenstoff freigesetzt. Dies trägt wesentlich zum **Klimawandel** bei, und diese Böden stehen nicht mehr als Kohlenstoffspeicher zur Verfügung.

Es muss davon ausgegangen werden, dass die hohe landwirtschaftliche Nutzungsintensität in der Schweiz das **Bodenleben** und damit die **Biodiversität** vielerorts beeinträchtigt. Auch die Belastung mit Schwermetallen setzt dem Bodenleben zu.

Abbildung 40

Entwicklung des jährlichen Bodenabtrags durch Erosion

Der mittlere Bodenabtrag am Frienisberg (BE) – eine der fünf Regionen der Schweiz, in der Erosion gemessen wird – lag in den ersten zehn Jahren seit Messbeginn bei knapp 200 Tonnen pro Jahr und über die folgende zweite Periode lediglich noch bei 56 Tonnen pro Jahr. Zwischen den beiden Perioden zeigt sich eine markante Abnahme um mehr als zwei Drittel. Die Ursachen für diese Abnahme sind noch nicht restlos geklärt. Änderungen bei Fruchtfolgen und Bodenbearbeitungsverfahren sowie die Sensibilisierung der Bewirtschaftenden durch Fachexperten dürften einen wesentlichen Einfluss gehabt haben.



Quelle: Agroscope

Ausblick

Mit einer konsequenten Umsetzung des teilrevidierten Raumplanungsgesetzes, das eine grössere Zurückhaltung beim Ausweisen von Bauzonen vorsieht, sollte sich der Bodenverschleiss durch das **Siedlungswachstum** reduzieren.

Die **intensive Landwirtschaft** belastet die Ressource Boden jedoch weiter. Mit dem Bau von neuen landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden und Zufahrtsstrassen werden weitere Flächen versiegelt. Zudem werden Fahrzeuge und Maschinen in der Land-, Wald- und Bauwirtschaft immer leistungsfähiger und zumeist schwerer. Damit nimmt das Risiko für Bodenverdichtungen und Erosion zu (BAFU 2017c).

Die Bedeutung der Speicherung von Kohlenstoff und Wasser im Boden wächst aufgrund des **Klimawandels**. Gleichzeitig beeinflusst der Klimawandel den Boden. Es bestehen zwar noch Wissenslücken. Doch die häufiger auftretenden Starkniederschläge erhöhen z. B. das Risiko für Erosion und für das Abschwemmen von Schadstoffen.

Nicht nur in der Schweiz wird der Boden immer knapper. Rund 40 % der eisfreien Landoberfläche auf dem Globus wird heute landwirtschaftlich bewirtschaftet. Es ist zu erwarten, dass dieser Anteil weiter steigt, denn der **Bedarf an Nahrungsmitteln** wird sich bis 2050 in Afrika südlich der Sahara und in Südasien voraussichtlich mehr als verdoppeln und im Rest der Welt etwa um ein Drittel vergrössern (FAO 2017). Gleichzeitig kann der Klimawandel die Erträge reduzieren (IPCC 2015, WEF 2016), und die Konkurrenz um Land bzw. um spezifische Landnutzungen wird sich weiter verschärfen (WBGU 2011).

Massnahmen

Damit die Böden ihre lebenswichtigen Funktionen auch in Zukunft erfüllen können, braucht es ein nachhaltiges und integrales Ressourcenmanagement, das alle Bodenfunktionen berücksichtigt und den verschiedenen Schutz- und Nutzungsansprüchen gerecht wird.

Um diese Herausforderung anzugehen, hat der Bund beschlossen, eine umfassende **Bodenstrategie** für die Schweiz zu erarbeiten (Bundesrat 2017a). Dabei steht die Vision im Zentrum, die Funktionen des Bodens





langfristig zu erhalten, damit auch zukünftigen Generationen die nicht erneuerbare Ressource Boden für ihre Bedürfnisse zur Verfügung steht.

Um die Qualität des Bodens zu erhalten und zu verbessern, setzen Bund und Kantone bereits heute verschiedene Massnahmen um, u. a. mit der **Verordnung über die Belastungen des Bodens** (VBBo). Gemeinsam mit der Bau-, Land- und Waldwirtschaft haben sie Instrumente entwickelt und vorsorgliche Bodenschutzmassnahmen getroffen. Auf Grossbaustellen wird z. B. seit 20 Jahren eine **bodenkundliche Baubegleitung** verlangt, damit die Böden nicht beeinträchtigt werden und ihre Bodenfruchtbarkeit erhalten bleibt (BAFU 2015f).

Für einen Teil der **chemischen Belastungen** wie Schwermetalle und für einzelne organische Schadstoffe wie polyzyklische aromatische Kohlenstoffe (PAK), Polychlorierte Biphenyle (PCB) oder Dioxine gibt der Bund **Richt-, Prüf- und Sanierungswerte** vor. Für Pflanzenschutzmittel legt der Bund mit dem **Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln** messbare Ziele und konkrete Massnahmen fest (Bundesrat 2017d). Unter anderem soll die Forschung zu alternativen Pflanzenschutzmöglichkeiten, wie etwa die Züchtung robuster Sorten, gestärkt werden. Auch präzisere Anwendungstechniken, z. B. mit Robotern oder Drohnen, sollen dazu beitragen, die Risiken mittel- bis langfristig zu reduzieren.

Um den Bodenverlust einzudämmen, verlangt das **Raumplanungsgesetzes** (RPG) von Bund, Kantonen und Gemeinden, für einen haushälterischen Umgang mit der Ressource Boden zu sorgen. Mit der ersten Etappe der Teilrevision des RPGs (seit 2014 in Kraft) wurde diesem Prinzip Nachdruck verliehen. Die **Siedlungsentwicklung** soll in erster Linie in bereits **bestehenden Bauzonen** erfolgen. Die laufende zweite Revisionsetappe des RPG fokussiert hauptsächlich auf das Thema des Bauens ausserhalb der Bauzonen. Aus Sicht der landschaftlichen Qualität sind die entsprechenden rechtlichen Bestimmungen von grosser Bedeutung.

Ackerland schützt der Bund mit dem **Sachplan Fruchtfolgeflächen.** Damit verpflichtet er die Kantone, ihre besten Ackerböden langfristig zu erhalten (BRP/BLW 1992). Der Sachplan befindet sich zurzeit in Überarbeitung.

Die Schweiz unterstützt **internationale Abkommen und Initiativen**, die das Ziel des internationalen Bodenschutzes verfolgen. So ist die Schweiz Mitglied der UNO-Konvention über die Wüstenbildung (UNCCD) und der Bund beteiligt sich an der «Global Soil Partnership» der Welternährungsorganisation (FAO) sowie als Mitglied der Europäischen Umweltagentur (EUA) am Erfahrungsaustausch der Europäischen Bodenschutz-Vollzugsbehörden.

Mit der Ratifizierung des Pariser Klimaabkommens hat sich die Schweiz verpflichtet, ihre Netto-Treibhausgasemissionen massiv zu senken. Die Rolle des Landnutzungssektors und damit des Bodens ist noch nicht definiert. Als zentrale Schnittstelle des Kohlenstoffkreislaufs und Ausgangsort für bodenbürtige Emissionen von Methan und Lachgas werden Böden und Moore stärker als bisher im Fokus der **Klimapolitik** stehen.

Handlungsbedarf

- Die Eigenschaften des Bodens und dessen Funktionen können nur in Interessenabwägungen einfliessen, wenn entsprechende Grundlagen vorhanden sind. Zum Zustand, zur Funktion und zur Qualität des Bodens sind bisher jedoch nur punktuelle Informationen vorhanden. Umfassende Daten und spezifisches Grundwissen fehlen vielerorts. Diese Lücken sind zu schliessen.

- Damit sich der Bodenverbrauch und die versiegelte Fläche pro Person auf dem heutigen Niveau stabilisiert, braucht es verstärkte Anstrengungen. Eine Bodenstrategie, welche zurzeit im Bundesrat erarbeitet wird, soll zeigen, wie bei der Nutzung des Bodens auf die Erhaltung der Bodenfunktionen Rücksicht genommen werden kann, damit die Bodenfruchtbarkeit gewährleistet bleibt.

- Trotz generell lückenhafter Grundlagen sind sowohl die Überschreitung von Richtwerten als auch die Zunahme der Schadstoffbelastung für verschiedene Standorte dokumentiert. Die Problematik der Bodenverdichtung dürfte zunehmen, und die Umweltziele zum Vermeiden der Erosion werden nicht überall erreicht. Deshalb muss der Vollzug bestehender rechtlicher Vorschriften verbessert werden. Darüber hinaus sind die landwirtschaftlichen Produktionssysteme an die Tragfähigkeit der Ökosysteme anzupassen, und die Nährstoffeffizienz muss flächendeckend verbessert werden.

Blick über die Grenzen

Beim Anteil der **versiegelten Fläche** liegt die Schweiz im europäischen Vergleich im Mittelfeld. Dies erklärt sich dadurch, dass Wald und Alpenraum etwa die Hälfte der Landesfläche ausmachen und dieser Raum eine tiefere Einwohnerdichte aufweist. Die grössten Versiegelungsanteile sind in den europäischen Ländern mit den höchsten Einwohnerdichten zu finden.

Die **Schweizer Landwirtschaft** ist **intensiv** im Vergleich zu anderen europäischen Ländern. Pro Hektare werden im Durchschnitt mehr Tiere gehalten. Zudem weist die Schweiz trotz einer ähnlich hohen Tierdichte wie Dänemark deutlich höhere flächenbezogene Ammoniakemissionen auf (BAFU 2017c).

Landschaft

Vielfältige Landschaften prägen die Schweiz und sind ein bedeutender Standortfaktor. Das fortschreitende, wenn auch gedrosselte Siedlungswachstum führt zu einer Banalisierung der Landschaft und damit zu einer Abnahme landschaftlicher Qualitäten. Es braucht weitere Anstrengungen von Bund, Kantonen und Gemeinden, um diese zu erhalten oder sogar zu verbessern.

Auftrag

Bund, Kantone und Gemeinden sind verpflichtet, Landschaften zu schonen und zu schützen sowie ihre Erhaltung und Pflege zu fördern (BV[1], NHG[2], RPG[3]). Zentral für den Bund sind dabei die Gebiete des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN), die Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung, die Pärke von nationaler Bedeutung und die UNESCO-Weltnaturerbestätten sowie weitere naturnahe Landschaften und Erholungsräume. Im Landschaftskonzept Schweiz (LKS) hat der Bund ausserdem behördenverbindlich seine Ziele in den Bereichen Natur und Landschaft konkretisiert (BUWAL/BRP 1998).

In seiner Strategie zur nachhaltigen Entwicklung verpflichtet sich der Bundesrat zudem, die Landschaft unter Wahrung ihres Charakters weiter zu entwickeln und zu gestalten sowie ihre Leistungen anzuerkennen und zu sichern (Bundesrat 2016a). Damit erfüllt die Schweiz die Forderungen des 2013 ratifizierten Europäischen Landschaftsübereinkommens[4]. Dasselbe Ziel ist auch in der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO definiert (Sustainable Development Goal, SDG 15.4) (UN 2015).

Zustand der Landschaft

Landschaft umfasst den gesamten Raum, wie ihn Menschen wahrnehmen und erleben – von vermeintlich unberührten Berggebieten über landwirtschaftlich genutzte Flächen bis hin zu Gewerbegebieten oder Innenstädten. Landschaften entstehen im Zusammenspiel naturräumlicher und kultureller Einflüsse. Gleichzeitig erbringen Landschaften **vielfältige Leistungen:** Sie bieten Erholung und Gesundheit, ästhetischen Genuss, Identität und Standortattraktivität und ermöglichen Biodiversität (BAFU 2011, 2015b) (→ Infobox «Landschaft für eine Stunde»).

Innerhalb der Bevölkerung geniesst die Landschaft einen hohen Stellenwert (→ Abbildung 41). Abwechslungsreiche Landschaften, die zu Erkundungen anregen, wertet sie als besonders attraktiv. In sich schnell wandelnden und stark besiedelten Gebieten (suburban, periurban) bewertet die Bevölkerung die **Landschaftsqualität** insgesamt schlechter als in ländlichen Gebieten und in den Zentren der Städte. Die Bevölkerung vermisst hier einen visuellen Reichtum und vielfältige Landschaftselemente (BAFU/WSL 2017).

Landschaft für eine Stunde

Gerade in dicht besiedelten Gebieten wünscht sich die Bevölkerung **gut erreichbare Naherholungsgebiete.** Man möchte eine in kurzer Distanz liegende, schöne Landschaft geniessen und sich darin eine Weile («für eine Stunde») erholen. Welche Anforderungen Naherholungsgebiete, die am Siedlungsrand liegen, erfüllen müssen, untersuchte das **Modellvorhaben** des Bundes mit dem Titel «Landschaft für eine Stunde» anhand von vier Gebieten in der Agglomeration St. Gallen (Blum et al. 2015).

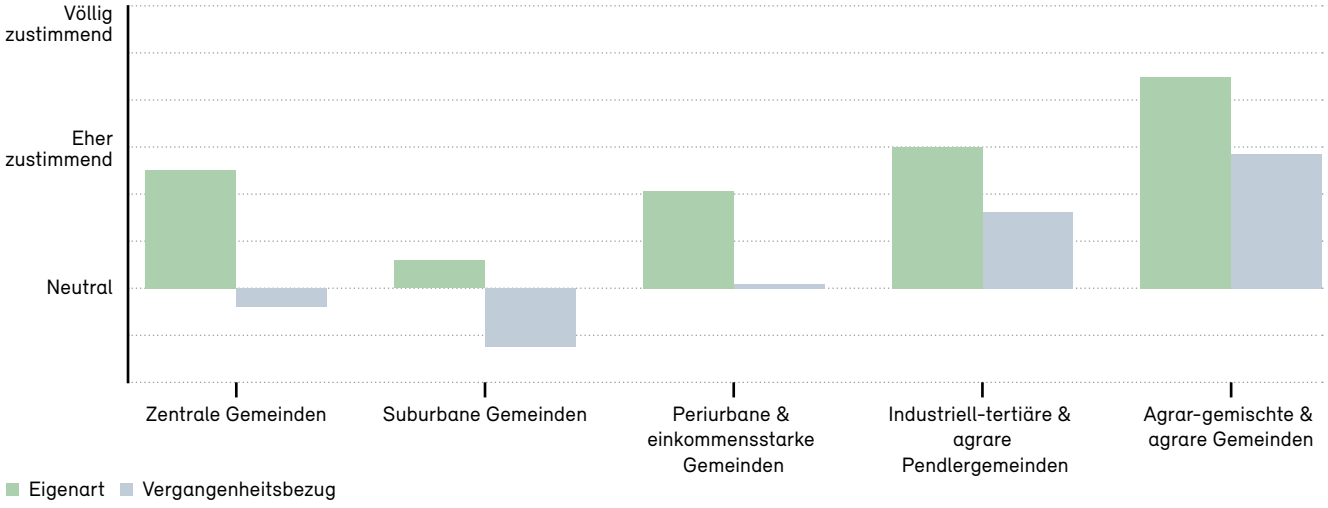
Das Modellvorhaben zeigte, dass ein feinmaschiges und attraktives Wegnetz ein Schlüssel für eine funktionierende Naherholung am **Siedlungsrand** ist. Dieser Landschaftsraum vernetzt die Siedlungen mit der Naherholung. Aspekte der Landwirtschaft spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Die Planung und Gestaltung des Siedlungsrandes sollte deshalb unter Einbezug wichtiger Akteure in der Raumplanung stärker gewichtet werden (Forum Landschaft 2017).

1 Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999, SR 101.
2 Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz (NHG), SR 451.
3 Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG), SR 700.
4 Europäisches Landschaftsübereinkommen vom 20. Oktober 2000, SR 0.451.3.

Abbildung 41

Besonderheit der Landschaft nach Gemeindetypen

Die grünen Balken in der Grafik geben an, ob sich eine Landschaft in der Wahrnehmung der Bevölkerung durch ihre Eigenart (Fragebeispiel: «Die Landschaft in meiner Wohngemeinde ist einzigartig») von einer anderen abhebt. Die blauen Balken zeigen, ob eine Landschaft einen Vergangenheitsbezug (Fragebeispiel: «Die Landschaft in meiner Wohngemeinde erinnert mich an früher») herzustellen vermag. 2011 wurden insgesamt 8700 Haushalte angeschrieben, der Rücklauf betrug 2814 Haushalte (35 %). Die Werte stellen die Zustimmung oder Ablehnung der Befragten zu vorgelegten Fragen dar. Neutral ist eine Bewertung, die weder zustimmend noch ablehnend ist (BAFU/WSL 2013). Ablehnende Haltungen kommen insgesamt eher selten vor.



Quelle: BAFU/WSL – LABES

In der Schweiz wachsen die **Siedlungsflächen** stetig (→ Abbildung 42). Heute bedecken sie rund 3000 km², was 7,5 % der Landesfläche entspricht (BFS 2013). Das Wachstum wurde allerdings gedrosselt: Dehnte sich die Siedlungsfläche im landesweiten Durchschnitt zwischen 1985 und 1997 noch um 13 % aus, betrug die Zunahme zwischen 1997 und 2009 noch 9,2 %. Räumlich bestehen Unterschiede: Vor allem in ländlichen Regionen liegen die Wachstumsraten nach wie vor bei 10 % oder darüber. Ein Grund ist, dass in diesen Gebieten die pro Person beanspruchte Siedlungsfläche weiter zunimmt. In den Gürtelgemeinden um die Grosszentren nimmt die Siedlungsfläche pro Person hingegen ab, was auf Verdichtungsprozesse hinweist (ARE 2014) (→ Herausforderungen und Chancen von Agglomerationen, → Boden).

Trotz der leichten Drosselung führt das Siedlungswachstum zu einer zunehmenden **Zersiedelung** (→ Abbildung 43) (→ Abbildung 16). Diese hat wiederum erhebliche negative volkswirtschaftliche, ökologische und ästhetische Folgen für die Landschaft. Ein weiterer wichtiger Treiber der Zersiedelung ist der Ausbau der **Verkehrsinfrastruktur.** Heute überzieht ein Strassennetz von einer Gesamtlänge von gut 84 000 km die Schweiz, landesweit besetzen Autobahnen, Strassen und Wege knapp 83 876 ha Land, was rund 2 % der Landesfläche entspricht. Mehr als die Hälfte aller Strassenverbindungen liegen im dicht besiedelten Mittelland. Das Schienennetz umfasst knapp 12 600 km. Gesamthaft besetzen die Eisenbahnanlagen mit etwa 9459 ha nicht ganz 0,23 % der Landesfläche (BFS 2015). Die Verkehrswege durchschneiden Lebensräume, üben so Druck auf die Biodiversität aus und mindern die Landschaftsqualität.

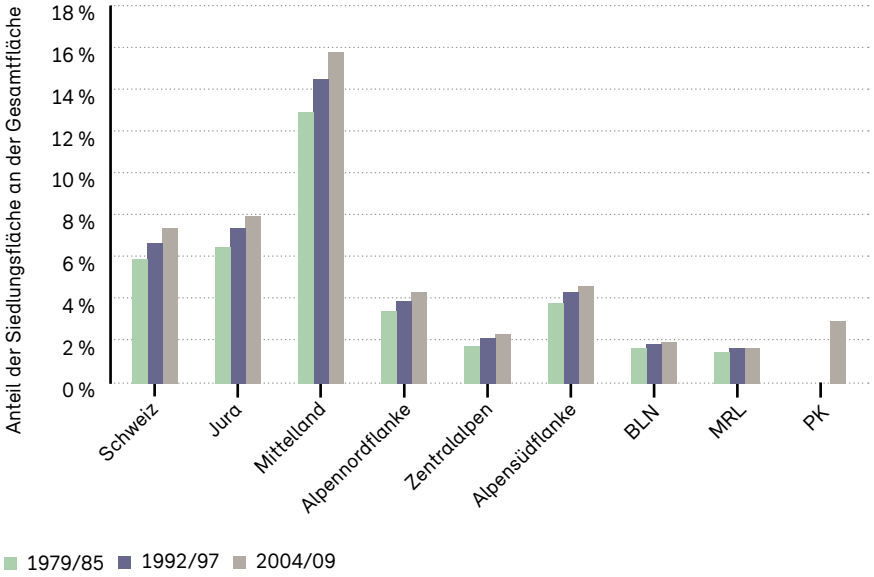
Auch die **Waldflächen** wachsen, primär in hochgelegenen Gebieten, wo die **Nutzung von Alpweiden** zurückgeht (→ Wald). Gemeinsam mit den wachsenden Siedlungsflächen trägt dies dazu bei, dass die landwirtschaftlich genutzten Flächen kleiner werden. Gerade eng mit der Landwirtschaft verzahnte Landschaften verlieren damit ihren besonderen Charakter. Die Landwirtschaftsfläche in der Schweiz beträgt heute noch 35,9 % (BFS 2013).



Abbildung 42

Siedlungsfläche

Anteil der Siedlungsflächen (inkl. Verkehrs- und weiterer Infrastrukturen) an der Gesamtfläche für die Jahre 1979/85, 1992/97 und 2004/09. Die Siedlungsfläche nimmt in der gesamten Schweiz zu. Im Mittelland ist ihr Anteil weitaus am höchsten. An zweiter Stelle folgt der Jura. Weitere Siedlungsschwerpunkte liegen in den Talböden und an den Seen.



Zustand: ✕

Entwicklung: 😐

Insgesamt hat die Siedlungsfläche in der Schweiz in den letzten vier Jahrzehnten laufend zugenommen. Das Wachstum fiel allerdings zwischen den beiden letzten Erhebungen 1992/97 und 2004/09 etwas weniger hoch aus als in der vorangehenden Beobachtungsperiode. Zudem zeigen erste Teilresultate der laufenden Arealstatistik-Erhebung, basierend auf 13 Kantonen (westliche Hälfte der Schweiz, Luftbilder von 2013 bis 2016), dass die Siedlungsflächen – falls sich der Trend schweizweit bestätigt – nun möglicherweise erstmals weniger stark zunehmen als die Bevölkerungszahl. Bevor nicht eine klare Drosselung der Flächenzunahme messbar ist, muss die Entwicklung jedoch noch als unbefriedigend eingestuft werden.

BLN = Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung
MRL = Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung
PK = Naturpärke und Nationalpark

Quellen: BAFU/WSL – LABES; BFS – Arealstatistik

Der Umgang mit den **Fliessgewässern** hat sich seit der Revision des Gewässerschutzgesetzes (GschG)[1] von 2011 verändert. Die Kantone sind seither dazu verpflichtet, Gewässer zu revitalisieren (→ Wasser). Die damit einhergehende, standortgerechte Bepflanzung und Aufweitung des Gewässerraums erhöht ihre Attraktivität für den Menschen und bietet bessere Voraussetzungen für die Biodiversität. Dies wirkt sich positiv auf das Landschaftserlebnis aus.

Ausblick

Die Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung und die steigenden **Wohn- und Mobilitätsansprüche** deuten darauf hin, dass der Druck auf die Landschaft bestehen bleibt oder sogar weiter ansteigt. Damit einhergehend wird die **Nachfrage nach Landschaftsleistungen** zunehmen (→ Wohnen, → Mobilität). Es wird sich in den nächsten Jahren zeigen, ob die Siedlungsentwicklung nach innen diesen Druck zu mindern vermag und inwiefern mit der zweiten Revision des Raumplanungsgesetzes (RPG) Verbesserungen für das Bauen ausserhalb der Bauzonen erzielt werden können und sich der Trennungsgrundsatz Baugebiet / Nichtbaugebiet festigen lässt (→ Boden).

1 Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG), SR 814.20.

Abbildung 43

Wandel der Landschaft

Ansichten von Ecublens (VD) aus der Zeit zwischen 1930 und 1950 und von 2016. Der Vergleich der Aufnahmen zeigt die starke Urbanisierung zulasten der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Laufe der letzten Jahrzehnte. Gebiete mit tiefer Wohn- und Arbeitsplatzdichte wie z. B. Einfamilienhauszonen fördern die Zersiedelung, während mit hoher Qualität baulich verdichtete Gebiete wie z. B. das Gelände der EPFL oder Mehrfamilienhaussiedlungen die Zersiedelung dämpfen.



© Bild: Flughafen Lausanne, Archives cantonales vaudoises



© Bild: Jean-Michel Zellweger

Massnahmen

Eine nachhaltige Entwicklung der Landschaft stellt eine Gemeinschaftsaufgabe von Bund, Kantonen und Gemeinden dar. Gefordert ist deshalb ein kohärentes Zusammenwirken aller staatlichen Ebenen, ein abgestimmtes Zusammenspiel der raumwirksamen Politiken und ein intensiver Dialog (BAFU 2016g).

Auf Bundesebene dient das nach Artikel 13 RPG erarbeitete **Landschaftskonzept Schweiz** (LKS) als Leitlinie für die landschaftsrelevanten Tätigkeiten des Bundes (BUWAL/BRP 1998). Das LKS wird zurzeit aktualisiert. Ziel ist, dass das überarbeitete LKS den aktuellen Entwicklungen Rechnung trägt und die Landschaftspolitik stärker in die Raumentwicklung integriert.

Als Folge der 2014 in Kraft getretenen Revision des Raumplanungsgesetzes RPG müssen die Kantone die **Siedlungsentwicklung nach innen** umsetzen. Die **Agglomerationspolitik** des Bundes hält Bund, Kantone und Gemeinden dazu an, Lebens- und Umweltqualitäten der Schweiz zu fördern. Durch eine qualitätsvolle Siedlungsentwicklung nach innen sollen Agglomerationsräume hochwertig gestaltet werden (Bundesrat 2015b, ARE/BAFU 2015) (→ Infobox «Landschaft für eine Stunde»).

Mit **Landschaftsqualitätsbeiträgen** unterstützt der Bund im Rahmen der **Agrarpolitik** landwirtschaftliche Betriebe dabei, die vielfältige Kulturlandschaft zu erhalten, zu fördern und aufzuwerten. Seit der Einführung des neuen Direktzahlungsprogramms 2014 wurden in der gesamten Schweiz 139 regionale Landschaftsqualitätsprojekte bewilligt. Für ihre Umsetzung stellt der Bund jährlich 150 Millionen Franken zur Verfügung. Mit Kulturlandschaftsbeiträgen wird die Offenhaltung der Landschaft in Hügel- und Bergzonen unterstützt.

Unter besonderem Schutz des Bundes stehen die 162 im **Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung** (BLN) beschriebenen Objekte. Die Totalrevision des BLN trat am 1. Juni 2017 in Kraft. Sie schafft mehr Rechts- und Planungssicherheit im Umgang mit dem wertvollen Natur- und Kulturerbe der Schweiz.

Seit 2007 fördert der Bund die Errichtung und den Betrieb von **Pärken von nationaler Bedeutung.** Neben dem Schweizerischen Nationalpark sind heute 16 Pärke in Betrieb und 2 in Errichtung (Stand 1.1.2018). Die Schweizer Pärke sind Modellregionen für eine nachhaltige Entwicklung. Aufgrund des Erfolgs der Pärkepolitik hat das Parlament per 2016 den Pärkekredit von 10 auf 20 Millionen Franken verdoppelt. Die beiden UNESCO-Biosphärenreservate Entlebuch und Engiadina Val Müstair sind ganz bzw. partiell Teil der Schweizer Pärke und erfüllen zusätzliche Kriterien des «Man and the biosphere»-Programms der UNESCO.

Handlungsbedarf

- Da die Landschaftspolitik in verschiedenen Gesetzen (Natur- und Heimatschutzgesetz, Landwirtschaftsgesetz, Raumplanungsgesetz, Gewässerschutzgesetz, Waldgesetz) verankert ist, stellt sich auf allen Ebenen die grosse Herausforderung, eine kohärente Landschaftspolitik zu erreichen. Bei der Erarbeitung und Abstimmung entsprechender Konzeptionen auf unterschiedlichen Ebenen bietet sich dabei auch die Chance, Lösungen zu finden, um dem schleichenden Verlust von regionalen Qualitäten entgegenzuwirken.

- Bei der Siedlungsentwicklung nach innen ist nicht nur ein hohes architektonisches und städtebauliches Niveau anzustreben, sondern auch Freiräume müssen sorgsam geplant werden. Diese schaffen ein attraktives Wohn- und Arbeitsumfeld, sie bilden und vernetzen Lebensräume für Organismen und ermöglichen damit die natürlichen Wechselwirkungen zwischen belebter und unbelebter Umwelt. So tragen sie zum Wohlbefinden des Menschen bei und fördern die Biodiversität. Gleichzeitig gilt es, den Siedlungsrand aufzuwerten und die Trennung zwischen Baugebiet und Nichtbaugebiet zu erhalten.

- Die zweite Revisionsetappe des Raumplanungsgesetzes ist im Gange. Diese fokussiert in erster Linie auf das Bauen ausserhalb der Bauzonen. Aus landschaftlicher Sicht ist es wichtig, dass in diesem Zusammenhang der Bodenverbrauch minimiert und regionale Landschaftsqualitäten berücksichtigt werden.

Ruhe

Ruhe ist nicht nur eine wertvolle Ressource für Gesundheit und Wohlbefinden der Bevölkerung, sondern auch ein bedeutender Standortfaktor. Jede siebte Person in der Schweiz ist am Tag übermässigem Verkehrslärm ausgesetzt. Das Bevölkerungs- und Mobilitätswachstum sowie die Verdichtung des Siedlungsraums werden die Lärmproblematik in Zukunft weiter verstärken. Gleichzeitig steigt das Bedürfnis nach Ruhe und Erholung.

Auftrag

Gemäss der Bundesverfassung (BV)[1] müssen Bevölkerung und Umwelt vor schädlichem oder lästigem Lärm geschützt werden. Die wichtigsten rechtlichen Grundlagen zum Schutz der Gesundheit vor Lärm sind das Umweltschutzgesetz (USG)[2] und die Lärmschutzverordnung (LSV)[3]. Sie legen u. a. Immissionsgrenzwerte für den Verkehr und die Pflicht zur Sanierung lärmiger Anlagen wie Strassen oder Eisenbahnen fest.

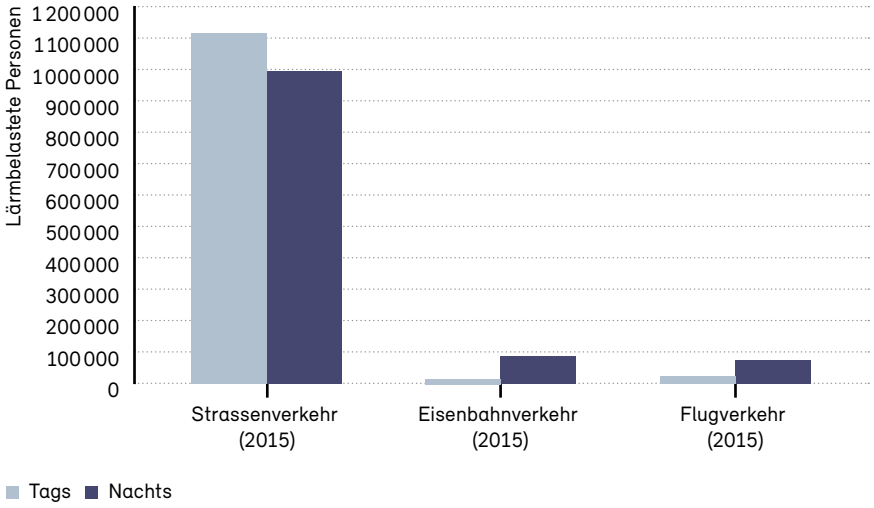
Ruhe ist wichtig für eine gute Wohn- und Siedlungsqualität. Das Raumplanungsgesetz (RPG)[4] formuliert den Grundsatz, dass Siedlungen nach den Bedürfnissen der Bevölkerung zu gestalten sind. Dazu sollen die Wohngebiete möglichst von Lärm verschont werden.

Zudem ist Ruhe ein bedeutendes Kriterium für die Landschaftsqualität. In den Beschreibungen der verschiedenen Objekte des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) ist Ruhe als Schutzziel verankert.

Abbildung 44

Lärmbelastung durch Verkehr

Der Strassenverkehr ist mit Abstand die wichtigste Lärmquelle in der Schweiz. Die Lärmbelastung wird gemäss der Lärmschutz-Verordnung (LSV) beurteilt. Als schädlich oder lästig gelten Belastungen über den Immissionsgrenzwerten. Die Belastung wird schweizweit berechnet.



Quelle: BAFU – SonBASE

Zustand:

Entwicklung:

Mit den ergriffenen Massnahmen an den Quellen und auf dem Ausbreitungsweg (Lärmschutzwände) liess sich das Ziel der Lärmbekämpfung nur teilweise erreichen. Aus diesem Grund wird der Zustand als schlecht beurteilt. Die vorliegende Lärmberechnung lässt sich aufgrund der unterschiedlichen Grundlagendaten und der aktualisierten Berechnungs- und Auswertungsmethoden nicht direkt mit den bisherigen Lärmberechnungen vergleichen. Deshalb kann die Entwicklung nicht bewertet werden.

Die erwarteten technischen Fortschritte bei den Lärmschutzmassnahmen dürften aufgewogen werden durch die verdichtete Siedlungsnutzung, die zunehmende Urbanisierung, die steigenden Mobilitätsansprüche sowie die Entwicklung hin zu einer 24-h-Gesellschaft.

1 Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999, SR 101.

2 Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG), SR 814.01.

3 Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986 (LSV), SR 814.41.

4 Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG), SR 700.

Lärmbelastung

Hauptverursacher von Lärm ist der **Strassenverkehr.** Trotz Sanierungsmassnahmen war 2015 tagsüber jede siebte Person (1,1 Millionen Menschen), in der Nacht jede achte (1 Million Menschen) übermässigem Strassenlärm ausgesetzt (BAFU 2018d) (→ Abbildung 44). Betroffen sind rund 600 000 Wohneinheiten am Tag, in der Nacht sind es knapp 530 000. Das Ziel gemäss Bundesverfassung, die Bevölkerung vor übermässigem Lärm zu schützen, ist damit noch nicht erreicht. Die durchgeführten Sanierungsprojekte bieten nicht überall effektiven Schutz. Denn oft wurden Erleichterungen gewährt, die eine Überschreitung der Belastungsgrenzwerte zulassen.

Auch die **technischen Fortschritte,** dank derer die Fahrzeuge leiser geworden sind, **konnten die Lärmemissionen insgesamt nicht senken.** Wegen des Verkehrs- und Bevölkerungswachstums und der räumlichen Entwicklung sind heute mehr Personen von Lärm über den Grenzwerten betroffen als bei Inkrafttreten der LSV (1987).

Seit 2000 investiert der Bund in leiseres Rollmaterial und in den Bau von Lärmschutzwänden bei **Eisenbahnen.** Im Jahr 2000 waren 265 000 Bahnanwohnerinnen und -anwohner Lärm über den Grenzwerten ausgesetzt. Trotz des grossen Bevölkerungs- und Verkehrswachstums sind es heute noch 87 000 Personen in der Nacht und 16 000 am Tag (BAFU 2018d).

Eine weitere Lärmquelle ist der **Flugverkehr.** Von übermässigen Fluglärmimmissionen sind tagsüber 24 000 Personen betroffen, in der Nacht sind es mehr als 75 000 (BAFU 2018d). Positiv ist die Entwicklung hingegen bei Industrie- und Gewerbebetrieben, bei denen die Lärmemissionen gesunken sind.

Der Verkehrslärm ist in erster Linie ein Umweltproblem der **Städte und Agglomerationen.** Über 90 % der Personen, die von schädlichem oder lästigem Verkehrslärm betroffenen sind, leben in und um grössere Zentren. In den verdichteten Wohngebieten der Agglomerationen nimmt auch der Lärm von **Alltags- oder Freizeitaktivitäten** tendenziell zu (→ Infobox «Mehr Lebensqualität durch Klangraumgestaltung»).

Mehr Lebensqualität durch Klangraumgestaltung

Bisher stand der Begriff «Lärm» im Zentrum – heute wird vermehrt von «Ruhe» oder «Klangqualität» gesprochen. Mit der noch jungen Disziplin der «Klangraumgestaltung» soll es nicht mehr dem Zufall überlassen bleiben, wie Aussenräume klingen. Stadt- und Siedlungsräume sollen auch akustisch gestaltet werden. Entscheidend dafür sind z. B. die **Beschaffenheit des Bodens** oder die **Materialien** von Fassaden und Wänden.

Die Klangraumgestaltung ersetzt keine klassischen Lärmschutzmassnahmen. Sie ist eine sinnvolle Ergänzung, um öffentliche Räume und Orte für Wohnen, Arbeiten und Erholung aufzuwerten. Städte wie Zürich und Basel befassen sich mit diesen Möglichkeiten und haben Planungshilfen mit Lösungsansätzen und kreativen Umsetzungsvorschlägen herausgegeben (ZH/BS 2016).

Auswirkungen

Die Auswirkungen von Lärm auf die **Gesundheit** sind erheblich. Lärm stresst und macht krank. Hohe Schallpegel schädigen das Gehör dauerhaft, tiefere Pegel können das **psychische und körperliche Wohlbefinden** beeinträchtigen. Besonders nachts reagieren die Menschen empfindlich auf Lärm. Die Schweizer Bevölkerung verliert jedes Jahr rund 47 000 Lebensjahre (DALY[5]), die ohne Verkehrslärm bei einwandfreier Gesundheit hätten gelebt werden können (BAFU 2014d).

Übermässiger Lärm verursacht zudem hohe **volkswirtschaftliche Kosten,** die nicht von den Verursachern getragen werden. Diese sogenannten externen Lärmkosten des Strassen-, Schienen- und Flugverkehrs belaufen sich in der Schweiz auf rund 2,6 Milliarden Franken pro Jahr (INFRAS/ECOPLAN 2018) (→ Abbildung 45).

Ausblick

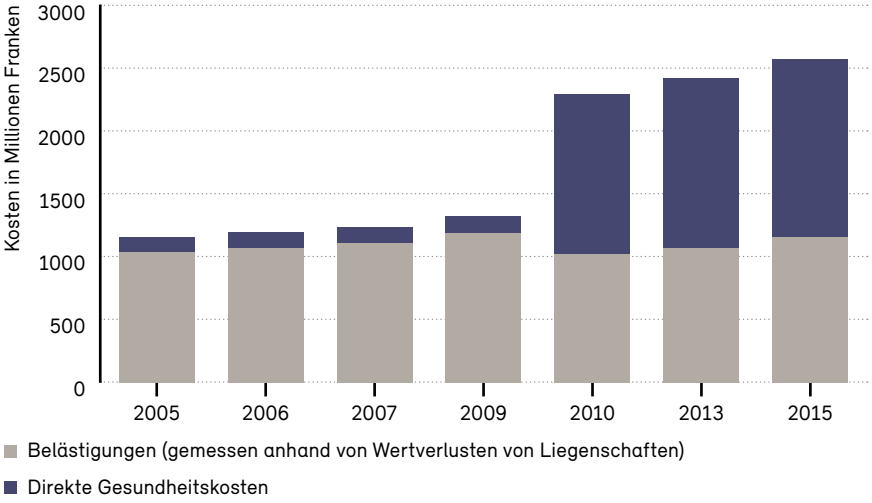
Die Bevölkerung in der Schweiz wächst weiter, und das **Bedürfnis nach Mobilität** steigt (→ Mobilität). Mit dem Trend zur **24-h-Gesellschaft** werden die Zeiten für Ruhe,

5 DALY (Disability Adjusted Life Years) ist eine Masszahl für die Sterblichkeit und die Beeinträchtigung des normalen beschwerdefreien Lebens durch eine Krankheit. Ein DALY entspricht einem verlorenen Lebensjahr bei einwandfreier Gesundheit.

Abbildung 45

Externe Kosten infolge Verkehrslärms

Übermässiger Lärm wird als lästig empfunden und schädigt die Gesundheit. Dies verursacht hohe externe Kosten. Dazu zählen einerseits Gesundheitskosten für Medikamente, Arztbesuche und Kuraufenthalte und andererseits die Kosten der Lärmbelästigung, die über den Wertverlust von belärmten Wohnungen berechnet werden. Externe Kosten werden nicht von den Verursachern, sondern von den Betroffenen sowie der Allgemeinheit bezahlt.



Zustand:

Entwicklung:

Die externen Lärmkosten des Verkehrs in der Schweiz belaufen sich jährlich auf rund 2,6 Milliarden Franken. (Strasse: CHF 2,1 Mia., Schiene: CHF 400 Mio., Luft: CHF 100 Mio.). Zwar sind die Daten seit 2010 aufgrund eines Methodenwechsels nicht direkt mit den vorherigen Jahren vergleichbar, der zunehmende Trend setzt sich jedoch fort. Aus diesem Grund wird die Entwicklung negativ bewertet.

Die höheren Lärmkosten ab 2010 sind auf neue Methoden und Datengrundlagen zurückzuführen. Ab 2010 inklusive Fluglärm.

Quellen: ARE; BAFU – SonBASE; Flughäfen ZH und GE

Arbeit und Freizeit zunehmend vermischt. Gleichzeitig steigen das **Gesundheitsbewusstsein** und die **Ansprüche an die Lebensqualität.** Damit nimmt das Lärmkonfliktpotenzial zu – die Lärmbekämpfung wird in Zukunft anspruchsvoller sein.

Die **Verdichtung** der Siedlungsräume bringt eine weitere Herausforderung. Das Ruhebedürfnis der Bevölkerung muss insbesondere bei der Gestaltung des öffentlichen Raums stärker berücksichtigt werden (→ Herausforderungen und Chancen von Agglomerationen).

Massnahmen

Das Lärmschutzrecht verpflichtet Inhaber von Anlagen, Massnahmen zur Lärmreduktion zu ergreifen. Diese müssen **in erster Linie an der Quelle** ansetzen, damit möglichst wenig Lärm entsteht.

In der Lärmschutzverordnung (LSV) sind Fristen für die **Sanierung** verschiedener Anlagetypen festgelegt. Für **Nationalstrassen** liefen diese 2015 aus; 90 % der Nationalstrassen sind saniert. Der Bund wendete dafür von 1987 (Inkrafttreten der LSV) bis 2015 rund 2,8 Milliarden Franken auf.

Für **Hauptstrassen und übrige Strassen** sind Kantone und Gemeinden verantwortlich. Obwohl die Sanierungsfrist für diese Strassen im März 2018 ablief, wurden die Sanierungen nicht in allen Kantonen rechtzeitig abgeschlossen. Die für Investitionen seitens des Bundes für diese Sanierungen zur Verfügung gestellten Mittel betrugen zwischen 2008 und 2018 insgesamt 328 Millionen Franken. Die Investitionen des Bundes machen rund einen Viertel der gesamten Ausgaben der Kantone aus.

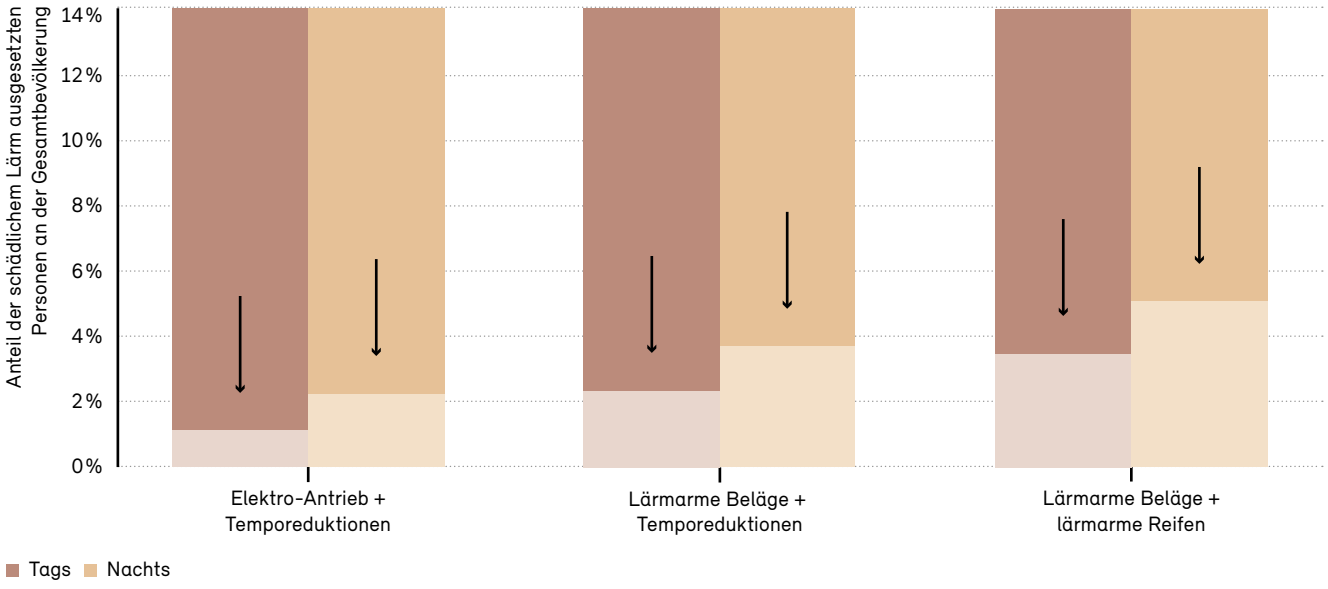
Der Bund unterstützt die Lärmsanierung der **Eisenbahnen** seit dem Jahr 2000. In der ersten Phase wurden vor allem bauliche Massnahmen wie Lärmschutzwände und Schallschutzfenster sowie Rollmaterialsanierungen finanziert. In der zweiten Phase investiert der Bund in die Entwicklung und den Einsatz von leisem Roll-

Abbildung 46

Lärmschutzmassnahmen im Strassenverkehr: geschätztes Potenzial von kombinierten Massnahmen an der Quelle

Derzeit lebt jede siebte Person in der Schweiz (14 % der Bevölkerung) an einem Ort, wo der Immissionsgrenzwert für Strassenlärm überschritten ist. Die Y-Achse stellt den Anteil der betroffenen Bevölkerung dar. Die Balken zeigen, welcher Anteil der betroffenen Bevölkerung durch Massnahmen geschützt werden könnte, wenn diese flächendeckend umgesetzt würden, und welcher Anteil der Bevölkerung ungeschützt bliebe. Die Grafik basiert auf reinen Modellrechnungen. In der Praxis wird die Wirkung der Massnahmen geringer sein.

Lesebeispiel: Würden in der gesamten Schweiz nur noch Strassenfahrzeuge mit Elektro-Antrieb verkehren und würde gleichzeitig die Höchstgeschwindigkeit um 20 km/h reduziert, wäre nur noch 1 % der Bevölkerung einem Lärm über den Immissionsgrenzwerten ausgesetzt.



Quelle: BAFU

material und leisen Infrastrukturkomponenten, und er gewährt Investitionshilfen für besonders lärmarme Güterwagen. Zudem werden punktuelle Verbesserungen an Fahrbahn und Unterbau vorgenommen. Zwischen 2000 und circa 2028 wird der Bund für diese Zwecke rund 1750 Millionen ausgeben (BAV 2016).

Eine weitere Massnahme, um Lärm bei Eisenbahnen zu vermindern, sind die neuen **Grenzwerte für Güterwagen**, die der Bund 2014 mit dem revidierten Bundesgesetz über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (BGLE)[1] einführte. Damit sind laute Wagen mit Grauguss-Bremssohlen ab 2020 in der Schweiz faktisch verboten. Betroffen davon sind vor allem ausländische Güterwagen.

Der Bund setzt sich mit der Sachplanung für die Infrastruktur der **Luftfahrt** und mit der Erteilung der Flugplatz-Betriebsreglemente dafür ein, dass die Lärmbelastung der Siedlungen möglichst tief bleibt. Daneben kann der Bund Massnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen des Luftverkehrs auf die Umwelt finanziell unterstützen (bis zu 10 Millionen Franken pro Jahr). Finanziert werden diese Massnahmen aus den Erträgen der Mineralölsteuer auf Flugtreibstoffe (Spezialfinanzierung Luftverkehr)[2]. Die Flugplätze müssen zudem bei übermässig lärmbetroffenen Gebäuden Schallschutzfenster bezahlen.

Die Strassenlärmsanierung fokussierte in der Vergangenheit vor allem auf den Bau von Lärmschutzwänden

1 Bundesgesetz vom 24. März 2000 über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (BGLE), SR 742.144.

2 Bundesgesetz vom 22. März 1985 über die Verwendung der zweckgebundenen Mineralölsteuer und weiterer für den Strassen- und Luftverkehr zweckgebundener Mittel (MinVG), SR 725.116.2

und auf den Einbau von Schallschutzfenstern. In den letzten Jahren wurde vermehrt an der Quelle angesetzt, z. B. mit dem Einbau **lärmarmer Beläge, Temporeduktionen** oder **verkehrsberuhigenden Massnahmen** (→ Abbildung 46).

Diesen Weg will der Bund weitergehen. Dazu braucht es **Forschung und Innovationen.** Der Bund engagiert sich deshalb mit verschiedenen Massnahmen für die Neu- und Weiterentwicklung von Technologien und fördert deren Einsatz (Bundesrat 2017e).

Handlungsbedarf

- 30 Jahre nach Inkrafttreten der Lärmschutz-Verordnung (LSV) ist eine zukunftsorientierte Neugestaltung der Politik zur Reduktion der Lärmbelastung und für den Ruheschutz angezeigt, um die Bevölkerung effektiv vor übermässigen Lärmimmissionen zu schützen. Lärmschutz ist eine Daueraufgabe und soll auch bei der Gestaltung von Siedlungsräumen verstärkt umgesetzt werden.

- Für die Begrenzung der Lärmemissionen stehen die Massnahmen an der Quelle im Zentrum. Die technischen und betrieblichen Potenziale zur Reduktion der Belastung sollen besser genutzt werden. Der grösste Teil der Betroffenen ist Lärm von Hauptstrassen und übrigen Strassen ausgesetzt. Besonders hier sind weiterführende Massnahmen nötig.

- Mit einem verbesserten, schweizweit harmonisierten Lärm-Monitoring lassen sich der Handlungsbedarf klarer bestimmen und die Fortschritte der Lärmbekämpfung besser ausweisen. Die Öffentlichkeit soll verstärkt darüber informiert werden.

- Den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen zur Wirkung von Lärm auf die Gesundheit der Menschen ist Rechnung zu tragen. Die Grenzwerte müssen dieses Wissen abbilden.

- Um eine qualitativ hochwertige Siedlungsentwicklung zu fördern, genügt die blosse Einhaltung der Immissionsgrenzwerte nicht. Es braucht Aussenräume für Ruhe und Erholung, die für die Bevölkerung einfach zugänglich sind. Solche Orte gilt es zu erhalten, zu schützen oder auch neu zu schaffen.



Naturgefahren

Die Schweiz hat aus vergangenen Naturereignissen gelernt. Der Umgang mit Naturgefahren ist auf einem hohen Niveau, doch er bleibt eine Daueraufgabe. Neue Herausforderungen kommen hinzu, weil der Klimawandel und die zunehmende Nutzungsdichte die Risiken erhöhen.

Auftrag

Der Schutz vor Naturgefahren ist eine Querschnittaufgabe, die geregelt ist durch die Gesetzgebung zum Wasserbau (WBG)[1] und zum Wald (WaG)[2] sowie durch zahlreiche weitere Gesetze (wie z. B. das Gesetz über die Meteorologie und Klimatologie [MetG][3], das Bevölkerungs- und Zivilschutzgesetz [BZG][4] und das Versicherungsaufsichtsgesetz [VAG][5]). Die Gesetzgebungskompetenzen des Bundes beschränken sich auf Massnahmen gegen schädigende Auswirkungen von Wasser, Lawinen, Rutschungen, Steinschlägen und Erosion sowie auf Massnahmen für die Warnung vor meteorologischen Gefahren.

Die Schweizer Bevölkerung soll angemessen vor Naturgefahren geschützt werden. Angestrebt wird ein schweizweit vergleichbares Sicherheitsniveau für alle Naturgefahren, das ökonomisch verhältnismässig, ökologisch vertretbar und sozial verträglich ist (PLANAT 2004, 2013).

Um das angestrebte Sicherheitsniveau zu erreichen und zu halten, setzt der Bund auf ein integrales Risikomanagement, das alle Akteure einbezieht. Bestehende Schutzdefizite sollen bis 2030 weitgehend behoben sein (UVEK 2016).

Der Schutz vor Naturgefahren ist auch in der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO verankert. Ziel ist, die Widerstandskraft und die Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen zu stärken und die dadurch verursachten wirtschaftlichen Verluste zu verringern (Sustainable Development Goals, SDGs 1.5, 11.5 und 13.1) (UN 2015).

Grosse Fortschritte bei Vorhersage und Warnung
Die Schäden durch Naturereignisse lassen sich deutlich vermindern, wenn Krisenstäbe und Betroffene rechtzeitig gewarnt werden. Der katastrophale Lawinenwinter 1950/51 mit 98 Todesopfern legte in der Schweiz den Grundstein für das gezielte und kontinuierliche Sammeln meteorologischer Schneedaten sowie Informationen zum Aufbau der Schneedecken. Seit 1993 wird die moderne Lawinenwarnung mit der fünfstufigen Europäischen Lawinengefahrskala betrieben. Nach dem verheerenden Hochwasser 2005 rief der Bund das Projekt zur Optimierung von Warnung und Alarmierung bei allen Naturgefahren (OWARNA) ins Leben. Seither wurden Vorhersage und Warnung vor Naturereignissen dank des Ausbaus des **Monitorings** und der **Modellierung** sowie dank des **koordinierten Vorgehens** aller beteiligten Bundesstellen deutlich verbessert. Daraus hervorgegangen ist die Gemeinsame **Informationsplattform** Naturgefahren (GIN) (www.gin.admin.ch), die den Experten und Expertinnen von Bund, Kantonen und Gemeinden Informationen zu verschiedenen Naturgefahren zugänglich macht. Für die Warnung der breiten Bevölkerung steht das gemeinsame **Naturgefahrenportal** (www.naturgefahren.ch) zur Verfügung. Zudem sind die Warnungen vor Naturgefahren auf der App von METEOSCHWEIZ zugänglich.

Leben mit Naturgefahren

Naturgefahren wie Hochwasser, Erdrutsche, Sturzprozesse, Erdbeben, Gewitter oder Stürme werden zu einem Risiko, weil sie auch Schäden an Personen, Gebäuden oder Infrastrukturen verursachen können (→ Abbildung 47). Die **grössten Risiken** bergen **Hochwasser, Hagel** und **Erdbeben.** Wie die Statistik der kantonalen Gebäudeversicherungen zeigt, waren im Zeitraum von 1998 bis 2017 63 % der durch Naturgefahren verursachten

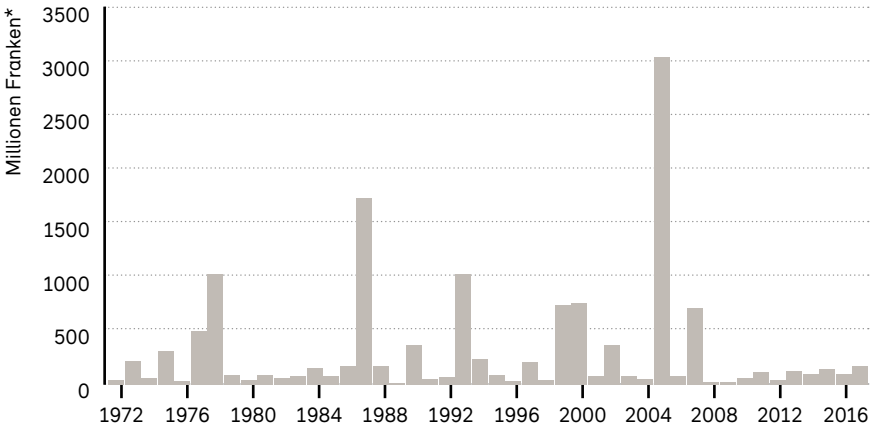
1 Bundesgesetz vom 21. Juni 1991 über den Wasserbau (Wasserbaugesetz, WBG), SR 721.100.
2 Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (Waldgesetz, WaG), SR 921.0.
3 Bundesgesetz vom 18. Juni 1999 über die Meteorologie und Klimatologie (MetG), SR 429.1.
4 Bundesgesetz vom 4. Oktober 2002 über den Bevölkerungsschutz und den Zivilschutz (Bevölkerungs- und Zivilschutzgesetz, BZG), SR 520.1.
5 Bundesgesetz vom 17. Dezember 2004 betreffend die Aufsicht über Versicherungsunternehmen (Versicherungsaufsichtsgesetz, VAG), SR 961.01

Abbildung 47

Schäden durch Hochwasser, Murgänge, Rutschungen und Sturzprozesse

Hochwasser, Murgänge, Rutschungen und Sturzprozesse können bedeutende Schäden verursachen. Deren Höhe wird von der Nutzung des Siedlungsraums und von der Intensität und der räumlichen Ausdehnung der Naturereignisse beeinflusst.

Von 1972 bis 2017 verursachten Hochwasser und Murgänge Schäden von 13 Milliarden Franken; die im selben Zeitraum durch Rutschungen und Sturzprozesse entstandenen beliefen sich auf rund eine Milliarde Franken. Insgesamt resultierten damit Schäden von 14 Milliarden Franken; dies entspricht einer durchschnittlichen Schadenssumme von rund 304 Millionen Franken pro Jahr.



* Teuerungsbereinigt, Preisbasis 2017.

Quelle: WSL

Zustand:

Entwicklung:

Absolute Sicherheit im Umgang mit Naturgefahren gibt es nicht. Allerdings haben die Analyse der grossen Hochwasserereignisse und insbesondere das Projekt Optimierung von Warnung und Alarmierung bei allen Naturgefahren (OWARNA) gezeigt, dass mit einer konsequenten Umsetzung moderner Hochwasserschutzkonzepte und einer verbesserten Warnung und Alarmierung bei einem Ereignis wie demjenigen von 2005 bis zu 20 % der Schäden vermieden werden können. Weil jedoch der Raum immer intensiver genutzt wird und die Sachwerte zugenommen haben, muss der Zustand trotzdem negativ bewertet werden.

Die Entwicklung kann nicht bewertet werden, weil die starken jährlichen Schwankungen und die relativ kurze Beobachtungsperiode von 1972 bis 2017 keine eindeutige Aussage zulassen.

Sachschäden an Gebäuden auf Stürme und Hagel zurückzuführen, rund 31 % gingen auf das Konto von Hochwasser (VKF 2018).

Das integrale Risikomanagement ist eine Daueraufgabe. Denn die Risiken können sich verändern und müssen deshalb periodisch überprüft werden. So hat das Risiko infolge Naturgefahren in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Hauptursache ist, dass sich das **Schadenpotenzial** durch die Zunahme der Bevölkerung, die **Ausdehnung des Siedlungsgebiets** in gefährdete Regionen und die Wertsteigerung von öffentlichen Infrastrukturen und privaten **Sachwerten** vergrössert hat. Erste Auswertungen zeigen, dass rund 20 % der Schweizer Bevölkerung in Gebieten leben, die von Überschwemmungen betroffen sein können (BAFU 2016h) (→ Abbildung 48). Dort befinden sich zudem rund 30 % der Arbeitsplätze und mit 840 Milliarden Franken ein Viertel der Sachwerte.

Ausblick

Als Folge des **Klimawandels** dürfte die Häufigkeit und die Intensität von Ereignissen zunehmen (→ Klima). Noch stärker wird voraussichtlich das Schadenpotenzial ansteigen, weil die Bevölkerung wächst, der **Raum immer intensiver genutzt** wird und die **Sachwerte** zunehmen. Die zentrale Herausforderung besteht darin, ein definiertes und tragbares Sicherheitsniveau zu erreichen und dieses trotz sich ändernder Rahmenbedingungen zu halten.

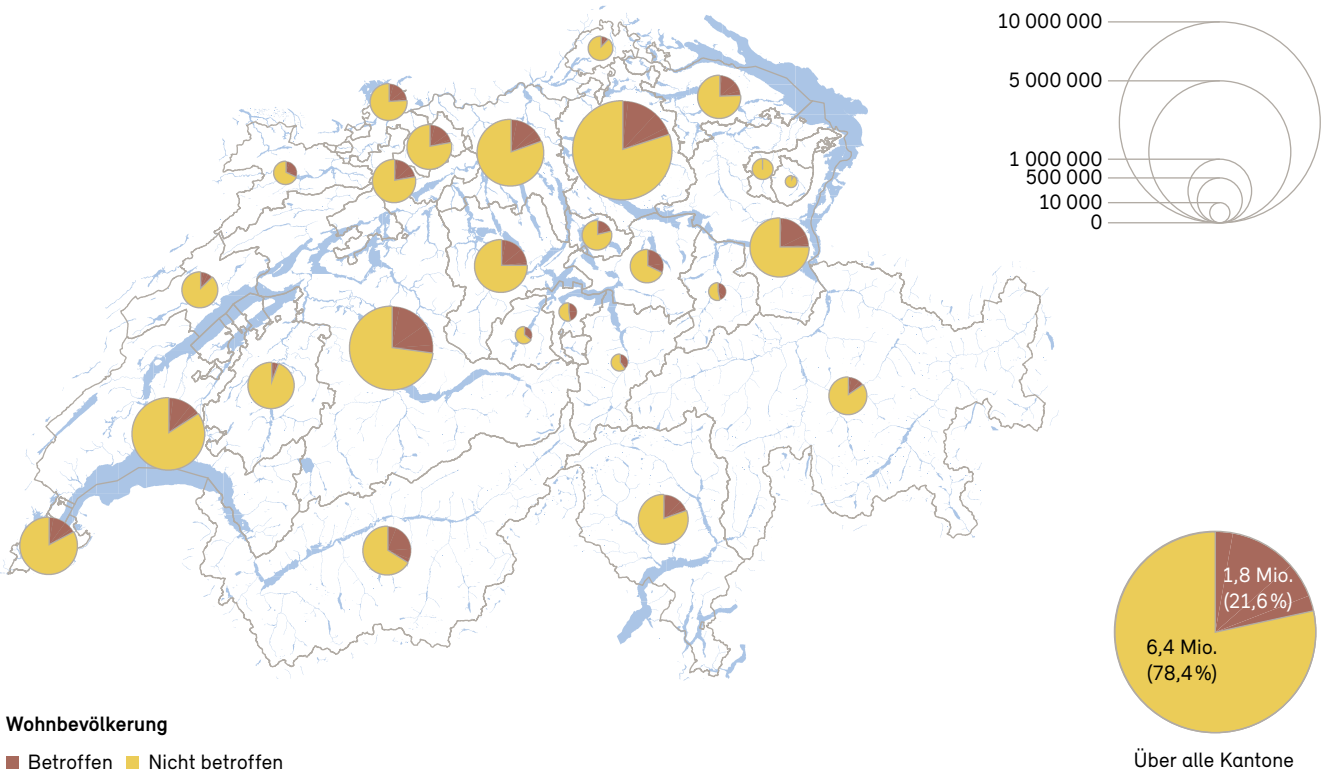
Massnahmen

Das zentrale Instrument im Umgang mit Naturgefahren ist das **integrale Risikomanagement** (BAFU 2014b, 2016h, BABS 2014, PLANAT 2013). Dieses umfasst die Gesamtheit der Massnahmen und Methoden, mit denen die angestrebte Sicherheit erreicht werden soll. Ein erfolgreicher Umgang mit Naturgefahren ist nur möglich, wenn plane-

Abbildung 48

Anteil der Bevölkerung, die in potenziellen Überschwemmungsgebieten lebt

Rund 20 % der Schweizer Bevölkerung wohnen in Gebieten, die von Überschwemmungen betroffen sein können. Genau dort befinden sich auch rund 1,7 Millionen oder rund 30 % der Arbeitsplätze. Zudem liegt rund ein Viertel der Sachwerte (840 Milliarden Franken) in diesen Gebieten. Der Anteil der betroffenen Wohnbevölkerung schwankt je nach Kanton stark. In dicht besiedelten Gebieten sind die möglichen Schäden entsprechend hoch.



Quellen: BAFU; BFS

rische, biologische, bauliche und organisatorische Massnahmen optimal kombiniert werden und durch einen solidarischen Versicherungsschutz ergänzt sind. Der Umgang mit Naturgefahren ist auch im **Aktionsplan Anpassung an den Klimawandel** verankert (BAFU 2014b).

Der Schutz vor Naturgefahren ist eine **Verbundaufgabe** von Bund, Kantonen und Gemeinden. Verantwortung tragen aber auch Private, indem sie sich im Ereignisfall durch richtiges Verhalten schützen und als Eigentümer oder Eigentümerinnen auch ihre Sachwerte vorbeugend schützen und versichern. Die Massnahmen zum Schutz vor Naturgefahren sind darauf ausgerichtet, die vorhandenen Mittel so wirksam und wirtschaftlich wie möglich für die Prävention einzusetzen.

Die effektivste Massnahme ist die **risikobasierte Raumplanung.** Der Bund stellt hierzu die Grundlagen bereit, um die Gefährdung zu beurteilen. Diese werden vervollständigt und laufend aktualisiert. Die Kantone erstellen **Gefahrenkarten** zu Lawinen, Hochwassern, Sturzprozessen und Rutschungen und setzen die Erkenntnisse in die kantonalen Richtpläne und die kommunalen Nutzungspläne um. Der Bund unterstützt die Kantone bei der Erarbeitung und Nachführung der Gefahrenkarten. Während die Gefahrenkartierungen fast flächendeckend vorliegen, ist die Umsetzung in die Raumplanung weniger weit fortgeschritten. Anfang 2018 waren rund 73 % der Gefahrenkarten in den kommunalen Nutzungsplanungen umgesetzt. Auch die raumplanerische Sicherung von natürlichen Abflusskorridoren bei Extremereignissen ist erst vereinzelt realisiert.

Der Bund unterstützt die Kantone im Rahmen von **Programmvereinbarungen** bei der Erhaltung und Erneuerung von **Schutzbauten,** bei der Pflege des **Schutzwaldes** (→ Wald) sowie bei der Erarbeitung von Gefahren- und Risikogrundlagen. Besonders aufwendige oder anspruchsvolle Vorhaben werden im Rahmen von **Einzelprojekten** subventioniert. Für Massnahmen nach dem Wasserbau- und dem Waldgesetz stellte der Bund im Jahr 2017 221 Millionen Franken zur Verfügung. Zusammen mit den Investitionen von Kantonen, Gemeinden und allfälligen Dritten ergab sich daraus eine Gesamtsumme in der Höhe von 579 Millionen Franken.

Seit 2001 koordiniert der Bund seine Aktivitäten im Bereich **Erdbebenvorsorge** im Rahmen eines Massnahmenprogramms (BAFU 2017g). Der Bund ist für die Erdbebenüberwachung, die Alarmierung und die nationalen Gefährdungs- und Risikogrundlagen zuständig. Zudem ist er für den Erdbebenschutz seiner eigenen Bauten und Anlagen sowie für die Kontrolle der Umsetzung von Massnahmen als Aufsichtsbehörde in gewissen Infrastrukturbereichen verantwortlich.

Bedeutend sind auch Massnahmen an Gebäuden und Infrastrukturen **(Objektschutz),** um deren Verletzlichkeit zu senken. Für das naturgefahrengerechte Bauen sind die **Eigentümer** zuständig. Die kantonalen Gebäudeversicherungen und Verbände sensibilisieren die Hauseigentümer und -eigentümerinnen. **Normen zum erdbebengerechten Bauen** sind vorhanden und müssen konsequent berücksichtigt werden. Eine **Versicherung** gegen Erdbebenschäden besteht nur **auf freiwilliger Basis.**

Eine weitere Aufgabe ist die **Warnung, Alarmierung und Information** vor drohenden Naturereignissen. Im Projekt OWARNA arbeiten die zuständigen Fachstellen des Bundes gemeinsam an besseren Vorhersagemethoden sowie an einheitlichen Warnungen und Alarmierungen (→ Infobox «Grosse Fortschritte bei Vorhersage und Warnung»).

Die Schweiz war massgeblich an der Vorbereitung der UNO-Weltkonferenz in Sendai (2015) beteiligt, an der das Sendai-Rahmenwerk zur Minderung von Katastrophenrisiken 2015–2030 verabschiedet wurde. Der Bund engagiert sich dafür, dass das Rahmenwerk auf nationaler und **internationaler Ebene** umgesetzt wird. Das integrale Risikomanagement der Schweiz ist kohärent mit dem Sendai-Rahmenwerk und ermöglicht eine risikobewusste nachhaltige Entwicklung.

Handlungsbedarf

- Der Umgang mit Naturgefahren ist eine Daueraufgabe. Dabei gilt es, das integrale Risikomanagement weiterhin konsequent und gesamthaft umzusetzen.
- Prioritär sind die Gefahren- und die Risikogrundlagen vervollständigt, periodisch aktualisiert und von Kantonen und Gemeinden risikobasiert in der Raumplanung umzusetzen. Der laufende Risikoanstieg durch die Ausdehnung der Sachwerte in die Gefahrengebiete muss gedämpft werden.
- Ein permanentes Monitoring der Gefahrenprozesse hat sicherzustellen, dass sich drohende Gefahren und generelle Veränderungen der Gefährdungssituation frühzeitig erkennen lassen. Das Warnsystem soll im Rahmen von OWARNA durch die Nutzung von neuen Technologien und Forschungsresultaten optimiert und weiterentwickelt werden.
- Eine Lösung für eine bessere Deckung der Erdbebenschäden und für die Organisation der Schadenerledigung ist in Zusammenarbeit zwischen Bund, Kantonen und Versicherungen zu suchen.

Störfallrisiken

Das Gefahrenpotenzial für Störfälle hat sich in den letzten Jahren nicht verändert. Die Risiken hingegen steigen infolge der Siedlungsentwicklung im Umfeld der Störfallanlagen. Erstmals wurden die Risiken durch Gefahrguttransporte auf der Strasse gesamtschweizerisch erfasst.

Auftrag

Mit Artikel 10 des Umweltschutzgesetzes (USG)[1] und der Störfallverordnung (StFV)[2] sollen die Bevölkerung und die Umwelt vor schweren Schädigungen geschützt werden, die durch Unfälle in Industriebetrieben und beim Transport oder bei der Beförderung von Gefahrgütern auftreten könnten. Dazu müssen die Anlagenbetreiber geeignete Sicherheitsmassnahmen ergreifen, die dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen.

Störfallrisiken sind zudem in eine umfassende raumplanerische Interessenabwägung einzubeziehen, um dem Ziel des Raumplanungsgesetzes (RPG)[3], d.h., Wohngebiete vor schädlichen Einwirkungen möglichst zu verschonen, gerecht zu werden. Die Störfallverordnung regelt dementsprechend die bei den Richt- und Nutzungsplanungen vorzunehmenden Abwägungen. Diese sind auch nötig, wenn Neubauten in bereits bewilligten Zonen neben Störfallanlagen errichtet werden.

Auch international hat sich die Schweiz dazu verpflichtet, Industrieunfälle mit grenzüberschreitenden Auswirkungen vorzubeugen, die Risiken zu verringern und die Folgen zu minimieren (Konvention über die grenzüberschreitenden Auswirkungen von Industrieunfällen[4] der UNO-Wirtschaftskommission für Europa [UNECE]).

Gefahrenpotenziale und Risiken

In der Schweiz sind heute rund 1300 **Betriebe,** die mit gefährlichen Chemikalien oder Organismen arbeiten, der Störfallverordnung unterstellt. Davon haben 158 Betriebe das Potenzial, bei Störfällen eine schwere Schädigung zu verursachen, und müssen eine Risikoermittlung einreichen und nachführen (→ Abbildung 49). Diese Zahl ist seit 2000 stabil geblieben (BAFU 2017h). Die Anlagen sind über die ganze Schweiz verteilt, häufen sich aber in den industrialisierten Räumen um Genf, Basel und Zürich sowie im Mittelland. In diesen Ballungsräumen ist die Siedlungsentwicklung weiter vorangeschritten, und immer mehr Menschen wohnen und arbeiten rund um störfallrelevante Anlagen. Das **Schadenspotenzial** hat sich deshalb erhöht.

Bei **Gefahrguttransporten auf der Schiene** hat das Risiko für **Personenschäden** von 2011 bis 2014 zwar zugenommen. Es gilt jedoch auf dem gesamten Schienennetz im Sinn der Störfallverordnung als tragbar. Auf den seit 2014 noch knapp 1700 km Bahnstrecken, die der Störfallverordnung unterstellt sind, besteht auf rund 130 km ein erhöhtes Risiko, das im Übergangsbereich zwischen akzeptabel und nicht akzeptabel liegt. Seit der letzten Erhebung 2011 hat sich diese **Streckenlänge** annähernd verdoppelt (BAV 2015a) (→ Abbildung 50). Die Ursachen liegen in der Zunahme von Gefahrgutmenge, Bevölkerungsdichte und Anzahl Reisezügen.

2014 wurde erstmals für das gesamte Schienennetz eine Analyse der **Risiken für die Umwelt** durchgeführt (BAV 2015b). Das Resultat: auf 42 km der Bahnstrecken bestehen bezüglich Oberflächengewässern und auf 10 km bezüglich Grundwasser Risiken, die über der Akzeptabilitätslinie liegen. Diese Strecken müssen mit einer Risikoermittlung noch genauer untersucht werden, damit sich Massnahmen eruieren lassen.

Welche Risiken von Gefahrguttransporten **auf der Strasse** ausgehen, wurde 2017 erstmals netzweit erhoben. Nicht tragbare Risiken sind bei Nationalstrassen auf 8 km festgestellt worden (Bundesrat 2017h). Abgesehen von den Nationalstrassen (2000 km) sind noch nicht alle dem kantonalen Vollzug unterstellten Strassen (8200 km) in einem Screening erfasst (BAFU 2017i).

1 Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG), SR 814.01.

2 Verordnung vom 27. Februar 1991 über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV), SR 814.012.

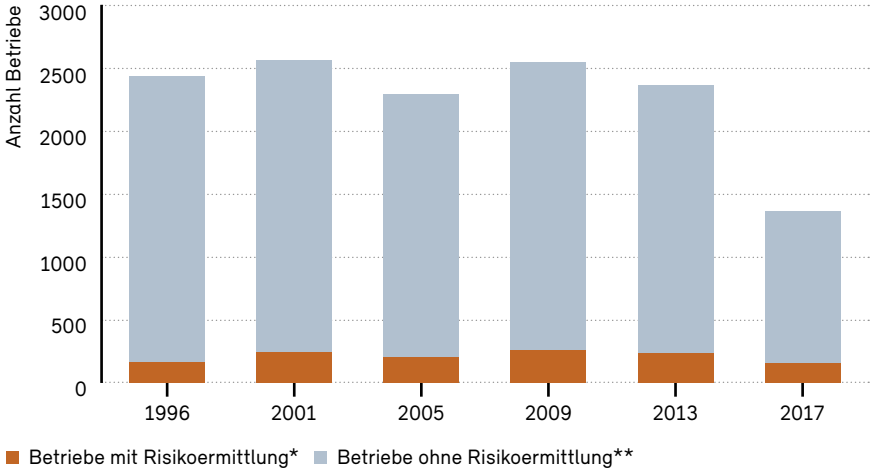
3 Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG), SR 700.

4 Übereinkommen vom 17. März 1992 über die grenzüberschreitenden Auswirkungen von Industrieunfällen, SR 0.814.04.

Abbildung 49

Betriebe mit Potenzial für schwere Schädigungen

Die Grafik zeigt die der Störfallverordnung (StFV) unterstellten Betriebe. Davon besitzen rund 12 % das Potenzial, bei Störfällen eine schwere Schädigung zu verursachen, und müssen deshalb eine Risikoermittlung einreichen und nachführen. Betriebe mit Risikoermittlung sind vor allem Betriebe des Grosshandels mit chemischen Stoffen, Anlagen zur Erstellung chemischer Zubereitungen und grosse Sportanlagen mit intensivem Publikumsverkehr (Schwimmbäder, Kunsteisbahnen).



* 1996–2001: ohne Betriebe mit biologischen Risiken; ab 2005: Datenbasis verbessert.

** 1996–2001: ohne Betriebe mit biologischen Risiken und hochgerechnete Werte, da Erfassung nach Einheiten und nicht nach Betrieben erfolgte; ab 2005: Datenbasis verbessert.

Quellen: Vollzugsstellen Bund und Kantone

Zustand: 😐

Entwicklung: 🙂

Im Jahr 2017 mussten 158 der 1227 der StFV unterstellten Betriebe eine Risikoermittlung einreichen bzw. nachführen. Die Anzahl ist mit der Revision der StFV deutlich gesunken. Demzufolge ist die Entwicklung positiv zu bewerten. Die Gesamtzahl der unterstellten Betriebe hat ebenfalls deutlich abgenommen. Somit wurde das Ziel der Revision erreicht, dass sich die Vollzugsbehörden vermehrt auf die relevanten Anlagen konzentrieren können.

Für den knapp 11 km langen Abschnitt mit Gefahrguttransporten **auf dem Rhein** wurden die Risiken 2016 neu ermittelt. Für Personen sind die Risiken tragbar, für die Umwelt liegen sie gemäss den provisorischen Beurteilungskriterien II im untragbaren Bereich.

Seit 2013 unterstehen etwa 2200 km **Erdgashochdruckleitungen** und 250 km **Erdölleitungen** der Störfallverordnung. Die Betreiber von Rohrleitungsanlagen haben mit einem netzweiten Screening von Personen- und/oder Umweltrisiken begonnen und die Berichte bis Ende März 2018 der Aufsichtsbehörde (Bundesamt für Energie) eingereicht.

Ausblick

Die Siedlungen werden sich in Zukunft weiter ausdehnen und lokal zu einer zusätzlichen **Verdichtung** führen. Auch der **Verkehr** auf Strasse und Schiene wird zunehmen (→ Mobilität). Damit könnten mehr Menschen von möglichen Störfällen betroffen sein. Dem wirkt die bessere Koordination der Raumplanung mit der Störfallvorsorge entgegen.

Massnahmen

Auf Bundesebene trat 2015 die **revidierte Störfallverordnung** in Kraft. Der Geltungsbereich wurde gestrafft, um den Vollzug gezielt auf die relevanten Anlagen mit grossem Gefahrenpotenzial auszurichten. Neu unterliegen der Verordnung weniger Anlagen, diese können dafür gezielter kontrolliert werden. Die Anzahl der risikoermittlungspflichtigen Betriebe hat sich jedoch kaum verändert.

Die **Inhaber von störfallrelevanten Anlagen** sind seit der Revision explizit verpflichtet, mit einem systematischen und strukturierten Vorgehen die geeigneten Sicherheitsvorkehrungen umzusetzen.

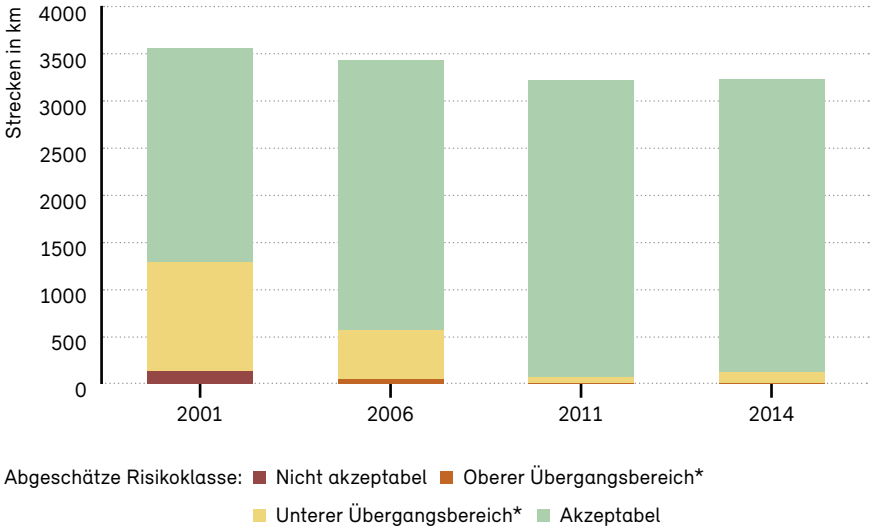
Wirtschaft, Bahnunternehmen und Bund haben 2016 eine gemeinsame Erklärung zur Reduktion der Risiken von **Chlortransporten per Bahn** unterzeichnet.

Die Kosten für die Massnahmen zur Störfallvorsorge tragen gemäss Verursacherprinzip die Inhaber der Anlagen.

Abbildung 50

Personenrisiken durch Gefahrguttransporte auf der Schiene

Beim Transport gefährlicher Güter kann es infolge von ausserordentlichen Ereignissen (z. B. Unfällen) zu Freisetzungen (Störfällen) kommen. Das Risiko wird anhand der Häufigkeiten und der Ausmasse (Anzahl Tote und Verletzte) der möglichen Störfälle abgeschätzt. Bei nicht akzeptablen Risiken sind zwingend zusätzliche Sicherheitsmassnahmen zu treffen. Bei Risiken im Übergangsbereich zwischen akzeptabel und nicht akzeptabel entscheidet die Vollzugsbehörde von Streckenabschnitt zu Streckenabschnitt, ob das Risiko tragbar ist oder ob zusätzliche Sicherheitsmassnahmen zu treffen sind.



* Seit 2006 werden die oberen und unteren Übergangsbereiche getrennt erfasst.

Quelle: BAV

Zustand: 😐

Entwicklung: 😐

2014 gab es keine Strecken mehr mit nicht akzeptablen Risiken. Die höheren, knapp vertretbaren Risiken verzeichnen die Agglomerationen (Genf, Lausanne, Zürich [Altstetten] und Olten). Deswegen wird der Zustand als mittelmässig bewertet.

Die 2001 festgestellten Bahnstrecken mit nicht akzeptablem Risiko für Personen konnten dank einer Vereinbarung zwischen den Bahnen, dem Bund und der chemischen Industrie innert zehn Jahren eliminiert werden. Mit der zunehmend dichteren Bebauung entlang der Eisenbahnanlagen steigen diese Risiken jedoch merklich, wie die alle paar Jahre durchgeführten Erhebungen zeigen. Aus diesem Grund wird die Entwicklung als unbefriedigend bewertet.

Handlungsbedarf

- Die Grundlagen sowie die Vorgehenspraxis für die Koordination der Raumplanung mit der Störfallvorsorge sind zu verbessern (Revision der Planungshilfe).
- Neubauten, die einem erhöhten Risiko ausgesetzt sind, müssen durch Massnahmen vor möglichen Einwirkungen durch Störfälle geschützt werden.
- Die Umweltrisiken der Verkehrswege und Rohrleitungsanlagen sind gemäss den 2018 revidierten Beurteilungskriterien nach dem neuen Kosten-Nutzen-Ansatz angemessen zu reduzieren.
- Die Risiken der Rohrleitungsanlagen müssen abgeschätzt und beurteilt sowie weitere Sicherheitsmassnahmen zur Risikoreduktion evaluiert und umgesetzt werden.
- Damit sich der erreichte hohe Sicherheitsstand halten lässt, müssen die Vollzugsbehörden sowohl der Kantone als auch des Bundes die Betriebskontrollen gemäss der revidierten Verordnung konsequent umsetzen.

Biosicherheit

In der Schweiz wird rege mit gentechnisch veränderten, krankheitserregenden oder gebietsfremden Organismen geforscht. Es sind bis heute keine schwerwiegenden Vorfälle aufgetreten, die zu einer Gefährdung von Menschen, Tieren oder der Umwelt geführt haben. Ein Moratorium verbietet die Verwendung von gentechnisch veränderten Organismen (GVOs) in der Landwirtschaft. Dennoch können solche durch verunreinigte Importgüter in die Schweiz gelangen. Das Auftreten von GVOs in der Umwelt wird überwacht.

Auftrag

Der Bund sorgt dafür, dass Mensch und Umwelt vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen sowie vor Missbräuchen der Gentechnologie geschützt sind (Bundesverfassung, BV[1]). Dies umfasst den Schutz der Gesundheit und der Sicherheit von Mensch, Tier und Umwelt. Zudem soll die Würde der Kreatur beim Umgang mit Keim- und Erbgut erhalten bleiben. Daneben fördert der Bund die Information der Öffentlichkeit und stellt die Wahlfreiheit von Konsumentinnen und Konsumenten sicher.

Der Umgang mit gentechnisch veränderten, pathogenen oder gebietsfremden Organismen sowie mit deren Stoffwechselprodukten und Abfällen kann Risiken bergen. Über verschiedene Verordnungen definiert der Bund, wie Mensch und Umwelt vor solchen Gefährdungen und Beeinträchtigungen zu schützen sind. Die Freisetzungsverordnung (FrSV)[2] regelt dabei den beabsichtigten Umgang mit Organismen in der Umwelt, während die Einschliessungsverordnung (ESV)[3] den Umgang in geschlossenen Systemen wie z.B. in Labors, Gewächshäusern oder Produktionsanlagen regelt.

Das völkerrechtlich bindende Cartagena-Protokoll[4] regelt den Transport von und den Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen (GVOs) im internationalen Umfeld. Die Cartagena-Verordnung (CartV)[5] setzt das Protokoll in Schweizer Recht um. Sie sorgt beim internationalen Transport von GVOs für angemessenen Schutz, insbesondere für die biologische Vielfalt und die menschliche Gesundheit.

Zustand

Die Schweiz ist ein weltweit führender Standort für die Biotechnologie, vor allem in städtischen Gebieten herrscht eine rege **Forschungstätigkeit** in diesem Feld (→ Abbildung 51). Für den technologischen Fortschritt in Forschung, Medizin und Industrie ist die Verwendung verschiedenster Organismen unentbehrlich, von krankheitserregenden Bakterien bis hin zu transgenen Mäusen. Dank einer stetigen Sensibilisierung hat sich in den letzten 20 Jahren eine Kultur der Biosicherheit entwickelt, und es wurden **keine gravierenden Vorfälle** verzeichnet, bei denen gefährliche Organismen entwichen (BAFU 2016i).

Der **Anbau und die Verarbeitung gentechnisch veränderter Pflanzen** (GV-Pflanzen) in der Landwirtschaft stossen in der Öffentlichkeit und damit einhergehend auch in der Politik auf Vorbehalte. Seit 2005 verbietet ein Moratorium den Anbau von GVOs. 2017 wurde es vom Parlament bis 2021 verlängert. **Freisetzungsversuche** zu Forschungszwecken bewilligt der Bund, sofern sie den gesetzlichen Anforderungen genügen.

Allerdings können Samen von GV-Pflanzen als **Kontamination konventioneller Agrarprodukte** über die Grenze gelangen, denn die Schweiz kann ihren Bedarf an landwirtschaftlichen Produkten nicht vollständig decken und ist auf Importe angewiesen. Diese stammen u.a. auch aus Ländern, in denen GV-Pflanzen angebaut werden. In den letzten Jahren wurden jedoch nur vereinzelt GV-Pflanzen gefunden, wobei der Anteil positiv getesteter Pflanzen jeweils tief war (unter 2 %) (→ Abbildung 52).

1 Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999, SR 101.

2 Verordnung vom 10. September 2008 über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (Freisetzungsverordnung, FrSV), SR 814.911.

3 Verordnung vom 9. Mai 2012 über den Umgang mit Organismen in geschlossenen Systemen (Einschliessungsverordnung, ESV), SR 814.912.

4 Protokoll von Cartagena vom 11. September 2003 über die biologische Sicherheit zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt, SR 0.451.431.

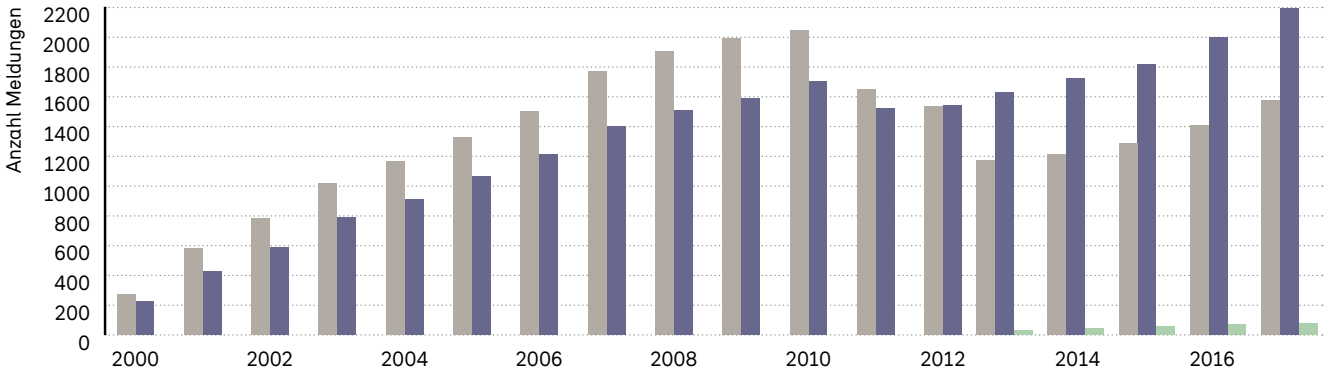
5 Verordnung vom 3. November 2004 über den grenzüberschreitenden Verkehr mit gentechnisch veränderten Organismen (Cartagena-Verordnung, CartV), SR 814.912.21.



Abbildung 51

Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten mit gentechnisch veränderten Organismen (GVOs), pathogenen Organismen (PO) und gebietsfremden Organismen

Tätigkeiten in geschlossenen Systemen mit gentechnisch veränderten Organismen, pathogenen Organismen und seit 2013 mit gebietsfremden Organismen sind gemäss Einschliessungsverordnung (ESV) melde- bzw. bewilligungspflichtig. Die Anzahl der jährlich eingegangenen Neumeldungen für solche Tätigkeiten ist ein Mass dafür, wie attraktiv der Forschungsstandort Schweiz im Bereich der Biotechnologie ist.



* Seit 2013 werden neu alle Klasse-1-Meldungen (Tätigkeiten, bei denen kein oder ein vernachlässigbar kleines Risiko besteht) in Globalmeldungen zusammengefasst.

Quelle: BAFU – ecogen

Ausblick

Um mit den rasanten Entwicklungen in der Biotechnologie Schritt zu halten und das Risiko ausgehend von gentechnisch veränderten, pathogenen oder gebietsfremden Organismen weiterhin im Griff zu haben, müssen die gesetzlichen Grundlagen laufend aktualisiert werden. Nicht zuletzt steht in den nächsten Jahren eine grosse Herausforderung bezüglich der Regelung von **neuen Pflanzenzüchtungsmethoden** an. Darunter versteht man neu entwickelte molekularbiologische Methoden, die eine gezielte Veränderung des Erbguts von Pflanzen erlauben, ohne auf klassische gentechnische Methoden zurückzugreifen. Der rechtliche Status dieser neuen Verfahren ist Gegenstand von Diskussionen auf nationaler wie internationaler Ebene.

Massnahmen

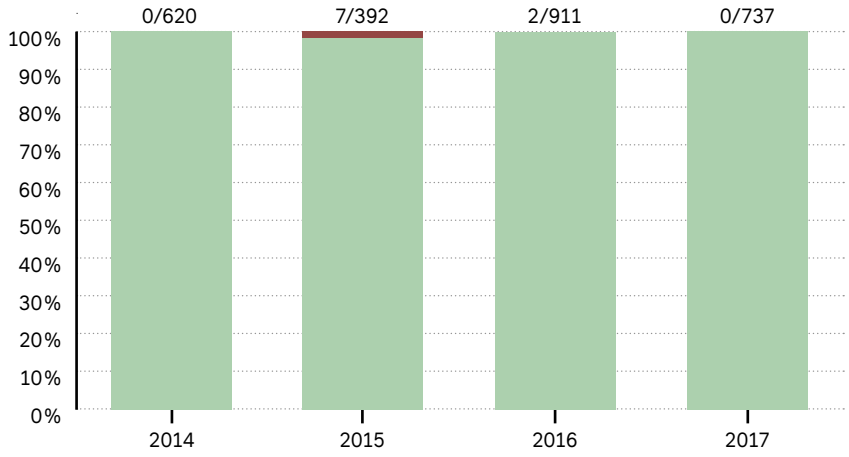
Die rechtlichen Grundlagen und Instrumente, um die Biosicherheit zu gewährleisten, sind wirksam und effizient. So müssen in **geschlossenen Systemen** Massnahmen ergriffen werden, die auf das Risiko abgestimmt sind, das von den verwendeten Organismen ausgeht. Die Kantone kontrollieren den Vollzug. Wer mit einschliessungspflichtigen Organismen arbeitet, muss dies zudem dem Bund melden.

Aufgrund des **Moratoriums** ist die Verwendung von GVOs in der **Landwirtschaft** bis 2021 verboten. Wegen möglicher Kontaminationen von Importgütern überwacht der Bund dennoch das Vorkommen von unbeabsichtigt in der Umwelt auftretenden GVOs mit einem **Monitoring.** Dieses führt er in Zusammenarbeit mit den Kantonen durch. Es wird konstant weiterentwickelt und

Abbildung 52

Funde von GV-Pflanzen entlang von Bahnlinien

Um allfällige Beeinträchtigungen durch das Vorkommen von GVOs in der Umwelt frühzeitig zu erkennen, hat der Bund u. a. ein jährliches Monitoring von GV-Raps entlang des SBB-Schienennetzes (1340 km) aufgebaut. Dabei werden schweizweit jährlich 30 zufällig gewählte Schienenabschnitte von 1 km Länge auf das Vorhandensein von GV-Raps untersucht.



Lesebeispiel: 2014 waren 0 von total 620 beprobten Pflanzen GV-positiv.

Quelle: BAFU

Zustand: ×

Entwicklung: ×

Weil erst 2014 mit dem Monitoring von GV-Pflanzen begonnen wurde, lassen die Zahlen noch keine Aussagen bezüglich Trends für die Biosicherheit zu.
Der Zustand dieses Indikators wird nicht bewertet. Die Daten hängen massgeblich von externen Faktoren wie z. B. von den in die Schweiz importierten, mit GVOs verunreinigten Mengen ab.

an die weltweite Lage bezüglich dem Anbau von GVOs angepasst. Zudem kontrolliert der Bund jährlich, ob auf dem Markt vertriebene Produkte gesetzeskonform sind. Beispiele dafür sind Lebens- und Futtermittel oder Saatgut.

Die **Cartagena-Verordnung** (CartV) setzt das Cartagena-Protokoll in Schweizer Recht um und legt fest, welche Angaben vorhanden sein müssen, damit die erforderlichen **Sicherheitsprüfungen für die Einfuhr** von GVOs durchgeführt werden können.

Handlungsbedarf

- Die Biosicherheit in geschlossenen Systemen muss weiterhin gemeinsam mit den Kantonen gewährleistet werden. Dafür ist es zentral, die bestehende gute Zusammenarbeit zu pflegen und zu fördern.
- Das Monitoring zur Überwachung von gentechnisch veränderten Organismen (GVOs) soll weitergeführt und weiterentwickelt werden.
- Den Umweltrisiken, die mit der Verwendung von gentechnisch veränderten, pathogenen oder gebietsfremden Organismen einhergehen, soll in allen Sektoren verstärkt Rechnung getragen werden.

Chemikalien

Chemische Stoffe sind eine wichtige Grundlage für die Schweizer Wirtschaft und ermöglichen neue Entwicklungen. Um negative Auswirkungen von Chemikalien auf Umwelt und Gesundheit zu vermeiden, setzt der Bund auf Vorsorge. Weil das Wissen über gefährliche Eigenschaften und Risiken von Chemikalien ständig zunimmt, müssen auch die regulatorischen Massnahmen periodisch angepasst werden.

Auftrag

Der Bund hat gemäss Bundesverfassung (BV)[1] die Pflicht, die menschliche Gesundheit und die Umwelt vor schädlichen Wirkungen durch Chemikalien zu schützen. Deshalb hat er gesetzliche Vorschriften über den Marktzugang und die Verwendung von Chemikalien erlassen (Chemikaliengesetz, ChemG[2]; Chemikalienverordnung, ChemV[3]).

Die Schweiz ist Vertragspartei verschiedener internationaler Chemikalienabkommen. Diese regeln den Verzicht auf die Herstellung und Verwendung von ozonschichtabbauenden Stoffen (Montrealer Protokoll[4]) und persistenten organischen Schadstoffen (Stockholmer Übereinkommen[5]), den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vor anthropogenen Emissionen von Quecksilber und Quecksilberverbindungen (Minamata-Übereinkommen[6]) sowie vor den schädlichen Auswirkungen des Abbaus der Ozonschicht (Wiener Übereinkommen[7]) und die Informationspflichten beim grenzüberschreitenden Handel mit bestimmten gefährlichen Chemikalien (Rotterdamer Übereinkommen[8]).

Die Schweiz setzt sich dafür ein, dass die internationalen Abkommen und Standards umgesetzt werden (BAG/BLV/BLW/SECO/BAFU 2018). Dies erfolgt auch im Hinblick auf die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO, welche die Ziele betreffend Chemikalien und Gesundheit (Sustainable Development Goals, SDGs 3.9 und 6.3) und den Umgang mit Chemikalien (SDG 12.4) formuliert (UN 2015).

Zustand

Täglich kommt der Mensch in Kontakt mit chemischen Stoffen – ob in Malerfarben, Putzmitteln, Düngemitteln, Pflanzenschutzmitteln, Möbeln oder Smartphones. Chemische Produkte und Technologien ermöglichen Innovationen in allen Lebensbereichen. Heute werden weltweit circa 100 000 chemische Stoffe in Verkehr gebracht und verwendet. Die **Produktion** hat sich in den letzten 100 Jahren **vervielfacht,** von weltweit 1 Million Tonnen im Jahr 1930 auf heute mehr als 400 Millionen Tonnen jährlich.

Chemikalien können über ihren gesamten Lebenszyklus **Risiken** bergen – bei Herstellung, Gebrauch und Entsorgung. Stoffe gelangen auf zahlreichen Wegen in die Umwelt, wo sie die Gesundheit von Menschen sowie die Ökosysteme und die Biodiversität gefährden können. Chemische Stoffe können via Abwasser aus industriellen Prozessen oder Privathaushalten in Gewässer gelangen. Pflanzenschutzmittel oder Dünger können aus Böden ausgeschwemmt werden oder in das Grundwasser versickern (→ Biodiversität, → Wasser, → Boden). Metalle, Biozide und andere organische Stoffe werden aus Baumaterialien oder aus Gebrauchsgegenständen, die im Freien verwendet werden, ausgewaschen. Lösungsmittel gelangen aus Produktionsanlagen und industriellen Reinigungsprozessen in die Atmosphäre (→ Luft).

Ausblick

Die Produktion von Chemikalien wird in den nächsten Jahrzehnten stark zunehmen, hauptsächlich in den

1 Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999, SR 101.

2 Bundesgesetz vom 15. Dezember 2000 über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (Chemikaliengesetz, ChemG), SR 813.1.

3 Verordnung vom 5. Juni 2015 über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (Chemikalienverordnung, ChemV), SR 813.11.

4 Montrealer Protokoll vom 16. September 1987 über Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen, SR 0.814.021.

5 Stockholmer Übereinkommen vom 22. Mai 2001 über persistente organische Schadstoffe (POP-Konvention), SR 0.814.03.

6 Übereinkommen von Minamata vom 10. Oktober 2013 über Quecksilber, SR 0.814.82.

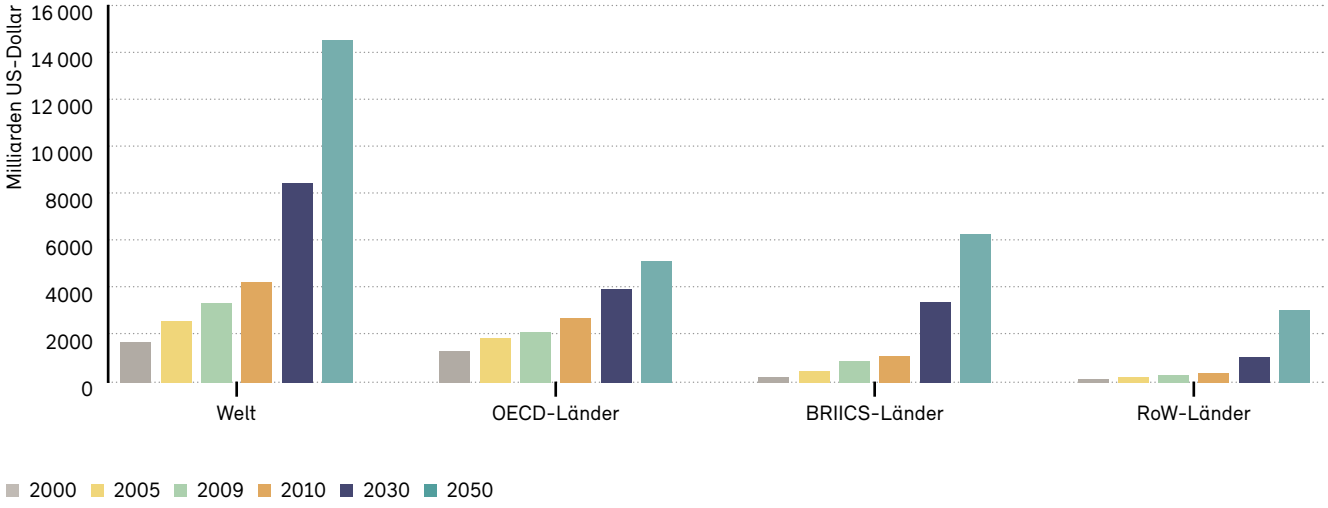
7 Wiener Übereinkommen vom 22. März 1985 zum Schutz der Ozonschicht, SR 0.814.02.

8 Rotterdamer Übereinkommen vom 10. September 1998 über das Verfahren der vorherigen Zustimmung nach Inkenntnissetzung für bestimmte gefährliche Chemikalien sowie Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel im internationalen Handel, SR 0.916.21.

Abbildung 53

Chemikalienproduktion nach Weltregionen (nach Absatz), 2000–2050

Produktionsmengen und volkswirtschaftliche Bedeutung von Chemikalien verzeichnen seit Jahrzehnten ein starkes Wachstum, das sich gemäss Wirtschaftsprognosen auch weiter fortsetzen wird. Die Grafik zeigt die Entwicklung der gehandelten Chemikalien für die Welt, die OECD-Staaten, die BRIICS-Staaten (Brasilien, Russland, Indien, Indonesien, China und Südafrika) und die übrigen Länder (RoW, rest of the world) im Zeitraum 2000–2050. In den BRIICS- und den RoW-Ländern wird in den nächsten Jahrzehnten ein deutlich stärkeres Wachstum erwartet als in den OECD-Staaten.



Quelle: OECD

BRIICS-Staaten Brasilien, Russland, Indien, Indonesien, China und Südafrika (OECD 2012) (→ Abbildung 53). Mit dem **Wachstum des globalen Produktionsvolumens** wird sich auch die Verlagerung von Produktionsstandorten aus Industrieländern **in Schwellenländer** fortsetzen. Heute werden in Schwellenländern teilweise tiefere **Standards bei der Chemikaliensicherheit** angewendet. Es liegt auch in der Verantwortung der multinationalen Firmen, möglichst überall dieselben hohen Standards anzuwenden, die in der Schweiz und in anderen OECD-Ländern gelten.

Massnahmen

Beim sicheren Umgang mit Chemikalien gilt das Vorsorgeprinzip. Die **Chemikalienstrategie** des Bundes beschreibt 29 Massnahmen, um die Sicherheit beim Umgang mit Chemikalien zu gewährleisten (BAG/BLV/BLW/SECO/BAFU 2018). Darüber hinaus sieht die Strategie auch vor, die Grundsätze einer grünen Chemie über den ganzen Lebenszyklus einer Chemikalie anzuwenden und den Stand des Wissens weiterzuentwickeln.

Biozide und Pflanzenschutzmittel dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn die Bundesbehörden eine **Zulassung** erteilen (Biozidprodukteverordnung, VBP[1]; Pflanzenschutzmittelverordnung, PSMV[2]). Hersteller und Importeure müssen in einem Gesuchsdossier darlegen, dass die vorgesehene Verwendung des Produktes kein nicht akzeptierbares Risiko für die menschliche Gesundheit, für Nichtzielorganismen und für Ökosysteme darstellt. Zulassungsentscheide beinhalten oft Auflagen, mit denen die Risiken auf ein akzeptables Mass gesenkt werden.

Trotz dieser Zulassungsbestimmungen werden dennoch vor allem in Gewässern Rückstände von Pflanzenschutzmitteln nachgewiesen; wissenschaftliche Erkenntnisse über deren Wirkung im Boden oder auf die Biodiversität sind erst wenige vorhanden. Um die Risiken durch Pflanzenschutzmittel langfristig zu

1 Verordnung vom 18. Mai 2005 über das Inverkehrbringen von und den Umgang mit Biozidprodukten (Biozidprodukteverordnung, VBP), SR 813.12.

2 Verordnung vom 12. Mai 2010 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (Pflanzenschutzmittelverordnung, PSMV), SR 916.161.

Chemikaliensicherheit: Beispiele für Massnahmen auf internationaler Ebene

Das Verbot von gefährlichen Chemikalien für Mensch und Umwelt hat schon verschiedene nachhaltige positive Effekte erzielt. So wurden persistente organische Schadstoffe wie Polychlorierte Biphenyle (PCB) und die **Ozonschicht** abbauende Stoffe wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) weltweit stufenweise aus dem Verkehr gezogen und ersetzt. Dank dieser Massnahme beginnt sich die Ozonschicht nun wieder zu regenerieren. Verboten wurde in der EU und der Schweiz auch das hochgiftige **Quecksilber** in verschiedenen Produktegruppen wie Messgeräten, Elektro- und Elektronikgeräten, Fahrzeugen, Bioziden oder Pflanzenschutzmitteln. Auf globaler Ebene stellt die Freisetzung von Quecksilber aber nach wie vor ein Problem dar. Deshalb sieht die Minamata-Konvention Massnahmen auf globaler Ebene vor, um die Quecksilberemissionen zu reduzieren und den Handel mit sowie die Verwendung von Quecksilber einzuschränken.

Für gewisse **problematische Stoffe** existieren noch keine Ersatzstoffe, etwa für bestimmte **sechswertige Chromverbindungen** (insbesondere Chromtrioxid und Säuren, die sich daraus bilden), die in der galvanischen Industrie benötigt werden. Dasselbe gilt auch für **Perfluoralkylverbindungen,** die in galvanischen Prozessen, Medizinprodukten, Textilien, Feuerlöschschäumen und zur Herstellung von Fluorpolymeren verwendet werden. Es ist die Aufgabe der Industrie, nach Ersatzstoffen und alternativen Technologien zu suchen, damit diese Stoffe langfristig ersetzt werden können.

halbieren, hat der Bund 2017 den **Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln** beschlossen. Er beinhaltet Massnahmen bei Zulassung, Anwendung, Vollzug, Beratung und Forschung (Bundesrat 2017d).

Alle anderen Chemikalien, die unter die Chemikaliengesetzgebung fallen, müssen **von den Herstellern und Importeuren in Eigenverantwortung** hinsichtlich ihrer Gefährlichkeit für die menschliche Gesundheit und die Umwelt **beurteilt** werden (Chemikalienverordnung, ChemV[3]). Bringt ein Stoff ein nicht akzeptierbares Risiko mit sich, verbietet oder beschränkt der Bund das Inverkehrbringen oder die Verwendung dieses Stoffes (→ Infobox «Chemikaliensicherheit: Beispiele für Massnahmen auf internationaler Ebene»). Mit der **Forschung** zur Chemikaliensicherheit in den Bereichen Umwelt und Gesundheit schliesst der Bund Wissenslücken und versucht, mögliche Risiken frühzeitig zu erkennen.

Der Bund fördert den sicheren Umgang mit Chemikalien, indem er Informationsmittel zur Verfügung stellt und die Kantone mit Vollzugshilfen unterstützt. Zudem wird die **Öffentlichkeit** über Eigenschaften und Risiken bestimmter Stoffe gezielt **informiert.**

Mit **Betriebs- und Marktkontrollen** stellen die Kantone in Zusammenarbeit mit den Bundesbehörden sicher, dass die Hersteller sowie berufliche Verwender ihre Pflichten gemäss den Vorschriften des Chemikalienrechts einhalten.

Auf **internationaler Ebene** engagiert sich der Bund für die Weiterentwicklung von **Chemikalienabkommen** der UNO und der UNECE sowie von technisch-wissenschaftlichen Grundlagen der OECD, um Chemikalien hinsichtlich gefährlicher Eigenschaften und Risiken zu prüfen und zu beurteilen.

Auf Ebene der UNO wurde 2006 eine **globale Strategie** für den weltweit sicheren Umgang mit Chemikalien (SAICM, Strategic Approach to International Chemicals Management) entwickelt. An diesem Prozess sind neben Behörden der Länder und internationalen Organisationen auch die Industrie und Nichtregierungsorganisationen beteiligt.

3 Verordnung vom 5. Juni 2015 über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (Chemikalienverordnung, ChemV), SR 813.11.

Blick über die Grenzen

Auf UNO-Ebene wurde das **Global harmonisierte System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS)** geschaffen, das in der EU durch die CLP-Regulierung (Classification, Labelling, and Packaging of Chemicals) – also für die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen – umgesetzt wurde. Die EU hat zudem seit 2007 mit dem Regelwerk **REACH** (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) einen hohen regulatorischen Standard für die Chemikaliensicherheit gesetzt. Auch andere OECD-Staaten wie die USA, Kanada, Japan, Südkorea und auch die Schweiz haben das GHS umgesetzt und bestimmte Elemente von REACH in ihre Regulierungen übernommen. Schwellenländer mit starkem Wachstum der chemischen Industrie wie Brasilien, China, Thailand und die Türkei sind daran, eigene Chemikalienregulierungen einzuführen. Teilweise orientieren sie sich dabei an den EU-Vorschriften. Trotzdem bestehen in der Chemikalienregulierung **wesentliche Unterschiede von Land zu Land,** sodass Mensch und Umwelt nicht überall gleich gut geschützt sind und Wettbewerbsverzerrungen oder Handelshemmnisse auftreten können.

Im Zulassungsverfahren für Biozide arbeitet der Bund eng mit den Behörden der EU zusammen. Zudem nimmt die Schweiz **welt- und europaweit harmonisierte Standards** in die eigene Chemikalienregulierung auf (→ Blick über die Grenzen). Dadurch werden einheitliche Standards zum Schutz der Gesundheit und der Umwelt gefördert und Handelshemmnisse vermieden.

Handlungsbedarf

- Die Einträge von Pflanzenschutzmitteln in die Umwelt müssen deutlich reduziert werden. Die konsequente Umsetzung des Aktionsplans zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (AP PSM) soll dazu einen Beitrag leisten.
- Die 2017 formulierte Strategie Chemikaliensicherheit ist auf Bundesebene in allen Teilen konsequent umzusetzen.
- Viele chemische Stoffe müssen noch vertieft auf gefährliche Eigenschaften geprüft und mögliche Risiken ihrer Verwendung abgeklärt und beurteilt werden.
- Besonders gefährliche und risikobehaftete Chemikalien sollen sukzessive eliminiert oder substituiert werden. Diesen Prozess gilt es konsequent fortzuführen.
- Eine weitergehende Harmonisierung der Chemikalienregulierung und eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen den Staaten sind notwendig. Die OECD ist dafür eine bewährte Plattform.

Abfall und Rohstoffe

In der Schweiz entstehen jährlich rund 80 bis 90 Millionen Tonnen Abfall. Den grössten Anteil machen unverschmutzter Aushub- und Ausbruchmaterialien sowie Rückbaumaterialien aus. Aufgrund des hohen Lebensstandards hat die Schweiz mit 715 kg Abfall pro Person eines der höchsten Siedlungsabfallaufkommen der Welt. Davon werden knapp 52 % rezykliert. Um den hohen Primärrohstoffverbrauch der Schweiz zu reduzieren, will der Bund sämtliche Material- und Stoffflüsse entlang der Wertschöpfungskette berücksichtigen – vom Rohstoffabbau über das Produktedesign bis zur Abfallbewirtschaftung.

Auftrag
Mit dem Umweltschutzgesetz (USG)[1] und der Abfallverordnung (VVEA)[2] hat der Bund die rechtlichen Grundlagen geschaffen, um Mensch und Umwelt vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen des anfallenden Abfalls zu schützen. Zudem hat der Bund das Ziel, Abfälle so weit als möglich zu vermeiden und zu verwerten.

Für die Finanzierung der Abfallwirtschaft ist das im USG verankerte Verursacherprinzip zentral: Wer den Abfall verursacht, muss auch für seine Entsorgung aufkommen.

Mit dem Aktionsplan zur Grünen Wirtschaft hat sich der Bund zum Ziel gesetzt, die Kreislaufwirtschaft weiter zu fördern (BAFU 2013d). Sekundärrohstoffe sollen vermehrt eingesetzt, die Abfallmengen gesenkt und der Rohstoff- und Energieverbrauch zur Herstellung von Produkten und für Dienstleistungen reduziert werden. Auch die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der UNO setzt die gleichen Ziele (Sustainable Development Goals, SDG 12.2) (UN 2015).

Im Bericht an den Bundesrat zur Grünen Wirtschaft werden in einem weiteren Schritt für die Jahre 2016–2019 verschiedene Massnahmen die Rohstoffe betreffend formuliert, namentlich die Erarbeitung von Grundlagen für ein Abfallvermeidungskonzept und die Erarbeitung von Rohstoffsicherungsberichten sowie die Stärkung der ökologischen Verantwortung der Rohstoffbranche (BAFU 2016b, swisstopo 2017).

Als Vertragspartnerin der Basler Konvention[3] verpflichtet sich die Schweiz, Exporte und Importe von gefährlichen Abfällen zu kontrollieren sowie das Verbot von Exporten in Nicht-OECD-Staaten durchzusetzen.

Obwohl nicht bindend, wird der schweizerische Auftrag zum Umgang mit Abfällen und Rohstoffen auch durch die Entwicklungen auf europäischer Ebene beeinflusst, namentlich durch das sogenannte EU-Kreislaufwirtschaftspaket.

Rohstoffverbrauch
Rohstoffe sind aus Ressourcen gewinnbare Güter, die entweder als Inputfaktoren in einen Produktionsprozess eingehen (z. B. Holz) oder in unverarbeiteter Form verwendet werden. Unterschieden wird zwischen biotischen Rohstoffen wie z. B. Nahrungs- und Futtermittel und abiotischen wie mineralische und metallische Rohstoffe. Beide enden teilweise nach Gebrauch als Abfälle und können durch Aufbereitung wieder als Sekundärrohstoffe in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden.

Die Schweiz hat zweifelsfrei einen **hohen Rohstoffverbrauch,** was sich nicht zuletzt in einem sehr hohen Siedlungsabfallaufkommen von 715 kg pro Person und Jahr zeigt. Grund dafür ist das hohe Pro-Kopf-Einkommen und der damit verbundene umfangreiche Konsum. Die **Umweltbelastung** aus der Bereitstellung der Rohstoffe fällt aufgrund des hohen Importvolumens zu 75 % **im Ausland** an (BAFU 2018a) (→ Herausforderung Umweltbelastung im Ausland).

Rund 60 bis 70 Millionen Tonnen verschiedenster **Baumaterialien** fliessen jährlich in das Bauwerk Schweiz

1 Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG), SR 814.01.

2 Verordnung vom 4. Dezember 2015 über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA), SR 814.600.

3 Basler Übereinkommen vom 22. März 1989 über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung (mit Anlagen), SR 0.814.05.

(Hoch- und Tiefbau). Beim jährlichen Materialfluss dominiert klar der **Beton** mit einem Primärzufluss von rund 40 Millionen Tonnen pro Jahr. Den zweitgrössten Massenstrom stellen **Kies und Sand** für Strassenbau und Infrastrukturnetze dar mit einer Jahresmenge von rund 6,3 Millionen Tonnen (EMPA 2016).

Viele dieser Rohstoffe lassen sich nach Gebrauch wieder in den Rohstoffkreislauf zurückführen (Urban Mining). So betrug der Anfall von **Rückbaumaterialien** aus dem Bauwerk Schweiz (Hoch- und Tiefbau) im Jahr 2015 mit rund 17 Millionen Tonnen knapp ein Viertel des benötigten Rohstoffinputs. Gegen drei Viertel der jährlich anfallenden Rückbaumaterialien werden wieder als **Sekundärrohstoffe** in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt (EMPA 2016).

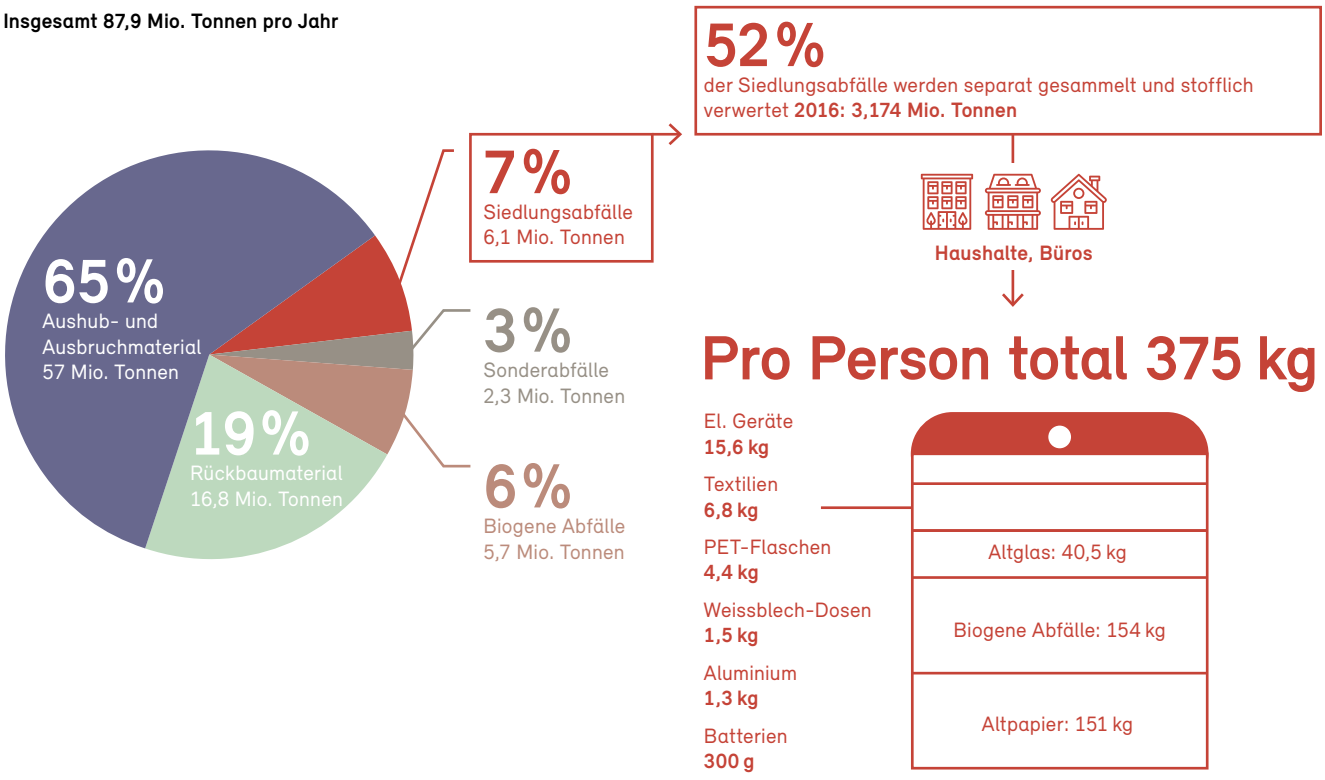
Weiter gibt der vom Bundesrat Anfang Dezember 2017 zur Kenntnis genommene Bericht über die Versorgung der Schweiz mit **nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen** einen Überblick über Vorkommen, Verfügbarkeit und Herausforderungen der mineralischen Rohstoffe (Kies, Sand, Zementrohstoffe) in der Schweiz (swisstopo 2017). Insbesondere soll die Erarbeitung von harmonisierten Grundlagedaten zu den mineralischen Rohstoffen verstärkt und die Substitution von primä-

Abbildung 54

Wie viel Abfall produziert die Schweiz?

Neben den grossen Mengen an Aushub- und Ausbruchmaterial (57 Millionen Tonnen) generiert die Bautätigkeit jährlich rund 16,8 Millionen Tonnen Rückbaumaterial, wovon ein grosser Teil verwertet wird. An dritter Stelle stehen die Siedlungsabfälle: Im Jahr 2017 fielen 6,1 Millionen Tonnen Abfall an. Die Menge an biogenen Abfällen liegt mit 5,7 Millionen Tonnen nur leicht tiefer. Insbesondere bei den biogenen Abfällen besteht noch ein erhebliches Potenzial hinsichtlich Recycling (Vergärung, Kompostierung). Sonderabfälle fallen zu einem grossen Teil bei Umweltschutzmassnahmen wie Sanierungen von Altlasten oder der Reinigung von Abluft und Abwasser an. Daher kann die Menge an Sonderabfällen unabhängig von der wirtschaftlichen Konjunktur zunehmen.

Insgesamt 87,9 Mio. Tonnen pro Jahr



Quelle: BAFU

ren Rohstoffen durch Sekundärrohstoffe, wo dies ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist, gefördert werden.

Abfallaufkommen

Insgesamt produziert die Schweiz jährlich rund 80 bis 90 Millionen Tonnen Abfall, und es ist anzunehmen, dass die Gesamtmenge künftig weiter steigen wird (BAFU 2016j) (→ Abbildung 54). 84 % sind **Rückbaumaterialien** sowie **Aushub- und Ausbruchmaterialien.** Rund 70 % der Rückbaumaterialien werden der Verwertung zugeführt, da es sich um hochwertige Sekundärrohstoffe handelt (→ Abbildung 55). Beim Aushub- und Ausbruchmaterial liegt der Verwertungsanteil bei 75 %. Dabei handelt es sich vor allem um Auffüllungen von Materialentnahmestellen (z. B. Kiesgruben) und Terrainveränderungen.

Die Menge an Rückbaumaterialien aus Hoch- und Tiefbau, die heute auf Deponien abgelagert oder in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVAs) verbrannt wird, ist mit über 5 Millionen Tonnen aber nach wie vor beachtlich. Auch qualitativ ist das **Baustoff-Recycling** noch weiter **optimierbar.** Eine Herausforderung dabei ist die Eliminierung von Schadstoffen aus dem Rückbaumaterial, etwa von Asbest oder von organischen Schadstoffen wie z. B. von polychlorierten Biphenylen (PCB).

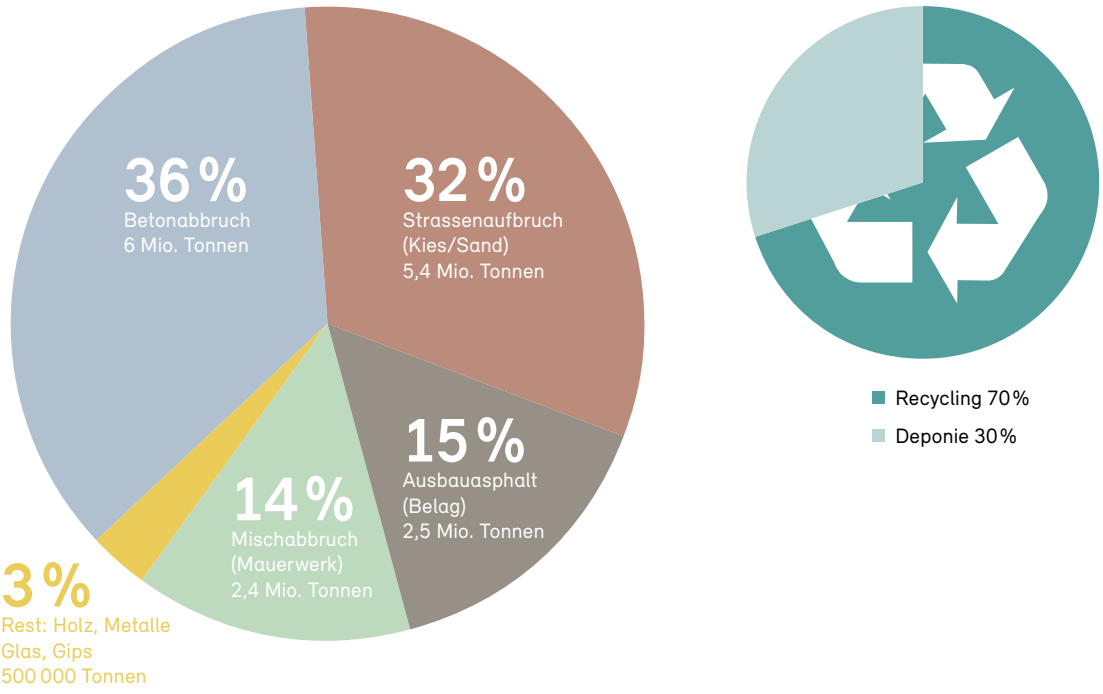
In der Schweiz fallen pro Jahr rund 6 Millionen Tonnen **Siedlungsabfälle** an. Diese umfassen Abfälle aus Haushalten, Bürogebäuden, Kleinbetrieben, Hof und Garten sowie aus öffentlichen Abfalleimern. Aufgrund des Wirtschaftswachstums und des steigenden Wohlstands nahm der Konsum stetig zu. Parallel dazu stieg die Abfall-

Abbildung 55

Zusammensetzung Rückbaumaterial

Die Bautätigkeit generiert mit 65 % Aushub- und Ausbruchmaterial sowie 19 % Rückbaumaterial den grössten Anteil des Abfallaufkommens in der Schweiz (→ Abbildung 54). Davon können allerdings 70 % wiederverwertet werden. Die schwierigsten Fraktionen hinsichtlich der Verwertung stellen der Mischabbruch und der Ausbauasphalt dar. Die anhaltende Zunahme des Rückbaumaterials erfordert intensive Anstrengungen, um das Verwertungspotenzial auszuschöpfen. Deponiert werden schliesslich 30 % des Rückbaumaterials, beispielsweise Mischabbruch.

Insgesamt 16,8 Mio. Tonnen pro Jahr



Quelle: BAFU

Verschwendung von Nahrungsmitteln
Der Begriff Lebensmittelabfälle, auch «Food Waste» genannt, umfasst sämtliche Lebensmittel, die entlang der ganzen Wertschöpfungskette vom Acker bis auf den Teller verloren gehen oder weggeworfen werden. Insgesamt fallen in der Schweiz jährlich rund 2,5 Millionen Tonnen Lebensmittelabfälle an. Pro Person rechnet man mit einer Food-Waste-Menge von 300 kg pro Jahr. **Ein grosser Teil** der Lebensmittelabfälle gilt als **vermeidbar.**

Der **Bund ermittelt in Zusammenarbeit mit den betroffenen Branchen die anfallenden Mengen** der Lebensmittelverluste in der Schweiz. Dies mit dem Ziel, wirksame Strategien und Massnahmen für eine optimale stoffliche und energetische Nutzung zu entwickeln. Ein Beispiel: Im Bereich Gastronomie hat der Bund den Branchenzusammenschluss «United Against Waste» für den Aufbau eines Beratungs- und Weiterbildungsangebots zur Reduktion der Lebensmittelabfälle unterstützt. Die Prozessanalyse zeigt, dass in den teilnehmenden Betrieben die Lebensmittelverluste mit einfachen Massnahmen um 30 bis 75 % reduziert werden konnte.

menge von 659 kg pro Person im Jahr 2000 auf 715 kg pro Person 2016. Die Schweiz gehört damit zu den Spitzenreitern in Europa (→ Blick über die Grenzen). Während die Menge der in KVAs verbrannten Siedlungsabfälle stabil blieb, nahm die Recyclingquote zu (2016: 52 %) (→ Abbildung 56).

Die **Zusammensetzung** des Abfalls, der im Kehrichtsack landet, hat sich im letzten Jahrzehnt deutlich verändert. Während die Anteile an Eisen, Papier oder Karton stetig sanken, nahmen zwei Abfallarten zu: **Verbundverpackungen** sind von 4 % im Jahr 2001/02 auf beinahe 6 % im Jahr 2012 angewachsen und **biogene Abfälle** von 28 % auf rund 33 % im gleichen Zeitraum (BAFU 2014e). Mehr als die Hälfte der im Kehrichtsack entsorgten Lebensmittelabfälle wären noch geniessbare Nahrungsmittel (→ Infobox «Verschwendung von Nahrungsmitteln»). Die Totalmenge der jährlich anfallenden biogenen Abfälle (d. h. Holzabfälle, Lebensmittelabfälle, landwirtschaftliche Abfälle, Klärschlamm trocken) beträgt rund 5,7 Millionen Tonnen (BAFU 2019b).

Entsorgung
Neben dem Abfallaufkommen und der Abfallzusammensetzung spielt die **umweltverträgliche Entsorgung** eine wichtige Rolle. So werden in der Schweiz z. B. keine unbehandelten, brennbaren Siedlungsabfälle mehr deponiert, was dem Grundwasser- und dem Klimaschutz dient. Ebenso müssen nicht verwertbare brennbare Sonderabfälle einer geeigneten Verbrennung zugeführt werden.

Die Schweiz verfügt über eine sehr gute Infrastruktur zur Abfallentsorgung. Die 30 **Kehrichtverbrennungsanlagen** (KVAs) verwerten die Abfälle energetisch, ermöglichen die Rückgewinnung der Metalle und sind mit effizienten Abluftreinigungen ausgerüstet. Biogene Abfälle werden in über 350 **Biogas- und Kompostierungsanlagen** sowie in rund 60 Biomassekraftwerken stofflich und energetisch verwertet. Für **Sonderabfälle** stehen spezielle Verbrennungsanlagen und chemisch-physikalische Verfahren zur Verfügung. Einen wesentlichen Beitrag leisten auch privatwirtschaftlich betriebene Anlagen (Zementwerke, Anlagen der chemischen Industrie). Nicht verwertbare Abfälle werden auf **Deponien** abgelagert, die dem Stand der Technik entsprechen. Derzeit werden hier grösstenteils Aushub und Rückbaumaterialien deponiert, insgesamt knapp 20 Millionen Tonnen pro Jahr (Schneider 2017).

Gemäss Schätzungen der Abfallströme und der durchschnittlichen Entsorgungspreise belaufen sich die gesamten Entsorgungskosten in der Schweiz auf gut 3 Milliarden Franken pro Jahr. Dabei betragen die Kosten für die Entsorgung der Siedlungsabfälle rund 660 Millionen Franken jährlich, bei den Rückbaumaterialien liegen die **Kosten** bei rund 780 Millionen (ohne Aushub), bei den Industrie- und Sonderabfällen bei 810 Millionen und beim Klärschlamm bei 90 Millionen Franken pro Jahr. Die Separatsammlungen verursachen zudem Aufwendungen von etwa 800 Millionen Franken.

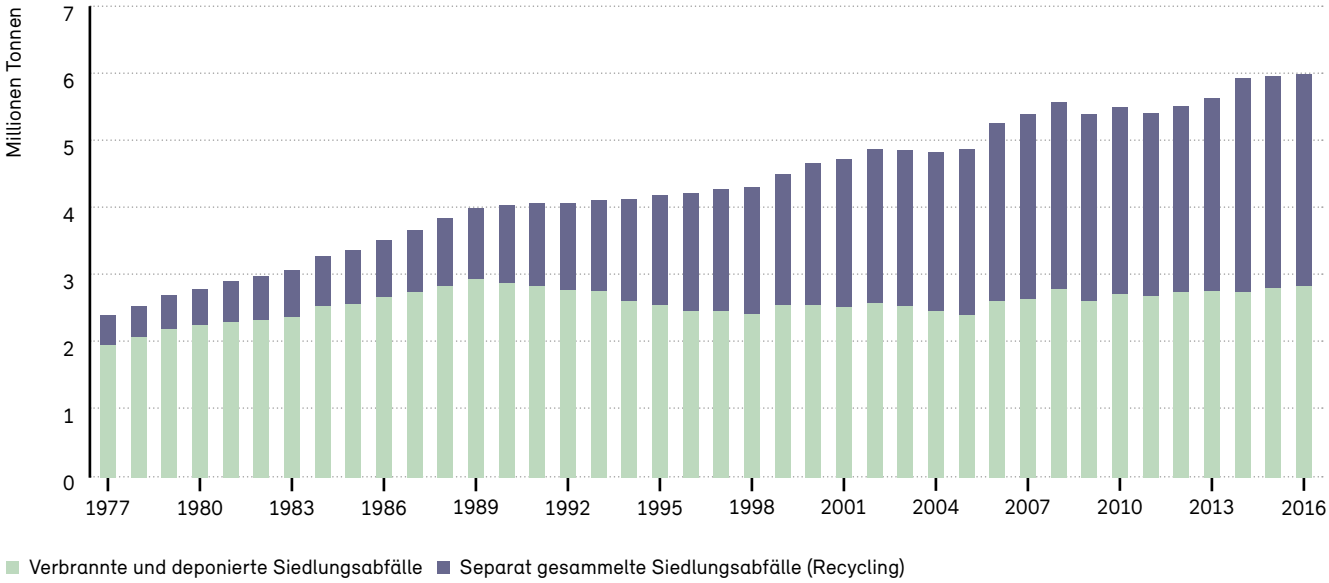
Ausblick
Das Konsumniveau wird sich mit dem Wirtschaftswachstum künftig tendenziell erhöhen. Ohne Entkop-



Abbildung 56

Siedlungsabfälle

Es ist wünschenswert, dass Siedlungsabfälle zu einem möglichst grossen Teil separat gesammelt (Recycling) und als Sekundärrohstoffe wiederverwertet werden. Dadurch lässt sich der Verbrauch von primären Rohstoffen reduzieren und Energie einsparen.



Quelle: BAFU

Verbrannte und deponierte Siedlungsabfälle:

Zustand:

Entwicklung:

Die relativ hohe Abfallmenge stellt heute zwar in Bezug auf die Entsorgung keine grosse Umweltbelastung mehr dar. (Der Energieverbrauch und der Ausstoss von Schadstoffen in Kehrichtverbrennungsanlagen konnten in der Schweiz durch hohe Entsorgungsstandards und technische Massnahmen deutlich reduziert werden.) Die Menge deutet aber darauf hin, dass der Ressourcenverbrauch der Schweiz nach wie vor sehr hoch ist. Aus diesem Grund wird der Zustand als schlecht beurteilt. Da eine Abnahme wünschenswert wäre, muss die leichte Zunahme als unbefriedigend angesehen werden.

Separat gesammelte Siedlungsabfälle (Recycling):

Zustand:

Entwicklung:

Die Recyclingquote hat sich in den letzten 20 Jahren verdoppelt. Heute wird bereits mehr als die Hälfte der Siedlungsabfälle separat gesammelt. Das Potenzial der Separatsammlungen in der Schweiz könnte zwar in einigen Bereichen, wie z. B. bei den biogenen Abfällen, den Kunststoffen oder den Batterien, noch weiter optimiert werden. Es befindet sich jedoch insgesamt auf einem sehr hohen Niveau. Deshalb werden Zustand und Entwicklung als gut bzw. positiv bewertet.

pelung von Konsum und Abfallaufkommen werden die Abfallmengen weiter zunehmen. Der **steigende Konsum** ist zurückzuführen auf die **technologische Entwicklung**, **gesellschaftliche Veränderungen** und Trends (neue Produkte), sich immer rascher ablösende **Produktegenerationen**, schneller wechselnde **Modetrends** (Fast Fashion), **Tiefpreisstrategien** und auf umfangreiche **Sortimente.** Der von der OECD im Jahr 2017 erstellte Umweltprüfbericht über die Schweiz bemängelt diese für die Umwelt negativen Wachstumstrends und fordert eine stärkere Verantwortung der Produzenten wie auch eine vermehrte Sensibilisierung der Konsumentinnen und Konsumenten (OECD 2017). Ausserdem wird die **Digitalisierung** die Abfall- und Rohstoffpolitik sowie die Innovations- und Recyclingtechnologien in wachsendem Ausmass bestimmen.

Massnahmen

Die Schweizer Abfallwirtschaft ist ein gut eingespieltes System zwischen Bund, Kantonen, Gemeinden, privat-

wirtschaftlich organisierten Recyclingorganisationen und Entsorgungsunternehmen. Für die **Entsorgung** der Siedlungsabfälle sind die **Kantone** verantwortlich. Den **Gemeinden** kommt bei der Umsetzung der Massnahmen für eine umweltgerechte Entsorgung eine tragende Rolle zu, indem sie verursachergerechte Gebühren erheben sowie Sammelstellen und Separatsammlungen organisieren. KVAs werden von Zweckverbänden der Gemeinden betrieben. Weitere wichtige Akteure sind privatwirtschaftliche **Recyclingorganisationen** und Entsorgungsunternehmen.

Das **Verursacherprinzip** ist weitgehend umgesetzt. Die Entsorgung der Siedlungsabfälle wird mit der Sackgebühr und der Grundgebühr sichergestellt. Für bestimmte Abfallströme (Glas, Batterien, PET oder elektronische Geräte) bestehen zusätzliche Finanzierungskonzepte. Der Aufwand für die Entsorgung von Rückbaumaterialien wird auf die Neubauprojekte überwälzt.

Mit dem Bericht an den Bundesrat zur **Grünen Wirtschaft** will der Bund im Bereich Abfall und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft sicherstellen, dass Abfälle möglichst vermieden und noch offene Stoffkreisläufe geschlossen werden (z. B. Phosphor-Kreislauf) (→ Infobox «Phosphor-Recycling») (BAFU 2016b). Durch gezieltes Recycling sollen möglichst viele wichtige Sekundärrohstoffe aus Abfällen gewonnen und in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden. Mit einer **Abfallvermeidungsstrategie,** die der Bund zusammen mit den Kantonen und der Wirtschaft erarbeiten will, wird beabsichtigt, das Abfallaufkommen künftig zu drosseln.

Der Bund unterstützt Forschungsprojekte, um **Innovationen** im Bereich Rohstoffrückgewinnung zu fördern. Dazu zählt etwa ein Projekt zur Schlackenaufbereitung, das eine deutlich erhöhte Rückgewinnung verschiedenster Metalle aus der KVA-Schlacke ermöglicht. Ein weiteres Beispiel ist die Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm.

In einem breit abgestützten **Dialogprozess** haben Akteure aus Politik, Behörden, Wirtschaft und Gesellschaft im sogenannten Ressourcen-Trialog elf Leitsätze erarbeitet, die richtungsweisend für die Weiterentwicklung der Schweizer Abfall- und Ressourcenwirtschaft sind (Ressourcen Trialog 2017b).

Auf internationaler Ebene hat die Schweiz im Rahmen der **Basler Konvention** u. a. die «Mobile Phone Partnership Initiative» und die «Partnership on Computing Equipment» lanciert, um den nachhaltigen Umgang mit nicht mehr gebrauchten **Mobiltelefonen und Computern** zu fördern.

Phosphor-Recycling

Nach aktuellem Wissensstand stehen mittelfristig ausreichend natürliche Phosphatvorkommen zur Verfügung. Die Schweiz importiert jedes Jahr netto rund 10 000 Tonnen Phosphor, insbesondere als Mineraldünger (4200 Tonnen) sowie in Tierfutter und Lebensmitteln. Der importierte Phosphordünger entspricht allerdings nicht immer den gesetzlichen Grenzwerten. Je nach Herkunft ist er mehr oder weniger mit den Schwermetallen Uran und vor allem Cadmium belastet. Die Schwermetalle reichern sich in den Böden an. Dies erfordert ein präventives Vorgehen, um längerfristig möglichen Umwelt- und Gesundheitsschäden vorzubeugen. Zudem werden beim Phosphatabbau in einigen Regionen ökologische und soziale Standards verletzt.

Die Schweiz könnte ihren Bedarf an Phosphor selber decken, indem sie den Stoffkreislauf schliesst. Den Anstoss dazu gibt die 2016 in Kraft getretene neue Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA). Sie sieht vor, dass **ab 2026** Phosphor **aus dem Abwasser, dem Klärschlamm oder aus der Asche zurückgewonnen** wird und stofflich verwertet werden muss. Aus den so gewonnenen Nährstoffen kann Recyclingdünger produziert werden.

Es bestehen bereits verschiedene **innovative Verfahren,** die das Phosphor-Recycling ermöglichen. Welche sich aber etablieren werden, ist noch offen, denn jedes der Verfahren hat Vor- und Nachteile.

2016 hat der Bund die **Minamata-Konvention**[1] zur Reduktion der Emissionen durch Quecksilber ratifiziert. International beteiligt sich die Schweiz zudem in einer Arbeitsgruppe der **OECD** mit dem Ziel, die Zusammenarbeit in der Ressourcen- und Abfallbewirtschaftung zu stärken. Im Rahmen ihres Engagements im EU-Netzwerk zur **Anwendung und Durchsetzung von Umweltrecht** (IMPEL, Implementation and Enforcement of Environmental Law) hat die Schweiz die Bekämpfung der illegalen Exporte von Abfällen intensiviert.

Blick über die Grenzen

Die Schweiz gilt als Recycling-Weltmeisterin, sie belegt jedoch auch einen Spitzenplatz bei der **Abfallmenge.** Betrug die Siedlungsabfallmenge 2000 noch 659 kg pro Person, stieg der Anteil bis im Jahr 2016 auf 715 kg pro Person. Im Vergleich mit den OECD-Ländern liegt die Schweiz damit auf dem dritten Platz. Nur die Konsumentinnen und Konsumenten in den USA und in Dänemark produzieren mehr Abfall pro Person (OECD 2017). Gleichzeitig konnte das Recycling gesteigert werden: Heute werden 52 % der Siedlungsabfälle wiederverwertet.

Zur **Kreislaufwirtschaft** laufen vor allem im europäischen Umfeld verschiedene Aktivitäten. Auch die Schweiz hat dieses Thema im Rahmen des Aktionsplans Grüne Wirtschaft aufgenommen und mit der **Abfallverordnung** (VVEA) einen wichtigen Schritt gemacht, um mit dem Regelungsstandard der EU mindestens gleichzuziehen (insbesondere hinsichtlich Ausdifferenzierung der Entsorgungsarten, der Bewilligungs- und der Berichtspflichten sowie den Regelungen für die verschiedenen Deponietypen) (BAFU 2017j).

Bezüglich der methodischen Arbeiten und Umsetzungspläne der EU zur **Ressourceneffizienz** und zur **Abfallvermeidung** stehen für die Schweiz namentlich folgende Schwerpunkte im Fokus: Sie setzt auf massgeschneiderte Lösungen, die in der Praxis von den Beteiligten akzeptiert werden. In anderen Bereichen wie beim Phosphor-Recycling und bei der weitgehenden Rückgewinnung von Nichteisenmetallen aus Verbrennungsrückständen nimmt die Schweiz bereits eine Führungsposition ein. Gleichzeitig gilt es, die **Entwicklungen auf EU-Ebene** eng zu verfolgen, so im Bereich der elektrischen und elektronischen Altgeräte sowie der Verpackungen, vor allem aus Kunststoff, um vergleichbare Standards aufrechterhalten zu können und Innovationen zu fördern.

1 Übereinkommen von Minamata vom 10. Oktober 2013 über Quecksilber, SR 0.814.82.

Handlungsbedarf

- Angesichts der hohen Umweltbelastung durch den steigenden Konsum werden Abfallvermeidungsstrategien und Konzepte zur Optimierung der Kreislaufwirtschaft in Zukunft dringlicher. Der Bund erarbeitet dazu die Grundlagen für eine Abfallvermeidungsstrategie. Eine wesentliche Reduktion der Abfallmenge erfordert Massnahmen über den gesamten Produktlebenszyklus, beispielsweise beim Design von nachhaltigen Produkten, beim umweltbewussten Konsum, bei der Vermeidung von Food Waste oder der Schliessung noch offener Stoffkreisläufe.

- Produzenten, Konsumenten und Konsumentinnen und andere Akteure sollen in Zukunft vermehrt Verantwortung für die Umweltauswirkungen von Produkten über den ganzen Lebenszyklus tragen (Ökodesign, richtige Verwendung, Reparierfähigkeit und Langlebigkeit von Produkten).

- Um Stoffkreisläufe vermehrt zu schliessen, will der Bund die Akzeptanz von Sekundärrohstoffen erhöhen – insbesondere im Bausektor: Dafür braucht es Anpassungen der entsprechenden Regelwerke und Normen und die Förderung von Informationsplattformen und Standards. Freiwillige Branchenlösungen stehen dabei im Vordergrund.

- Das Potenzial zur Vermeidung und besseren Verwertung von biogenen Abfällen muss verstärkt ausgeschöpft werden.

- In Hinblick auf einen zunehmenden internationalen Wettbewerb um die knappen Rohstoffe der Erde sollen die Entwicklung und Nutzung von Sekundärrohstoffen dazu beitragen, die natürlichen Ressourcen der Erde nachhaltig zu schonen und so die Lebensgrundlagen bestehender und zukünftiger Generationen zu sichern.

- Eine vorausschauende Identifizierung von globalen Entwicklungen und Problemen ist im Bereich Abfall notwendig (z. B. für Nanoabfälle). Darauf basierend müssen die internationalen Konventionen, z. B. die Basler Konvention, weiterentwickelt werden. Die Schweiz beteiligt sich als Mitgliedsstaat der Basler Konvention und weiterer Konventionen an diesen Arbeiten.

- Die heutige Digitalisierung bietet auch der Kreislaufwirtschaft neue Möglichkeiten. So können Informationen über Qualitäten und Mengen von rezyklierbaren Abfällen gebündelt und den Verwertern zur Verfügung gestellt werden, damit eine höherwertige Verwertung möglich ist. Die Umweltbelastung durch Recycling-Prozesse selbst lässt sich auf diese Weise reduzieren.

Altlasten

Die belasteten Standorte sind in öffentlich zugänglichen Katastern kategorisiert, mehr als die Hälfte der Untersuchungen sind abgeschlossen und 1000 Standorte sind saniert. Die Zusammenarbeit von Bund und Kantonen verläuft gut, die Arbeiten sind auf Kurs. Die Sanierungen der drei grossen Sondermülldeponien in Monthey, Bonfol und Kölliken sind abgeschlossen. Allerdings verbleiben immer noch rund 3000 Standorte, darunter mehrere grosse Deponien, die noch saniert werden müssen.

Auftrag

Abfälle im Boden und im Untergrund bedrohen Grundwasser, Oberflächengewässer, Bodenqualität und Luft. Mit der Altlasten-Verordnung (AltlV)[1] sollen diese natürlichen Ressourcen geschützt und erhalten werden. Belastete Standorte müssen saniert werden, wenn sie zu schädlichen oder lästigen Einwirkungen für Mensch und Umwelt führen oder wenn die konkrete Gefahr besteht, dass solche entstehen.

Zustand

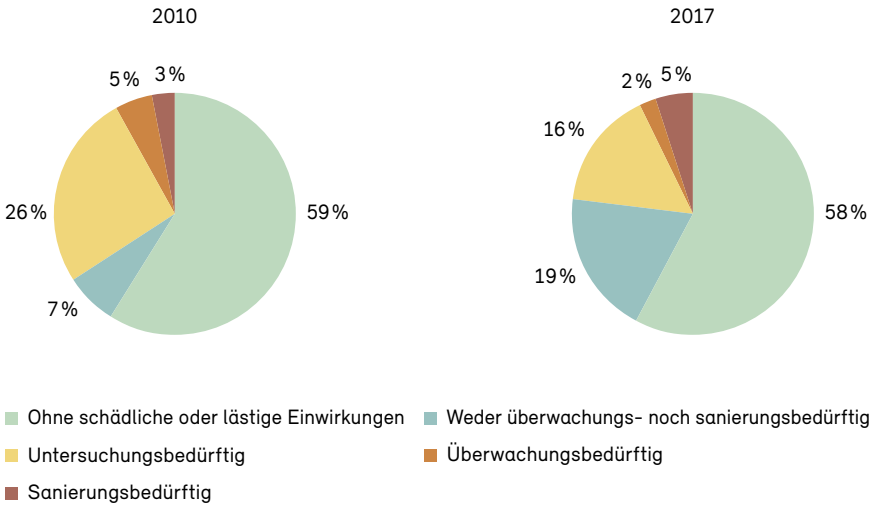
Ehemalige Deponien oder belastete Betriebsstandorte sind die Folge des früheren Umgangs mit Abfall. Damals war sich die Gesellschaft noch nicht über dessen Konsequenzen bewusst. Auch Schiessanlagen oder Unfälle haben in vielen Böden ihre Spuren hinterlassen. In der Schweiz gibt es rund **38 000 mit Abfällen belastete Standorte**, circa **10 %** davon sind sogenannte **Altlasten.** Von diesen belasteten Standorten geht ein Risiko für Mensch und Umwelt aus, und sie müssen saniert werden (BAFU 2015g, 2015h) (→ Abbildung 57).

Die belasteten Standorte sind in öffentlich zugänglichen Katastern erfasst. Gut 1000 der geschätzten 4000 Altlasten sind saniert. Bei einem Grossteil davon erfolgen die **Sanierungsarbeiten** mittels Aushub und Entsorgung mit thermischer Behandlung, Bodenwäsche und/oder erneuter Ablagerung. Nur bei einem Fünftel der Standorte wurden Massnahmen vor Ort wie Sicherungen oder mikrobiologische Verfahren durchgeführt.

Abbildung 57

Belastete Standorte

Von Abfalldeponien, Betrieben oder Unfallstandorten können umweltgefährdende Stoffe in die Umwelt gelangen. In der Schweiz gibt es rund 38 000 solcher belasteten Standorte, die zum Teil auf ihren Sanierungsbedarf hin beurteilt werden müssen. Bis 2025 sollten alle Untersuchungen abgeschlossen werden können.



Quelle: BAFU

Zustand:

Entwicklung:

Von den fast 16 000 untersuchungsbedürftigen Standorten wurden bis Ende 2017 bereits rund 10 000 untersucht und von den Behörden klassiert. Hiervon wiederum sind bei fast drei Vierteln der Standorte keine weiteren Massnahmen notwendig. Rund 800 Areale erfordern eine periodische Überwachung und gut 2000 Standorte sind Altlasten und müssen saniert werden. Ein Vergleich des Jahres 2017 mit dem Jahr 2010 zeigt, dass der Anteil der noch zu untersuchenden Standorte deutlich abgenommen hat. Zustand und Entwicklung werden entsprechend als gut bzw. positiv bewertet.

1 Verordnung vom 26. August 1998 über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltlV), SR 814.680.

Belastete Standorte auf Karstgrundwasser – eine besondere Herausforderung für die Untersuchung und die Abschätzung der Gefährdung

Karstgebiete bedecken 20 % der Landesfläche und versorgen 20 % der Haushalte mit Trinkwasser. Besonders verbreitet sind Karstgebiete entlang des Jurabogens, wo früher viele metallverarbeitende Betriebe angesiedelt waren und noch heute zahlreiche Unternehmen der Uhrenindustrie tätig sind. Weil diese Betriebe bis Anfang der 1990er-Jahre die **stark toxischen chlorierten Lösungsmittel (chlorierte Kohlenwasserstoffe, CKW)** verwendet haben, gelten viele dieser Standorte als untersuchungsbedürftig. Insgesamt liegen rund 5400 belastete Standorte über Grundwasservorkommen in Karstgebieten.

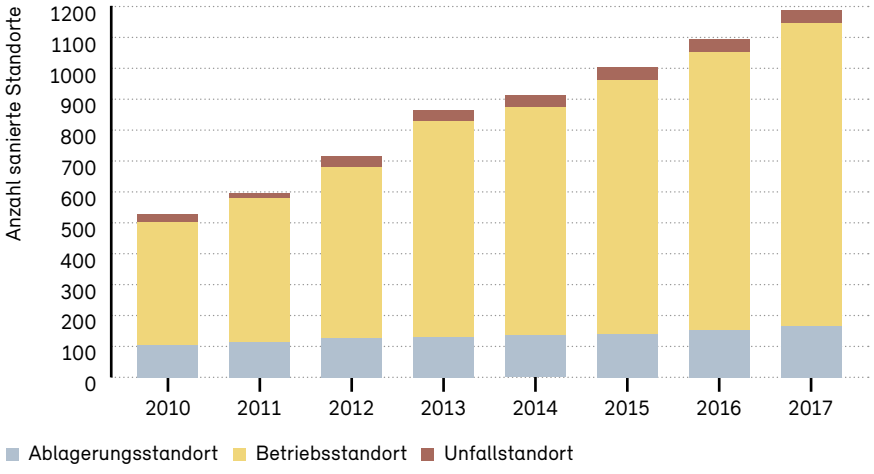
Karstgestein entsteht, wenn Kalk mit Regenwasser in Kontakt tritt. Das Gestein erodiert und es bilden sich trichterförmige Dolinen, Höhlen, Klüfte oder rinnenförmige Gebilde. Das Niederschlagswasser fliesst durch dieses Netz von Klüften und läuft unterirdisch ab. Weil es dabei nicht gefiltert wird, können Schadstoffe über grosse Distanzen verfrachtet werden und die Schadstoffbelastung im Wasser schwankt stark. Der **Einfluss** eines belasteten Standorts **auf die Wasserqualität** lässt sich daher nur schwer abschätzen und klassische Methoden, um die Belastung zu erheben, sind nicht anwendbar.

Der Bund hat deshalb von 2014 bis Mitte 2018 das **Forschungsprojekt ChloroKarst** durchgeführt. Es hat aufgezeigt, welche **Untersuchungsmethoden** im Karstgebiet anwendbar sind und wie die Standorte hinsichtlich der Gefährdung für das Karstgrundwasser beurteilt werden können. Die Arbeiten wurden in einer Publikation und in einer **Vollzugshilfe** veröffentlicht (BAFU 2018e, 2018f).

Abbildung 58

Stand der Altlastensanierung

Mit den Sanierungen derjenigen Altlasten, von denen eine akute Gefährdung für die Schutzgüter Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden oder Luft ausgeht, wurde mittlerweile praktisch überall begonnen. Bis 2040 sollten alle Altlasten saniert sein.



Quellen: Kantone; VBS; BAV; BAZL; BAFU

Zustand:

Entwicklung:

Über 1000 Sanierungen – darunter auch grosse Fälle wie die Deponien in Kölliken, Bonfol und Monthey (Deponie Pont Rouge) – sind bereits abgeschlossen. Allerdings warten noch immer rund 3000 Altlasten auf ihre Sanierung. Aus diesem Grund wird der aktuelle Zustand als mittelmässig beurteilt. Jedes Jahr werden – auch dank der VASA-Abgeltungen des Bundes – neue, teils sehr umfangreiche Sanierungen in Angriff genommen. Die Entwicklung ist daher positiv.

Von den dringlichen Sanierungen sind die meisten angelaufen (→ Abbildung 58). Abgeschlossen sind die Arbeiten bei der Deponie Pont Rouge in Monthey und bei den grossen Sondermülldeponien Bonfol und Kölliken.

Fast zwei Drittel der belasteten Standorte liegen im Mittelland und in seinen Randgebieten. Auf einen Quadratkilometer entfallen dort 1,9 Standorte. Im Jura sind es 1,2 und im Alpenraum lediglich 0,3. Die **regionale Verteilung** spiegelt die Siedlungsdichte und die unterschiedliche Intensität der wirtschaftlichen Aktivitäten wider.

Die Schadstoffe von deponierten Abfällen, von Betriebs- und Unfallstandorten oder von Schiessanlagen können mit dem Sickerwasser ausgewaschen werden und ins **Grundwasser** gelangen. Dies ist die Hauptgefahr, die in der Schweiz von Altlasten ausgeht. Denn 60 % der belasteten Standorte liegen in Gewässerschutzbereichen, also über nutzbaren oder genutzten Grundwasservorkommen.

Ausblick

Mit den heutigen Gesetzen sollte es, ausser bei unvorhersehbaren Ereignissen wie Unfällen, keine neuen belasteten Standorte geben. Die Altlastenbearbeitung wird **in absehbarer Zeit abgeschlossen** werden können.

Massnahmen

Die **Altlastenbearbeitung** erfolgt in Etappen: Die Kataster mit den belasteten Standorten sind erstellt, und bis 2025 sollen alle Untersuchungen, bis 2040 alle nötigen Sanierungen abgeschlossen sein.

Der Bund beteiligt sich finanziell an der Untersuchung, Überwachung und Sanierung von gewissen belasteten Standorten. Mit dem **VASA**[1]**-Fonds,** der aus den Gebühren für die Ablagerung von Abfällen gespiesen wird, stehen jährlich bis zu 40 Millionen Franken zur Verfügung.

Planung und Umsetzung der Untersuchungen und Sanierungen obliegen den **Kantonen.** Sie sind verpflichtet, dem Bund ihre Planungen und Prioritätenlisten vorzulegen. Die Zusammenarbeit zwischen Bund und Kantonen hat sich bewährt, ebenso wie das Vorgehen in Etappen. Viele Standorte sind bereits saniert und die Massnahmen zeigen Wirkung.

Die Altlasten-Verordnung wird immer wieder aktualisiert, damit sie auf dem neusten **Stand der Technik** ist. Wenn z. B. neue toxikologische Erkenntnisse vorliegen, muss der Bund die Grenzwerte der Verordnung anpassen.

Auch die Sanierungsarbeiten müssen sich am neusten Stand der Technik orientieren. Dazu braucht es gut ausgebildete Fachpersonen.

Mit Vollzugshilfen und Rundschreiben unterstützt der Bund die Kantone und harmonisiert damit den schweizweiten Vollzug (→ Infobox «Belastete Standorte auf Karstgrundwasser – eine besondere Herausforderung für die Untersuchung und die Abschätzung der Gefährdung»).

Handlungsbedarf

- Die Kantone müssen noch rund 3000 belastete Standorte sanieren. In den nächsten Jahren stehen grosse Projekte an: ein Beispiel ist die Deponie La Pila im freiburgischen Hauterive mit Abfällen aus Siedlungen, Baustellen und Industrie. Dort entweichen dioxinähnliche Polychlorierte Biphenyle (PCB), die zu einer Kontamination der Sedimente und der Fische in der Saane geführt haben.

- Neue wissenschaftliche Erkenntnisse zur Verbreitung und Auswirkung von Schadstoffen müssen berücksichtigt werden – bei bereits bekannten Schadstoffen und auch bei Schadstoffen, die neu in den Fokus geraten, z. B. bei perfluorierten Tensiden (PFT).

1 Verordnung vom 26. September 2008 über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten (VASA), SR 814.681.



Elektrosmog

Jedes Jahr verdoppelt sich die Datenmenge, die mit Mobilfunk übertragen wird. Auf den liberalisierten Strommärkten wird intensiv gehandelt und der Anteil der Elektrizität an der Energieversorgung steigt. Insgesamt dürfte die Belastung der Bevölkerung durch Elektrosmog weiter zunehmen. Zur Höhe der Belastung und zu den Auswirkungen auf die Gesundheit fehlen repräsentative Daten und ausreichendes Wissen. Diese Lücken will der Bund schliessen.

Auftrag

Gemäss dem Umweltschutzgesetz[1] (USG) müssen Menschen und Umwelt vor schädlicher oder lästiger nichtionisierender Strahlung geschützt werden. Die Strahlungsemissionen sind so weit wie möglich zu begrenzen.

Der Bund setzt mit der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)[2] auf das Vorsorgeprinzip und hat Grenzwerte für ortsfeste Anlagen festgelegt (→ Blick über die Grenzen).

Zustand

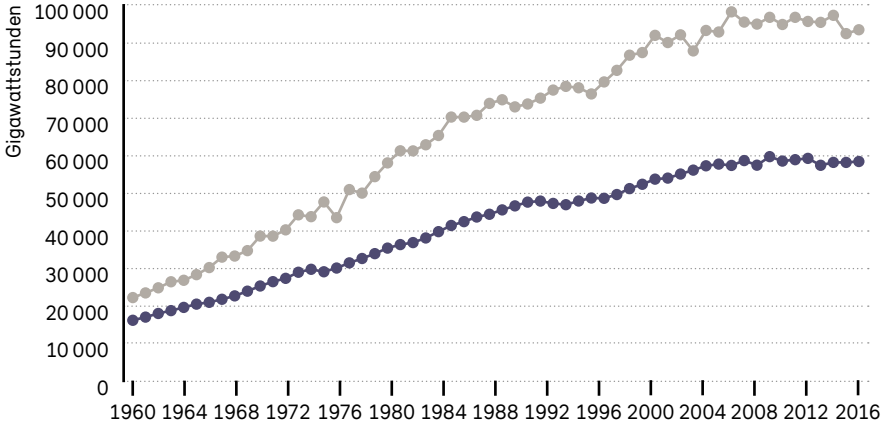
Nichtionisierende Strahlung – im Volksmund als Elektrosmog bezeichnet – ist ein Sammelbegriff für alle technisch erzeugten elektrischen und magnetischen Felder.

Quellen **niederfrequenter Strahlung** sind Stromleitungen, Fahrleitungen von Eisenbahnen oder strombetriebene Geräte im Haushalt. Obwohl der Stromverbrauch der Eisenbahnen von 2000 bis 2017 um 19 %, der restliche Verbrauch um 11 % zugenommen hat (BFE 2018a) (→ Abbildung 59), werden die Grenzwerte der NISV nur in seltenen Ausnahmefällen, in unmittelbarer Nähe von emittierenden Anlagen, erreicht oder gar überschritten.

Abbildung 59

Stromübertragung

Wo Elektrizität erzeugt, transportiert und genutzt wird, entstehen als unvermeidliche Nebenprodukte elektrische und magnetische Felder. Je mehr Strom übertragen wird, desto grösser ist auch die Magnetfeldbelastung.



Zustand: ×

Entwicklung: ×

Durch den intensivierten Handel auf den liberalisierten Strommärkten nimmt die übertragene Strommenge stärker zu als der Stromverbrauch: Während die übertragene Strommenge in den letzten fünfzig Jahren um den Faktor 4,4 gestiegen ist, hat sich der Stromverbrauch im gleichen Zeitraum nur um den Faktor 3,6 erhöht. Die damit einhergehende stärkere Auslastung der bestehenden Stromnetze ist gleichbedeutend mit mehr Elektrosmog im Nahbereich. Detaillierte Erhebungen zur Belastung der dort lebenden Bevölkerung fehlen. Aus diesem Grund wird die Entwicklung nicht bewertet.

* Bis 1990: Landeserzeugung + Einfuhr; seit 1990: Landeserzeugung + physikalische Einfuhr.

Quelle: BFE – Elektrizitätsstatistik

1 Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG), SR 814.01.

2 Verordnung vom 23. Dezember 1999 über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV), SR 814.710.

Die **hochfrequente Strahlung** stammt zum grössten Teil von den Mobilfunkantennen und -telefonen. Mit jeder neuen Generation von Geräten nimmt deren Strahlung zwar ab, das Datenvolumen verdoppelt sich jedoch jedes Jahr (BAKOM 2018) (→ Abbildung 60). Wie stark die Belastung dadurch steigt, wurde bisher nicht erhoben. Verursacher sind aber auch Rundfunk, Richtfunk, Schnurlostelefone und drahtlose Computernetzwerke (WLAN). Auch hier werden die Grenzwerte für ortsfeste Antennen eingehalten. Die Belastung ist in urbanen Gebieten generell höher als in ländlichen; am höchsten ist sie in öffentlichen Verkehrsmitteln. Wie stark eine Person von hochfrequenter Strahlung belastet wird, hängt vor allem von der persönlichen Nutzung mobiler Dienste ab (→ Infobox «Strahlungsbelastung im Alltag»).

Auswirkungen

Ob nichtionisierende Strahlung unterhalb der Grenzwerte langfristig die **Gesundheit** schädigt, ist nicht abschliessend belegt. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) klassiert jedoch niederfrequente Magnetfelder und hochfrequente Strahlung als möglicherweise krebserregend. Zudem fühlen sich elektrosensible Menschen durch Elektrosmog in ihrer Gesundheit oder ihrem Wohlbefinden beeinträchtigt. Anerkannte medizinische Diagnosekriterien existieren bislang nicht.

Nahe gelegene Mobilfunkantennen oder Hochspannungsleitungen können zudem den **Wert von Liegenschaften** vermindern, weil ihre Strahlung als Risiko wahrgenommen wird.

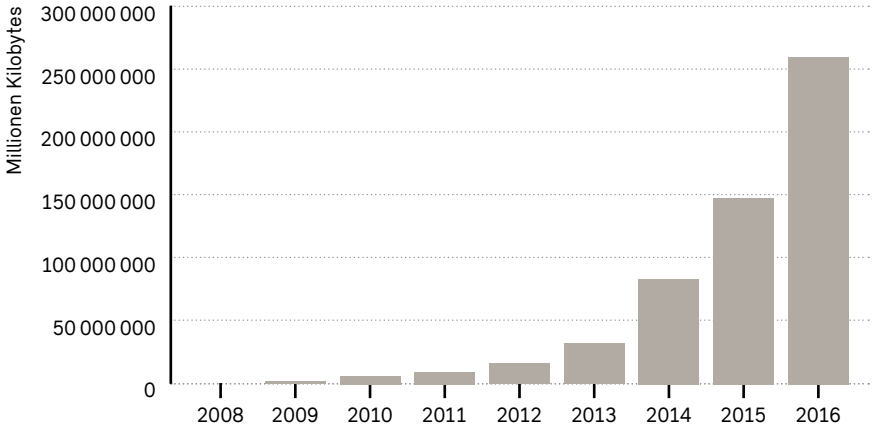
Ausblick

Gemäss der Strategie des Bundesrates für eine digitale Schweiz soll die Schweiz die Chancen der **Digitalisierung** konsequent nutzen (Bundesrat 2016g). Dies bedingt eine ständige Verfügbarkeit von mobilen Diensten und damit einen weiteren Ausbau der drahtlosen Infrastruktur. Aufgrund dieser Entwicklung und angesichts des steigenden Anteils der **Elektrizität** am Energieverbrauch ist davon auszugehen, dass der Elektrosmog weiter zunehmen wird.

Abbildung 60

Datenmenge Mobilfunk

Über die Mobilfunknetze werden nicht nur Gespräche vermittelt, sondern immer häufiger vor allem Daten übertragen. Mit der Einführung von Smartphones hat die Datenübertragung in der Schweiz rasant zugenommen. Je mehr Daten wie Videos, Musik, Spiele, E-Mails, Apps usw. übertragen werden, umso mehr Antennen und Sendeleistung sind dafür erforderlich.



Quelle: BAKOM

Zustand: ×

Entwicklung: ×

Die mobile Kommunikation trägt wesentlich zur Digitalisierung von Gesellschaft und Arbeitswelt bei. Dieser (Ausgangs-)Zustand ist gegeben und aus Umweltsicht daher nicht bewertbar.

Noch ist die Belastung durch hochfrequente Strahlung im öffentlichen Raum relativ gering. Allerdings ist die Datenmenge, die durch Mobilfunk übertragen wird, in den letzten Jahren rasant gestiegen: Zurzeit entspricht die Zunahme fast einer jährlichen Verdoppelung. Es wird erwartet, dass sich diese Entwicklung in den nächsten Jahren fortsetzt. Wie sich die Belastung durch Mobilfunkstrahlung deswegen ändert, wurde bisher nicht erhoben. Aus diesem Grund wird die Entwicklung nicht bewertet.

Strahlungsbelastung im Alltag
Um die Belastung mit hochfrequenter Strahlung im Alltag zu erheben, werden Testpersonen mit sogenannten Exposimetern ausgerüstet. Die Geräte messen die Strahlung von Mobilfunknetzen, Mobiltelefonen oder WLAN, während die Testpersonen ihrem üblichen Alltag nachgehen.

Im Auftrag des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich wurden beispielsweise im Jahr 2016 die Belastungen bei 115 Testpersonen erhoben (AWEL 2016). Das wichtigste Resultat: Die Belastung liegt deutlich unter den Grenzwerten. **Am höchsten** ist sie **in öffentlichen Verkehrsmitteln;** die tiefsten Werte wurden zuhause und in Schulen gemessen. Der Hauptanteil stammt vom **Mobilfunk** (Basisstationen und Mobiltelefone). Weniger relevant sind Rundfunk und WLAN.

Interessant ist die Berechnung der Belastung des Gehirns: Bei Personen, die das Handy häufig nutzen, sind die **Telefongespräche** verantwortlich für den Hauptanteil der Strahlendosis auf das Gehirn. Die Mobilfunkstationen tragen nur einen kleinen Anteil bei.

Die Strategie des Bundesrates bietet aber auch Chancen: Bei der Weiterentwicklung von Technologien und beim Neubau von Infrastrukturen kann bereits in der Planungsphase auf eine möglichst geringe Strahlungsbelastung gesetzt werden.

Massnahmen
Die **Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung** (NISV) enthält Anlagegrenzwerte für die maximale Strahlung von ortsfesten Anlagen, z. B. von Mobilfunkantennen. Bund und Kantone sorgen mit einem konsequenten Vollzug dafür, dass die Vorschriften der NISV eingehalten werden.

Mit dem neuen **Gesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (NISSG)**[1] kann der Bund in Zukunft Geräte wie starke Laserpointer verbieten oder das Bedienpersonal von medizinischen Geräten zu einer Ausbildung verpflichten.

Der Bund fördert auch die **Forschung** und hat 2014 eine beratende Expertengruppe nichtionisierende Strahlung (BERENIS) eingesetzt. Sie begutachtet wissenschaftliche Arbeiten, um potenzielle Gesundheitsrisiken früh zu erkennen.

Mit Faktenblättern zum Umgang mit Geräten im Haushalt oder Informationsbroschüren sensibilisieren und informieren Bund und Kantone die Bevölkerung (BAG 2016, BUWAL 2005).

1 Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (NISSG), SR 15.084.

Handlungsbedarf

- Mit den Grenzwerten der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) setzt der Bund auf das Vorsorgeprinzip. Diese Schutzstrategie soll weitergeführt werden.

- Technische Potenziale gilt es auszunutzen: Netzbetreiber und Anlagenbesitzer sollen die Infrastruktur von Mobilfunkdiensten und Stromnetzen möglichst strahlungsarm realisieren.

- Bisher konnte die Wissenschaft keinen Zusammenhang zwischen der alltäglichen Strahlenexposition und der Gefährdung der Gesundheit nachweisen. Es bestehen Wissenslücken über Langzeitauswirkungen, die durch gezielte Forschung zu schliessen sind.

- Die Belastung der Bevölkerung muss besser bekannt sein. Der Bundesrat hat dazu 2015 ein Konzept für ein nationales Monitoring elektromagnetischer Felder vorgelegt (Bundesrat 2015c). Kantonal bereits erhobene Daten könnten in diesem Rahmen zusammengeführt werden.

Blick über die Grenzen

Die europäischen Länder wenden mehrheitlich die Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) für die Beurteilung der Schädlichkeit von nichtionisierender Strahlung (NIS) an, so auch die Schweiz. Sie ist eines der wenigen Länder, die zusätzlich **rechtlich verbindliche Vorsorgegrenzwerte** festgelegt hat. Diese sind bei Mobilfunkanlagen rund 10-mal und bei Hochspannungsleitungen rund 100-mal strenger als die Empfehlungen der WHO. Ähnliche Regelungen gibt es in Italien, Luxemburg und Belgien.

Internationale Umweltpolitik

Die Schweiz kann ihre Umwelt ohne internationale Zusammenarbeit in vielen Bereichen nicht effektiv schützen, denn zahlreiche Umweltprobleme, wie beispielsweise die Verschmutzung der Luft, kennen keine Grenzen. Die internationale Umweltpolitik ist deshalb ein wichtiger Bestandteil der Schweizer Aussenpolitik. Schwerpunkte sind die Stärkung der globalen Rahmenbedingungen für den Schutz der Umwelt sowie die Weiterentwicklung und Umsetzung der internationalen Umweltabkommen.

Die internationale Umweltpolitik gehört zu den aussenpolitischen Prioritäten der Schweiz, die in der Bundesverfassung (Art. 54)[1] verankert und in der Aussenpolitischen Strategie des Bundesrates festgehalten sind (Bundesrat 2016h).

Internationale Konventionen und Abkommen

Der Bund wirkt bei der Erarbeitung und Weiterentwicklung internationaler Abkommen aktiv mit und nimmt als Vertragspartei an deren Umsetzung teil. Zu den wichtigsten zählen die Klimarahmenkonvention, das Kyoto-Protokoll und das Klimaübereinkommen von Paris (→ Klima), die Biodiversitätskonvention (→ Biodiversität) sowie Abkommen und Protokolle zum umweltschonenden Umgang mit gefährlichen Abfällen und Chemikalien (→ Chemikalien, → Abfall und Rohstoffe), zur grenzüberschreitenden Luftreinhaltung (→ Luft) und zu grenzüberschreitenden Gewässern (→ Wasser).

Zudem ist die Schweiz auch bei weiteren umweltrelevanten internationalen Konventionen vertreten, z. B. in den Bereichen Umweltverträglichkeitsprüfung (Espoo-Konvention)[2], Recht auf Information, Mitwirkung und Einsprache (Aarhus-Konvention)[3] oder grenzüberschreitende Industrieunfälle (Konvention über die grenzüberschreitenden Auswirkungen von Industrieunfällen[4] der UNO-Wirtschaftskommission für Europa [UNECE]).

Stärkung der globalen Rahmenbedingungen für den Schutz der Umwelt

Trotz zahlreicher Konventionen und Institutionen verfügt die Politik gegenwärtig nicht über die institutionellen Rahmenbedingungen, um den Schutz der globalen Umwelt genügend sicherzustellen. Die Schweiz setzt sich deshalb für eine **Stärkung der internationalen Umweltgouvernanz** ein, um ein umfassendes, kohärentes, effektives und effizientes internationales Umweltregime zu fördern. Sie unterstützt das **UNO-Umweltprogramm (UNEP)** und setzt sich in seiner Vollversammlung dafür ein, dass die UNEP seine koordinierende Funktion innerhalb des UNO-Systems effektiv wahrnehmen und umweltpolitische Ziele, Strategien und Politiken auf globaler Ebene formulieren kann.

Der Bund setzt sich dafür ein, dass bei der **Umsetzung multilateraler Umweltkonventionen**, die denselben Themenbereich betreffen, vermehrt zusammengearbeitet wird und **Synergien** genutzt werden. Die Schweiz hat deshalb bereits 2006 den Prozess zur Stärkung der Synergien im Chemikalien- und Abfallbereich initiiert. Zudem unterstützt sie die Entwicklung einer kohärenten Gouvernanz unter den verschiedenen Übereinkommen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der Biodiversität, um eine synergetische, sektorenübergreifende Umsetzung der Konventionen zu ermöglichen.

Die **Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung** ist ein wichtiger Meilenstein für diesen Bereich und damit auch für den Schutz der globalen Umwelt. Die von der UNO formulierten Ziele bilden gegenwärtig den global geltenden Rahmen, um die grossen Herausforderungen der Welt zu meistern – extreme Armut, Klimawandel, Umweltzerstörung und damit verbundene Auswirkungen wie Artensterben oder Gesundheitskrisen (UN 2015) (→ Infobox «Agenda 2030 und SDGs» im Kapitel Planetare Belastbarkeitsgrenzen). Die umweltbezogenen Ziele sind damit auch Teil der Schweizer Umweltpolitik.

1 Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999, SR 101.

2 Übereinkommen vom 10. September 1997 über die Umweltverträglichkeitsprüfung im grenzüberschreitenden Rahmen (Espoo-Übereinkommen), SR 0.814.06.

3 Übereinkommen vom 25. Juni 1998 über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten (Aarhus-Konvention), SR 0.814.07.

4 Übereinkommen vom 19. April 2000 über die grenzüberschreitenden Auswirkungen von Industrieunfällen, SR 0.814.04.

Der effektive Schutz der Umwelt bedingt auch, dass die anderen internationalen Politikbereiche wie die **Entwicklungszusammenarbeit** oder die **internationale Handels- und Wirtschaftspolitik** Umweltanliegen berücksichtigen. Deshalb wird in der internationalen Zusammenarbeit darauf geachtet, dass die positiven Auswirkungen ihrer Massnahmen auf die Umwelt gefördert und negative Folgen vermieden werden (Bundesrat 2016i). Wichtig ist zudem, dass Freihandelsabkommen Bestimmungen zum effektiven Schutz der Umwelt in den Partnerländern enthalten. Darüber hinaus empfiehlt die OECD, die Umweltfolgen von Freihandelsabkommen systematisch zu analysieren (OECD 2017). Die Schweiz beteiligt sich an internationalen Initiativen für eine Grüne Wirtschaft und ein nachhaltiges internationales Finanzsystem. Insbesondere engagiert sich der Bund bei der Erarbeitung internationaler ökologischer Richtlinien für den Rohstoffsektor (→ Herausforderung Umweltbelastung im Ausland).

Internationale Umweltfinanzierung
Der Bund unterstützt die Umsetzung internationaler Umweltziele in Entwicklungsländern. Im Rahmen der Umweltpolitik leistet er Beiträge an **internationale Umweltfonds,** die bilaterale und multilaterale Projekte unterstützen. Dazu stellt der Bund mit dem Rahmenkredit «Globale Umwelt» 2015–2018 147,83 Millionen Franken zur Verfügung. Weit mehr Mittel fliessen aus den Rahmenkrediten «Internationale Zusammenarbeit» der Entwicklungs- und Aussenwirtschaftspolitik in Projekte, die einen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz leisten.

Öffentliche Gelder allein werden den Finanzbedarf zum globalen Schutz der Umwelt nicht decken können. Um vermehrt **private Investitionen** zu generieren, sollten die nationalen und internationalen Rahmenbedingungen entsprechend ausgerichtet werden. So sollten vermehrt Umweltfaktoren und -risiken in die **Finanzmarktpolitik** integriert sowie Investitionen gefördert werden, die einen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz leisten (Bundesrat 2017i) (→ Infobox «Wie Finanzierungs- und Investitionsentscheide die Umwelt beeinflussen» im Kapitel Herausforderung Umweltbelastung im Ausland). Entsprechend empfiehlt die OECD, die Schweizer Exportrisikoversicherung stärker auf Umweltanliegen auszurichten (OECD 2017).

Beziehungen zwischen der Schweiz und der EU
Der Bund setzt sich für Rahmenbedingungen ein, die eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen in Europa ermöglichen. Als vollwertiges Mitglied der **Europäischen Umweltagentur (EUA)** beteiligt er sich an der Publikation des Europäischen Umweltberichts und am aktiven Wissensaustausch zu den Fachthemen der Agentur.

Die Schweiz hat ihre **Umweltgesetzgebung** auf mehreren Gebieten bereits weitgehend mit derjenigen der EU in Einklang gebracht. Einen indirekten Bezug zur Umwelt haben verschiedene **bilaterale Abkommen.** Das Luftverkehrsabkommen enthält seit 1999 Vorschriften zu Lärmemissionen von Flugzeugen. Bei Strasse und Schiene konnte der Bund mit dem Abkommen über den Güter- und Personenverkehr die Steuer für den motorisierten Schwerverkehr erhöhen und den Güterverkehr auf der Schiene fördern. Zudem strebt der Bund an, das Schweizer Emissionshandelssystem mit demjenigen der EU zu verknüpfen. Ein entsprechendes Abkommen mit der EU wurde am 23. November 2017 unterzeichnet.





C Intakter Lebensraum: Herausforderungen und Chancen

Viele Umweltbelastungen wie der Ausstoss von Treibhausgasen, der Verlust der Biodiversität oder die Bodenversiegelung sind vielschichtig und lassen sich nicht mit einfachen, punktuellen Massnahmen beseitigen. Für den Grossteil der Auswirkungen auf die Umwelt in der Schweiz sind das Ernährungs-, das Mobilitäts-, und das Wohnsystem verantwortlich. Damit das Ideal eines nachhaltig intakten Lebensraums realisiert werden kann, ist die Transformation dieser drei Systeme notwendig. Dabei können Chancen insbesondere in der Digitalisierung, in der systematischen Förderung von sozialen und technischen Innovationen, in der internationalen Zusammenarbeit und in der Stärkung des Vorsorgeprinzips liegen.

Die Schweizerische Eidgenossenschaft setzt sich ein für die **dauerhafte Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen** – so steht es in der Bundesverfassung (BV)[1] (→ Planetare Belastbarkeitsgrenzen). Der Bund orientiert sich am Ideal eines intakten Lebensraums, in dem das Erneuerungspotenzial der natürlichen Ressourcen heutigen und zukünftigen Generationen ungeschmälert zur Verfügung stehen soll (BAFU 2016k). Die Umweltpolitik konnte in der Vergangenheit auf dem Weg zu diesem Ziel in der Schweiz **Erfolge** verzeichnen. So sind die Seen und Flüsse heute sauberer als vor einigen Jahrzehnten, die Luftverschmutzung ist deutlich zurückgegangen, und die Zahl sanierungsbedürftiger Altlasten sinkt laufend.

Bleibende Herausforderungen

In mehreren Umweltbereichen bleiben die Herausforderungen weiterhin gross. So ist der Ausstoss der **Treibhausgase** in der Schweiz zwischen 1990 und 2016 zwar um 10 % gesunken, es sind jedoch noch grosse Anstrengungen nötig, um die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 50 % gegenüber 1990 zu senken (Klimaübereinkommen von Paris). **Stickstoffhaltige Schadstoffe** werden über die Luft in Ökosysteme verfrachtet, beeinträchtigen in grossem Ausmass die Qualität der Ökosysteme und sind ein bedeutender Faktor für den Artenverlust. Die **Versiegelung von Böden** zerstört Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität, das Siedlungswachstum reduziert Landschaftsqualitäten. Sowohl der **Konsum** als auch der **Rohstoffverbrauch** nehmen in Abhängigkeit vom Konjunkturverlauf weiter zu. Im Inland hat dies u. a. wachsende Abfallmengen zur Folge. Schliesslich ist in der Schweiz jede siebte Person (1,1 Millionen Menschen) an ihrem Wohnort schädlichem oder lästigem **Lärm** ausgesetzt, und die damit zusammenhängenden Kosten für Gesundheit und Wertverluste von Liegenschaften bewegen sich in Milliardenhöhe.

Auf globaler Ebene zeigen die **planetaren Belastbarkeitsgrenzen**, wo heute für die Umwelt die grössten Herausforderungen liegen (Rockström et al. 2009) (→ Planetare Belastbarkeitsgrenzen). Der Zusammenzug wissenschaftlicher Grundlagen aus zahlreichen Bereichen der Erdwissenschaften zeigt auf, dass kritische Grenzen nicht überschritten werden dürfen, wenn lebenswichtige natürliche Prozesse gewährleistet bleiben sollen. Die Biodiversität, der Klimawandel, die Nutzung von Wasser sowie der Phosphor- und der Stickstoffkreislauf befinden sich bereits in einem kritischen Bereich, der grosse Risiken und Unsicherheiten mit sich bringt. Das Wissen über die planetaren Belastbarkeitsgrenzen ist in die Formulierung der **Sustainable Development Goals** (→ Infobox «Agenda 2030 und SDGs» im Kapitel Planetare Belastbarkeitsgrenzen) eingeflossen sowie in die darauf abgestimmte

1 Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999, SR 101.

Strategie Nachhaltige Entwicklung Schweiz (Bundesrat 2016a). Die Handlungsfelder in der Strategie Nachhaltige Entwicklung Schweiz sind alle eng mit dem Zustand der Umwelt verbunden – weil sie Umweltbelastungen verursachen oder weil sie von solchen betroffen sind.

Systemische Umweltbelastungen

Umweltprobleme mit einfachen Beziehungen zwischen isolierbaren Ursachen und klar umgrenzten Wirkungen hat die Umweltpolitik heute weitgehend im Griff. Ein typisches Beispiel ist die erfolgreiche Reduktion der Belastung von Seen durch Phosphate aus Waschmitteln. Komplexe Umweltprobleme stellen hingegen weiterhin eine grosse Herausforderung dar. Sie lassen sich nicht scharf eingrenzen, und die Lösungen bedingen oft eine Zusammenarbeit über mehrere Sektoren oder Länder hinweg. Die Belastungen können **vielfältige Ursachen** haben oder auch in nicht genügend ausgeschöpften Synergien mit anderen Politikbereichen begründet sein. Die steigende Komplexität und Vernetzung macht Umweltprobleme und deren (globale) Folgen ausserdem weniger gut vorhersehbar. Daher rücken sogenannte systemische Risiken vermehrt in den Fokus (Renn 2014).

Die **Ernährung**, das **Wohnen** und die **Mobilität** sind für insgesamt zwei Drittel aller Umweltbelastungen verantwortlich, die die Schweizer Endnachfrage im In- und Ausland generiert (Jungbluth et al. 2011, BAFU 2018a). Alle drei Bereiche lassen sich nur verstehen als Systeme mit **komplexen Wechselwirkungen** zwischen einer Vielzahl von Angebots- und Nachfragefaktoren, die ihrerseits miteinander zusammenhängen (→ Exkurs: Systemsicht).

Bei den Umweltbelastungen dieser Systeme stechen der Ausstoss von Treibhausgasen sowie die Bodennutzung und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Biodiversität besonders hervor (→ Wichtigste Belastungen und Auswirkungen in der Schweiz). Boden ist eine Ressource, die für die meisten gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Tätigkeiten beansprucht wird; sie ist nicht ersetzbar. Beim Versiegeln der Böden geht nicht nur deren Fruchtbarkeit verloren, in vielen Fällen folgt auch ein totaler Verlust von Biodiversität.

Notwendiger Systemwandel

Die Europäische Umweltagentur (EUA) kommt nach einer umfassenden Analyse von Umweltindikatoren und unter Berücksichtigung der Fortschritte bei den politischen Zielen zum Schluss, dass wahrscheinlich weder Umweltmassnahmen allein noch wirtschafts- oder technologiebedingte Effizienzverbesserungen ausreichend sein werden, um die Ziele der Europäischen Union (EU) für das Jahr 2050 zu verwirklichen. Stattdessen seien grundlegende Veränderungen der Produktions- und Verbrauchssysteme nötig (EUA 2015a). Das offizielle Beratungsgremium der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) kommt im Rahmen der Arbeiten zum sechsten globalen Bericht über den Zustand der Umwelt (GEO-6) ebenfalls zum Schluss, dass weder umweltpolitische Massnahmen noch ökonomische und technologische Effizienzgewinne allein zum Erreichen der Nachhaltigkeitsziele genügen werden. Um innerhalb der planetaren Belastbarkeitsgrenzen zu bleiben (Rockström et al. 2009), wird nach Einschätzung der Expertinnen und Experten vielmehr eine fundamentale **Transition der Energie-, Ernährungs- und Mobilitätssysteme sowie der urbanen Systeme** nötig sein, die mit tief greifenden Veränderungen der vorherrschenden Praktiken, Technologien, Politiken und Lebensstile einhergehen muss.

Damit die Umweltbelastungen der Ernährung, des Wohnens und der Mobilität z. B. in den Bereichen Klima und Boden drastisch zurückgehen, müssen die Klima- und die Raumordnungspolitik gemeinsam mit anderen Politikbereichen darauf hinarbeiten, das Ernährungs-, das Wohn- und das Mobilitätssystem aktiv umzugestalten. Eine Veränderung ist nur möglich unter Einbezug weiterer transformativer Kräfte aus Forschung und Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft (→ Tabelle 1).

Transformation über drei Ebenen

Transformationen können als Zusammenspiel von Kräften auf drei hierarchisch angeordneten Ebenen verstanden werden (Geels 2002, UBA 2015b, Geels et al. 2017) (→ Abbildung 61).

Tabelle 1

Transformationskräfte für einen Systemwandel

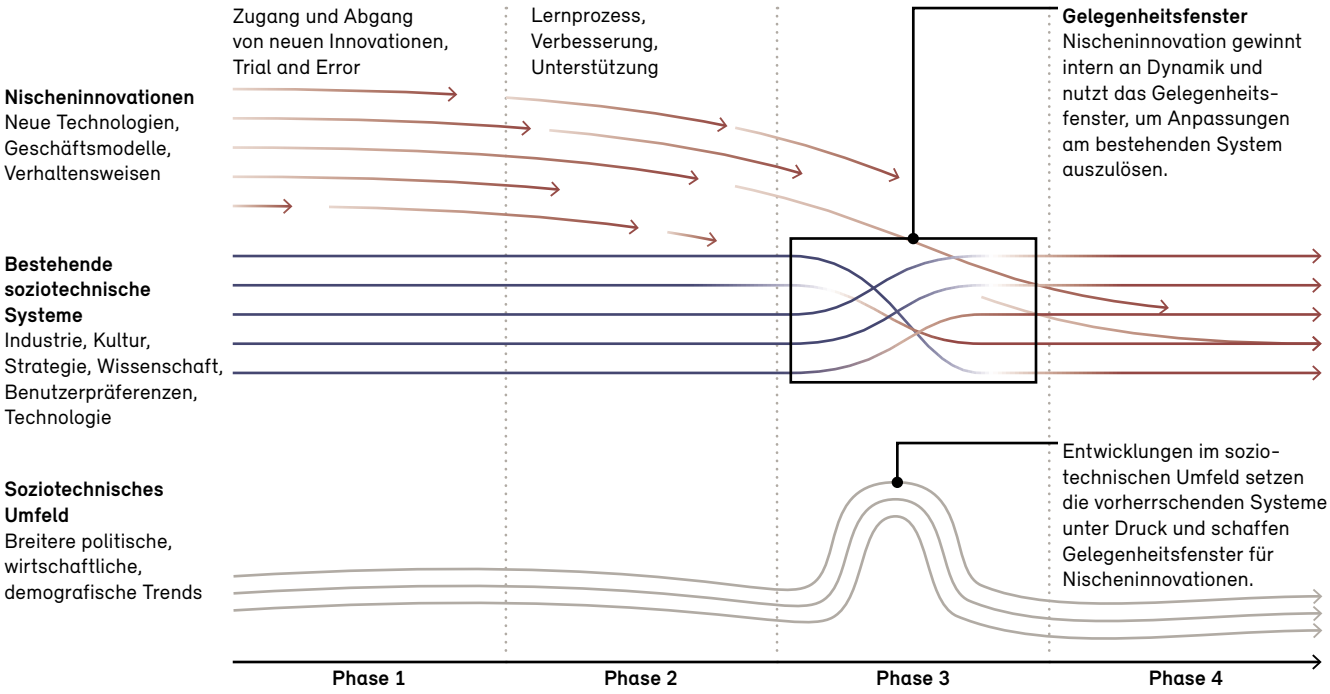
Akteure (Stichworte)	Hebelwirkungen	Handlungsoptionen Bund
Forschungseinrichtungen: · «technischer Fortschritt» · «Erfindergeist»	· Ressourceneffizienz · Low-impact-Technologien · Energieeffizienz · Gewinnung und Speicherung erneuerbarer Energien	· Technologieförderung · Effizienzvorschriften · Standards · Technologiefolgen-Abschätzung · Wissens- und Technologietransfer von der Wissenschaft zur Wirtschaft
Wirtschaft und Finanzen: · «der Markt entscheidet» · «gesunde Konkurrenz»	· Corporate Social Responsibility · Konzentration auf wesentliche Umweltwirkungen entlang der Wertschöpfungskette · Effizienzsteigerungen · Start-ups für Nachhaltigkeit (Sharing, Upcycling usw.) · Vermeidung von nicht zukunftsfähigen Investitionen	· (Ziel-)Dialoge und Vereinbarungen · Kostenwahrheit, Preis für ökologische Knappheit, Lenkungsabgaben, Mobility Pricing, CO_2-Abgabe · Anreizsysteme zur Förderung von Öko-Innovationen, grünen Investitionen und nachhaltigen Business-Modellen · Erhöhen der Sichtbarkeit und Bekanntheit von Lösungsansätzen (Kampagnen, Messen, Wettbewerbe usw.) · Produkteinformationen für Konsumenten · Nachhaltige öffentliche Beschaffung (Vorbildrolle)
Zivilgesellschaft: · «Lebensformen» · «Engagement»	· Individuelle Konsumnachfrage (Lebensstile, Suffizienz) · Soziale Bewegungen (Umweltorganisationen usw.) · Lokale Initiativen (Vertragslandwirtschaft, ökologisches Wohnen, Urban Gardening usw.)	· Informationsvermittlung · Vermitteln von Know-how zum effizienten Umgang mit Ressourcen über alle Bildungsstufen · Vernetzung · Beseitigen von Benachteiligungen (z. B. beim Langsamverkehr) · Förderung (Pilotprojekte, Wettbewerbe, finanzielle Unterstützung)
Öffentliche Hand: · «Regulation» · «Vorbildfunktion»	· Investitionen (Verkehrsinfrastruktur, Energieversorgung, Grüne Infrastruktur) · Ressourceneffizienz · Low-impact-Technologien · Energieeffizienz · Raumordnungspolitik · Anschubprogramme (Green New Deal)	· Schaffen gesetzlicher Rahmenbedingungen · Bereitstellen von Finanzierungsinstrumenten (Fonds) · Partizipation (Stakeholder-Einbezug) · Nachhaltige öffentliche Beschaffung (Vorbildrolle)

Auf der untersten, als **«globale Lage»** bezeichneten Ebene («Sociotechnical landscape» im englischen Sprachgebrauch), sind Trends anzusiedeln wie Wirtschaftswachstum, Migration, Demografie, dominierende Werteordnungen sowie Ereignisse wie Krisen oder starke Ausschläge des Ölpreises. Gemeinsam ist diesen Einflussfaktoren, dass sie selbst nur schwer beeinflussbar sind, aber auch Kräfte freisetzen, die auf der darüberliegenden Ebene Gelegenheitsfenster («Windows of opportunity») für Veränderungen schaffen. Das **«vorherrschende System» («Regime»)** der mittleren Ebene besteht aus einem Netz von Produzenten, Nutzern, Lieferanten, Forschenden, gesellschaftlichen Gruppierungen, Investoren, Behörden und weiteren Akteuren, die gemeinsam definieren, mit welchen Mitteln gesellschaftliche Probleme gelöst werden (demokratische Verfahren, Kooperationen, Marktmechanismen usw.). Sie orientieren sich dabei nicht nur an der globalen Lage. Bei sich öffnenden Gelegenheitsfenstern verwandeln sie **Innovationen** aus der obersten Ebene der **«Nischen»** zu neuen Kernstücken des vorherrschenden Systems. Gesellschaftliche und technologische Pioniere erproben im Rahmen geschützter, von den dominierenden Systemkräften abgekoppelter Nischer radikale Erneuerungen.

Abbildung 61

Allgemeines Modell für Transformationen unter Berücksichtigung verschiedener Ebenen (multi-level perspective)

Innovationen fördern, um Gelegenheitsfenster zu nutzen
Interne und externe Kräfte setzen das vorherrschende System unter Druck, welches sich entlang heranreifender Innovationen neu ausrichten kann.



Quelle: Geels et al. 2017

Die Entwicklung von innovativen, schnell skalierbaren Technologien und sozialen Innovationen aus der Nische soll gefördert oder deren Markteinstieg unterstützt werden. Voraussetzung ist, dass sie hohe qualitative Ansprüche erfüllen und somit Umweltauswirkungen effektiv reduzieren können. Notwendig sind dabei ein klarer Zielrahmen und ein konsequentes Monitoring der Fortschritte.

Chancen für die Umweltpolitik

Für die Umweltpolitik ergeben sich aus dem Systemcharakter der aktuellen Umweltprobleme neue Herausforderungen, aber auch einige Chancen:

Internationalität: Ein grosser Teil der Umweltbelastungen findet im Ausland statt. Beispiele sind der Klimawandel, die Verfrachtung von Luftschadstoffen, der Verlust natürlicher Lebensräume durch die Ausdehnung landwirtschaftlicher Produktionsflächen (z. B. Palmöl), die Überfischung der Meere oder der Abbau von Rohstoffen mit ausbeuterischen Methoden. Dabei kommt der internationalen Umweltpolitik sowie der wirtschaftlichen Zusammenarbeit und der Entwicklungszusammenarbeit erhöhte Bedeutung zu (→ Internationale Umweltpolitik).

Integration der Umweltpolitik: Die bestehenden Sektoralpolitiken in den umweltrelevanten Bereichen müssen stärker aufeinander abgestimmt werden (Klima, Biodiversität, Luftreinhaltung usw.). Umweltanliegen müssen verstärkt in die Finanz-, Wirtschafts-, Verkehrs-, Raumordnungs-, Landwirtschafts- oder Energiepolitik integriert werden.

Vorsorgeprinzip stärken: Mit dem Vorsorgeprinzip werden Unklarheiten über Ursachen, Wechselwirkungen und Folgen von Umweltbelastungen angegangen. Diesem Prinzip zufolge sind Umweltbelastungen auch dann zu vermeiden, wenn über die kausalen Beziehungen (noch) keine letzte Gewissheit besteht. Irrever-

sible Schäden und später auftretende hohe Kosten lassen sich so vermeiden (Knoepfel et al. 2010). Um systemische Umweltrisiken vorsorglich zu erkennen, ist eine Beobachtung und Analyse von Veränderungen der globalen Lage entscheidend (z. B. Wertewandel, Digitalisierung oder andere technologische Neuerungen). Aber auch starke Schwankungen von Rohstoffpreisen oder das Ausbrechen von Krisen in entfernten Ländern können schwer vorhersehbare Folgen haben auf der Ebene des politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Systems.

Innovationen: Der Umgang mit technologischen und sozialen Innovationen war für die nationale Umweltpolitik bislang weitgehend beschränkt auf die Umweltforschung und Technologieförderung, die insbesondere durch Institutionen vorangetrieben wird wie Innosuisse oder die Umwelttechnologieförderung, der Technologiefonds sowie der Schweizer Nationalfonds im Rahmen der Einzelprojektförderung und der Nationalen Forschungsprogramme. So wird die Entwicklung neuer umweltfreundlicher Verfahren und Produkte und ihre Heranführung zur Markttauglichkeit bereits heute vom Bund gefördert. Die Formen der Zusammenarbeit und die beteiligten Akteure sind dabei sehr vielfältig. Neben einzelnen Forschungsprojekten wird beispielsweise auch die Beratung von Unternehmen in Sachen Ressourceneffizienz unterstützt. Während staatliche Akteure auf der kommunalen Ebene lokale Innovationen z. B. in der Nahrungsmittelproduktion oder beim Wohnen unterstützen, indem sie dafür Areale zur Verfügung stellen oder spezifische Überbauungszonen ausscheiden, sind solche Innovationen auf Bundes- oder Kantonsebene bisher kaum ein Thema. Dem Erfahrungsaustausch zwischen Städten, Kantonen und dem Bund kommt daher eine hohe Bedeutung zu, auch um z. B. bei der Planung von Verkehrsinfrastrukturen zukunftsfähige Mobilitätsformen zu ermöglichen, anstatt zu verhindern. Die stärkere Inwertsetzung von Nischeninnovationen aus Wirtschaft und Gesellschaft ist eine wesentliche Ergänzung des umweltpolitischen Instrumentariums und spielt eine wichtige Rolle, um den notwendigen Veränderungen der Produktions- und Verbrauchssysteme zusätzlichen Schub zu verleihen.

Digitalisierung: Eng an Wirtschaft und Konsum gekoppelt sind die Digitalisierung und weitere technologische Entwicklungen. Diese tragen auf der einen Seite zu mehr Energie- und Ressourceneffizienz bei, ermöglichen auf der anderen Seite aber auch neue Formen des Konsums und der Produktion. Technologische Entwicklungen können teilweise jedoch auch eine Steigerung der Nachfrage nach begrenzten Rohstoffen nach sich ziehen (z. B. seltene Erden für Hightechprodukte). Die Umwelt- und Wirtschaftspolitik kann und muss den technologischen Wandel nutzen, um den Fussabdruck der Schweiz mit den planetaren Grenzen in Einklang zu bringen. Die Digitalisierung kann dabei unterstützen, den Verbrauch an natürlichen Ressourcen, Materialien und Energie zu senken und die Effizienz auf allen Ebenen zu steigern. Damit einhergehend können Transfermechanismen angestossen werden, indem neue Instrumente und Prozesse für Wirtschaft und Gesellschaft entwickelt und implementiert werden. Von der Digitalisierung profitiert auch die öffentliche Hand, indem z. B. digitale Anwendungen es sowohl dem Bund als auch den Kantonen ermöglichen, von gemeinsamen Datengrundlagen und Auswertungsmethoden zu profitieren, und so mithelfen, Effizienzgewinne beim Vollzug zu realisieren. Dabei wird es unumgänglich sein, die internationalen Digitalisierungsanstrengungen (z. B. im Rahmen des Erdbeobachtungsprogramms Copernicus) zu verfolgen und mitzugestalten, um vergleichbare Standards aufrecht zu halten oder zu setzen und um Innovationen zu fördern.





Abkürzungsverzeichnis

AGROSCOPE
Schweizer Forschung für Landwirtschaft, Ernährung und Umwelt

ARE
Bundesamt für Raumentwicklung (vormals BRP)

BAFU
Bundesamt für Umwelt (vormals BUWAL)

BAKOM
Bundesamt für Kommunikation

BAV
Bundesamt für Verkehr

BAZL
Bundesamt für Zivilluftfahrt

BDM
Biodiversitätsmonitoring Schweiz

BFE
Bundesamt für Energie

BFS
Bundesamt für Statistik

BLN
Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung

BLW
Bundesamt für Landwirtschaft

BRP
Bundesamt für Raumplanung (seit 2000 ARE)

BUWAL
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (seit 2006 BAFU)

BWO
Bundesamt für Wohnungswesen

CLRTAP
Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung)

EMIS
Emissionsinformationssystem Schweiz

EMPA
Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt

ESPOP
Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes (1981–2010). Ab 2011 wurde ESPOP vollständig durch STATPOP ersetzt.

EU
Europäische Union

EUA
Europäische Umweltagentur

FAO
Food and Agriculture Organization (Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen)

IPCC
Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat)

LABES
Landschaftsbeobachtung Schweiz

LFI
Schweizerisches Landesforstinventar

LIK
Landesindex der Konsumentenpreise

METEOSCHWEIZ
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie

NABEL
Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe

NABO
Nationale Bodenbeobachtung

NAQUA
Nationales Netz zur Beobachtung der Grundwasserqualität

NAWA
Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität

OECD
Organisation for Economic Cooperation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)

SBV
Schweizer Bauernverband

sonBASE
GIS-Lärmdatenbank

STATPOP
Statistik der Bevölkerung und der Haushalte

UNECE
United Nations Economic Commission for Europe (Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen)

UNEP
United Nations Environment Programme (Umweltprogramm der Vereinten Nationen)

UNESCO
United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organisation für Erziehung, Wissenschaft und Kultur der Vereinten Nationen)

UNO/UN
United Nations Organization (Organisation der Vereinten Nationen)

UVEK
Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation

VBS
Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport

VGR
Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung

WHO
World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)

WSL
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

WWF
World Wide Fund For Nature

Literaturverzeichnis

2° Investing Initiative 2017
2° Investing Initiative, Out of the fog: Quantifying the alignment of Swiss pension funds and insurances with the Paris Agreement (e), unterstützt durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU), Paris, 2017.

Akademien Schweiz 2016
Akademien der Wissenschaften Schweiz, Brennpunkt Klima Schweiz, Grundlagen, Folgen und Perspektiven, Swiss Academies Reports 11 (5), Bern, 2016.

ARE 2014
Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Trends der Siedlungsflächenentwicklung in der Schweiz, Auswertungen aus raumplanerischer Sicht auf Basis der Arealstatistik Schweiz 2004/09 des Bundesamtes für Statistik (BFS), Bern, 2014.

ARE 2016a
Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Monitoring Bauen ausserhalb Bauzonen, Standbericht 2016, Bern, 2016.

ARE 2016b
Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Verkehrsperspektiven 2040, Entwicklung des Personen- und Güterverkehrs in der Schweiz, Bern, 2016.

ARE/BAFU 2015
Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Bundesamt für Umwelt BAFU, Natur und Landschaft in Agglomerationsprogrammen: Beitrag zur Umsetzung, Bern, 2015.

AWA 2015
Amt für Wasser und Abfall (AWA), Zustand der Kleinseen, AWA Fakten, Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern, Bern, 2015.

AWA 2017
Amt für Wasser und Abfall (AWA), Zustand der Gewässer – 2015 und 2016, Schwerpunkt Berner Jura / Seeland, AWA Fakten, Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern, Bern, 2017.

AWEL 2016
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Persönliche Messungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern bei einer Bevölkerungsstichprobe im Kanton Zürich, Zürich, 2016.

BABS 2014
Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), Integrales Risikomanagement, Bedeutung für den Schutz der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen, Bern, 2014.

BAFU 2010a
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Stickstoffflüsse in der Schweiz, Stoffflussanalyse für das Jahr 2005, Umwelt-Wissen 10/18, Bern, 2010.

BAFU 2010b
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Rote Liste Brutvögel, Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010, Umwelt-Vollzug 10/19, Bern, 2010.

BAFU 2011
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Landschaftsstrategie BAFU, Bern, 2011.

BAFU 2012a
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Strategie Biodiversität Schweiz, In Erfüllung der Massnahme 69 (Ziel 13, Art. 14, Abschnitt 5) der Legislaturplanung 2007–2011: Ausarbeitung einer Strategie zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität, Bern, 2012.

BAFU 2012b
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz, Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder, Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012, Bern, 2012.

BAFU 2013a
Bundesamt für Umwelt (BAFU), VOBU – Volkswirtschaftliche Beurteilung von Umweltmassnahmen: Leitfaden, Bern, 2013.

BAFU 2013b
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Klimaänderung in der Schweiz, Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen, Umwelt-Zustand 13/08, Bern, 2013.

BAFU 2013c
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Waldpolitik 2020. Visionen, Ziele und Massnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes, Bern, 2013.

BAFU 2013d
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Grüne Wirtschaft: Berichterstattung und Aktionsplan, Bericht an den Bundesrat, Bern, 2013.

BAFU 2014a
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Entwicklung der weltweiten Umweltauswirkungen der Schweiz, Umweltbelastung von Konsum und Produktion von 1996 bis 2011, Umwelt-Wissen 14/13, Bern, 2014.

BAFU 2014b
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz, Aktionsplan 2014–2019, Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates, Bern, 2014.

BAFU 2014c
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Stickstoff – Segen und Problem, Magazin «umwelt» 2/2014, Bern, 2014.

BAFU 2014d
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Auswirkungen des Verkehrslärms auf die Gesundheit, Berechnung von DALY für die Schweiz, Schlussbericht erstellt durch Ecoplan, Bern, 2014.

BAFU 2014e
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012, Bern, 2014.

BAFU 2015a
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Analyse zu in der Schweiz verarbeiteten Rohstoffen, Relevanzanalyse zu vierzehn in der Schweiz verarbeiteten Rohstoffen mittels ökologischer, sozialer und marktspezifischer Kriterien, Bern, 2015.

BAFU 2015b
Bundesamt für Umwelt (BAFU), BAFU-Strategie ländlicher Raum, Bern, 2015.

BAFU 2015c
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Renaturierung der Schweizer Gewässer: Die Sanierungspläne der Kantone ab 2015, Bern, 2015.

BAFU 2015d
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Waldpolitik 2020: Unser Wald entwickelt sich in eine nachhaltige Richtung, www.bafu.admin.ch → Dossiers → Waldpolitik 2020, Bern, 2015.

BAFU 2015e
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Ergebnisse der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) 1985–2009, Zustand und Veränderungen der anorganischen Schadstoffe und Bodenbegleitparameter, Umwelt-Zustand 15/07, Bern, 2015.

BAFU 2015f
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Boden und Bauen, Stand der Technik und Praktiken, Umwelt-Wissen 15/08, Bern, 2015.

BAFU 2015g
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Altlastenbearbeitung auf Kurs, Stand der Untersuchung, Überwachung und Sanierung, Umwelt-Zustand 15/16, Bern, 2015.

BAFU 2015h
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Altlasten, Magazin «umwelt» 4/2015, Bern, 2015.

BAFU 2016a
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Grüne Wirtschaft: Indikatoren zur Messung der Fortschritte, Indikatoren zu aktuellen Schwerpunkten der Schweiz sowie OECD Green Growth Indikatoren, Kurzfassung, Bern, 2016.

BAFU 2016b
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Grüne Wirtschaft, Massnahmen des Bundes für eine ressourcenschonende, zukunftsfähige Schweiz, Bericht an den Bundesrat, Bern, 2016.

BAFU 2016c
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Rote Liste Gefässpflanzen, Gefährdete Arten der Schweiz, Umwelt-Vollzug 16/21, Bern, 2016.

BAFU 2016d
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Zustand der Schweizer Fliessgewässer, Ergebnisse der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA) 2011–2014, Umwelt-Zustand 16/20, Bern, 2016.

BAFU 2016e
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2015, Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer, Umwelt-Zustand 16/17, Bern, 2016.

BAFU 2016f
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Jahrbuch Wald und Holz 2016, Waldressourcen, Holznutzung, Holzverarbeitung, Handel, Umwelt-Zustand 16/40, Bern, 2016.

BAFU 2016g
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Den Landschaftswandel gestalten, Überblick über landschaftspolitische Instrumente, Umwelt-Wissen 16/11, Bern, 2016.

BAFU 2016h
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz, Bericht des Bundesrats in Erfüllung des Postulats 12.4271 Darbellay vom 14.12.2012, Bern, 2016.

BAFU 2016i
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Biotechnologie in der Schweiz: Zwischen Risiko und Innovation, Stand der Biosicherheit in Forschung und Landwirtschaft, Umwelt-Zustand 16/13, Bern, 2016.

BAFU 2016j
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Ent-Sorgen?, Abfall in der Schweiz illustriert, Umwelt-Zustand 16/15, Bern, 2016.

BAFU 2016k
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Strategie des BAFU 2030, Bern, 2016.

BAFU 2017a
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Biodiversität in der Schweiz: Zustand und Entwicklung, Ergebnisse des Überwachungssystems im Bereich Biodiversität, Stand 2016, Umwelt-Zustand 16/30, Bern, 2017.

BAFU 2017b
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Klimabedingte Risiken und Chancen, Eine schweizweite Synthese, Umwelt-Wissen 17/06, Bern, 2017.

BAFU 2017c
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Böden in der Schweiz: Zustand und Entwicklung, Stand 2017, Umwelt-Zustand 17/21, Bern, 2017.

BAFU 2017d
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Controlling-Bericht zur Strategie Anpassung an den Klimawandel und zum Bericht «Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz», Bern, 2017.

BAFU 2017e
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Restwassersanierung nach Art. 80 ff. GSchG: Stand Ende 2016 und Entwicklung seit Ende 2014, Bern, 2017.

BAFU 2017f
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Auf gutem Grund, Magazin «umwelt» 4/2017, Bern, 2017.

BAFU 2017g
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Erdbebenrisikomanagement – Massnahmen des Bundes, Bericht an den Bundesrat, Standbericht und Planung für den Zeitraum 2017–2020, Bern, 2017.

BAFU 2017h
Bundesamt für Umwelt (BAFU), www.bafu.admin.ch → Daten, Indikatoren, Karten → Indikatoren → Betriebe mit Potential für schwere Schädigungen, Bern, 2017.

BAFU 2017i
Bundesamt für Umwelt (BAFU), www.bafu.admin.ch → Daten, Indikatoren, Karten → Indikatoren → Personenrisiken durch Gefahrguttransporte, Bern, 2017.

BAFU 2017j
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Rechtsvergleich des Abfallrechts der EU und der Schweiz unter besonderer Berücksichtigung der Legislationsvorschläge des EU-Aktionsplans für eine Kreislaufwirtschaft, Gutachten, Sebastian Heselhaus, Universität Luzern, 2017.

BAFU 2018a
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Umwelt-Fussabdrücke der Schweiz: Zeitlicher Verlauf 1996–2015, Umwelt-Zustand 18/11, Bern, 2018.

BAFU 2018b
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Emissionen von Treibhausgasen nach revidiertem CO_2-Gesetz und Kyoto-Protokoll, 2. Verpflichtungsperiode (2013–2020), Bern, 2018.

BAFU 2018c
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Switzerland's Informative Inventory Report 2018 (IIR), Submission under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (e), Bern, 2018.

BAFU 2018d
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Lärmbelastung in der Schweiz, Ergebnisse des nationalen Lärmmonitorings sonBASE, Stand 2015, Umwelt-Zustand 18/20, Bern, 2018.

BAFU 2018e
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Untersuchungsmethoden für belastete Standorte auf Karstgrundwasser (Projekt Chlorokarst), Inventar und kritische Analyse, Schlussbericht, Bern, 2018.

BAFU 2018f
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Beurteilung von belasteten Standorten über Karstgrundwasser, Ein Modul der Vollzugshilfe «Untersuchung von belasteten Standorten», Umwelt-Vollzug 18/21, Bern, 2018.

BAFU 2019a
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Ergebnisse der Grundwasserbeobachtung Schweiz (NAQUA), Zustand und Entwicklung, Umwelt-Zustand 19/01, Bern, 2019.

BAFU 2019b
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Biogene Güterflüsse der Schweiz, Umwelt-Wissen, Bern, 2019.

BAFU/BLW 2008
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Umweltziele Landwirtschaft, Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen, Umwelt-Wissen 08/20, Bern, 2008.

BAFU/BLW 2016
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Umweltziele Landwirtschaft, Statusbericht 2016, Umwelt-Wissen 16/33, Bern, 2016.

BAFU/ÖBU 2013
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Netzwerk für nachhaltiges Wirtschaften (ÖBU), Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit, Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz, Umwelt-Wissen 13/30, Bern, 2013.

BAFU/WSL 2013
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Neue Ansätze zur Erfassung der Landschaftsqualität, Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Umwelt-Wissen 13/25, Bern, 2013.

BAFU/WSL 2015
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Waldbericht 2015, Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes, Umwelt-Zustand 15/12, Bern, 2015.

BAFU/WSL 2017
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Umwelt-Zustand 16/41, Bern, 2017.

BAG 2016
Bundesamt für Gesundheit (BAG), www.bag.admin.ch → Themen → Mensch & Gesundheit → Strahlung, Radioaktivität & Schall → Elektromagnetische Felder (EMF), UV, Laser und Licht → Elektromagnetische Felder, Bern, 2016.

BAG/BLV/BLW/SECO/BAFU 2018
Bundesamt für Gesundheit (BAG), Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO), Bundesamt für Umwelt (BAFU), Strategie Chemikaliensicherheit für den departementsübergreifenden Vollzug des Chemikalienrechts, Bern, 2018.

BAKOM 2018
Bundesamt für Kommunikation (BAKOM), www.bakom.admin.ch → Telekommunikation → Zahlen und Fakten → Sammlung statistischer Daten → Mobilfunknetz (Stand 14.03.2018), Biel, 2018.

Ball et al. 2018
Ball W. T., Alsing J., Mortlock D. J., Staehelin J., Haigh J. D., Peter Th., Tummon F., Stübi R., Stenke A., Anderson J., Bourassa A., Davis S. M., Degenstein D., Frith S., Froidevaux L., Roth Ch., Sofieva V., Wang R., Wild J., Yu P., Ziemke J. R., Rozanov E. V., Evidence for a continuous decline in lower stratospheric ozone offsetting ozone layer recovery, Atmos. Chem. Phys., 18, 1379–1394.

Bauknecht et al. 2015
Bauknecht, D., Brohmann, B., Grießhammer, R., Gesellschaftlicher Wandel als Mehrebenenansatz, Transformationsstrategien und Models of Change für nachhaltigen gesellschaftlichen Wandel, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 2015.

BAV 2015a
Bundesamt für Verkehr (BAV), Risiken für die Bevölkerung beim Transport gefährlicher Güter auf der Bahn, Aktualisierte netzweite Abschätzung der Risiken 2014 (Screening Personenrisiken 2014), Bern, 2015.

BAV 2015b
Bundesamt für Verkehr (BAV), Risiken beim Transport gefährlicher Güter mit der Bahn, Netzweites Screening der Umweltrisiken 2014, Ergebnisbericht, Bern, 2015.

BAV 2016
Bundesamt für Verkehr (BAV), Lärmsanierung der Eisenbahnen, Standbericht 2015, Bern, 2016.

BFE 2018a
Bundesamt für Energie (BFE), Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2017, Bern, 2018.

BFE 2018b
Bundesamt für Energie (BFE), Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2017, Bern, 2018.

BFS 2013
Bundesamt für Statistik (BFS), Die Bodennutzung in der Schweiz, Resultate der Arealstatistik, Neuenburg, 2013.

BFS 2015
Bundesamt für Statistik (BFS), Die Bodennutzung in der Schweiz, Auswertungen und Analysen, Neuenburg, 2015.

BFS 2017a
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Volkswirtschaft → Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR) → Bruttoinlandprodukt gemäss Produktionsansatz (Tabelle je-d-04.02.01.01, Stand 28.8.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017b
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Bevölkerung → Stand und Entwicklung → Bilanz der ständigen Wohnbevölkerung 1861–2016 (ESPOP, STATPOP) (Tabelle su-d-01.02.04.05, Stand 30.08.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017c
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Arbeit und Erwerb → Wichtige Arbeitsmarktindikatoren, Entwicklung (Tabelle je-d-03.01.01.01, Stand 16.11.2017, Neuenburg, 2017.

BFS 2017d
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Volkswirtschaft → Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung → Bruttoinlandprodukt → Zerlegung der Wachstumsrate des BIP pro Einwohner (Tabelle je-f-04.02.01.06, Stand 28.8.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017e
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Volkswirtschaft → Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung → Produktionskonto → Produktionskonto nach Wirtschaftssektoren (Tabelle je-d-04.02.03.04, Stand 28.8.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017f
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Industrie, Dienstleistungen → Unternehmen und Beschäftigte → Wirtschaftsstruktur: Unternehmen, Neuenburg, 2017.

BFS 2017g
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Volkswirtschaft → Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR) → Investitionen, Konsumausgaben → Gesamtwirtschaftliche Ausgaben der Haushalte für den Endkonsum (Tabelle je-d-04.02.05.01, Stand 28.8.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017h
Bundesamt für Statistik (BFS), Wohnen in den Städten: ein Vergleich der grossen Kernstädte und ihrer Agglomerationsgürtel, City Statistics (Urban Audit), Neuenburg, 2017.

BFS 2017i
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Land- und Forstwirtschaft → Ernährung → Ernährung und Umwelt → Nahrungsmittelindustrie, Handel, Gastronomie → Nahrungsmitteltransporte (Tabelle gr-d-07.06.03.05.01, Stand 12.10.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017j
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Kataloge und Datenbanken → Grafiken → Importierte Futtermittel (Tabelle gr-d-07.06.03.04.01, Stand 13.12.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017k
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Land- und Forstwirtschaft → Ernährung → Nahrungsmittelindustrie, Handel, Gastronomie → Handel von Nahrungsmitteln → Aussenhandel von Nahrungsmittelgruppen (Tabelle gr-d-07.06.03.03.02, Stand 13.12.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017l
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Wirtschaftliche und soziale Situation der Bevölkerung → Einkommen, Verbrauch und Vermögen → Detaillierte Haushaltsausgaben sämtlicher Haushalte nach Jahr (Tabelle je-d-20.02.01.02, Stand 21.11.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017m
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Bau- und Wohnungswesen → Gebäude → Gebäudekategorie → Gebäude nach Gebäudekategorie nach Kanton (Tabelle je-d-09.02.01.01, Stand 18.12.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017n
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Indikatoren der Bevölkerungsstruktur (Tabelle su-d-01.02.03.01, Stand 28.09.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017o
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Bevölkerung → Stand und Entwicklung → Räumliche Verteilung → Städtische Bevölkerung: Agglomerationen, Kerne ausserhalb von Agglomerationen und mehrfach orientierte Gemeinden, 1991–2016 (Tabelle je-d-01.02.05.01, Stand 30.08.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017p
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Bau- und Wohnungswesen → Gebäude → Gebäude nach Gebäudekategorie, Kantonen und Bauperiode (Tabelle je-d-09.02.01.03, Stand 18.12.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017q
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Bau- und Wohnungswesen → Wohnungen → Wohnverhältnisse → Flächenverbrauch → Durchschnittliche Wohnfläche pro Bewohner nach Zimmerzahl, nach Kanton (Tabelle je-d-09.03.02.04.01, Stand 18.12.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017r
Bundesamt für Statistik (BFS), City Statistics (Urban Audit), Wohnen in den Städten: ein Vergleich der grossen Kernstädte und ihrer Agglomerationsgürtel, Neuenburg, 2017.

BFS 2017s
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Bau- und Wohnungswesen → Gebäude → Gebäudekategorie → Anteil Einfamilienhäuser am gesamten Gebäudebestand (Karte KM10-21029-09-c-polg-2017-d, Stand 18.12.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017t
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Mobilität und Verkehr → Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeuge → Infrastruktur und Streckenlänge → Streckennetz nach Verkehrsträgern (OeV, STR) (Tabelle je-d-11.03.01.01, Stand 27.10.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017u
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Mobilität und Verkehr → Querschnittsthemen (öffentlicher Verkehr, Zivilluftfahrt) → Zivilluftfahrt → Schweizerische Zivilluftfahrtstatistik 2016 – 4. Bewegungen (Tabelle su-b-438-11.7.AV-e-4, Stand 19.09.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017v
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Mobilität und Verkehr → Personenverkehr → Leistungen im Personenverkehr → Verkehrsleistungen im Personenverkehr (Tabelle je-d-11.04.01.02, Stand 14.12.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017w
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Mobilität und Verkehr → Querschnittsthemen (öffentlicher Verkehr, Zivilluftfahrt) → Zivilluftfahrt → Schweizerische Zivilluftfahrt 2016 – 5. Passagiere (Tabelle su-b-438-11.7.AV-e-5, Stand 19.09.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017x
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Mobilität und Verkehr → Güterverkehr → Leistungen im Güterverkehr → Transportleistungen im Güterverkehr (Tabelle je-d-11.05.01.02, Stand 21.11.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2017y
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Mobilität und Verkehr → Güterverkehr → Alpenquerender Güterverkehr → Alpenquerender Güterverkehr (Gesamtverkehr) nach Ländern (Tabelle je-d-11.05.04.03, Stand 21.11.2017), Neuenburg, 2017.

BFS 2018a
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Raum, Umwelt → Umweltgesamtrechnung → Materialflüsse → Inländischer Rohstoffverbrauch RMC (Indikator gr-d-02.04.10.03.17-ind, Stand 26.03.2018), Neuenburg, 2018.

BFS 2018b
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Raum, Umwelt → Umwelt und Ressourcen → Umweltindikatorensystem → 1 Nutzung natürlicher Ressourcen → Materialverbrauch → Materialflüsse in der Schweiz in Rohstoffäquivalenten und versteckte Flüsse durch Importe (Tabelle je-d-02.04.10.02, Stand 26.03.2018), Neuenburg, 2018.

BFS 2018c
Bundesamt für Statistik (BFS), Bevölkerung: Panorama, Neuenburg, 2018.

BFS 2018d
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Raum, Umwelt → Umwelt und Ressourcen → Umweltindikatorensystem → 5 Reaktionen der Gesellschaft → Konsum von Bioprodukten (Indikator gr-d-02.03.05.08.01-ind, Stand 03.05.2018), Neuenburg, 2018.

BFS 2018e
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Bevölkerung → Stand und Entwicklung → Haushalte → Haushaltstypen (Tabelle gr-d-01.02.02.01, Stand 28.02.2018), Neuenburg, 2018.

BFS 2018f
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Mobilität und Verkehr → Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeuge → Fahrzeuge → Fahrzeuge und Transportmittelbestände des Personenverkehrs (Tabelle je-d-11.03.02.07, Stand 29.05.2018), Neuenburg, 2018.

BFS 2018g
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Mobilität und Verkehr → Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeuge → Fahrzeuge → Strassenfahrzeuge – Bestand → Strassenfahrzeugbestand nach Fahrzeuggruppe und Fahrzeugart (Tabelle cc-d-11.03.02.01.03, Stand 01.02.2018), Neuenburg, 2018.

BFS 2018h
Bundesamt für Statistik (BFS), www.statistik.ch → Statistiken finden → Kataloge und Datenbanken → Tabellen → LIK (Dezember 2015=100), Detailresultate seit 1982, Warenkorbstruktur 2015, inkl. Sondergliederungen (Tabelle su-d-05.02.68, Stand 06.03.2018), Neuenburg, 2018.

BFS/ARE 2017
Bundesamt für Statistik (BFS), Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Verkehrsverhalten in der Bevölkerung, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015, Neuenburg/Bern, 2017.

Blum et al. 2015
Blum Ch., Heine J., Poloni Esquivié V., Schmid A., Klostermann R., Landschaft für eine Stunde, Aufwertung und Gestaltung der Übergangsräume von Siedlung zu offener Landschaft, Agglomeration St. Gallen – Bodensee, Zürich, 2015.

BLV 2017
Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), Die Bevölkerung der Schweiz isst unausgewogen, Medienmitteilung vom 16.03.2017, Bern, 2017.

BLV/BAG 2017
Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), Bundesamt für Gesundheit (BAG), menuCH – Nationale Ernährungserhebung, Anthropometric characteristics and indicators of eating and physical activity behaviors in the Swiss adult population, Results from menuCH 2014-2015 (Zusammenfassung auf Deutsch), Bern, 2017.

BLW 2010
Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Technisch-wissenschaftlicher Bericht zur Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz im 2×2-Meter-Raster (ERK2), Bern, 2010.

BLW 2015
Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Agrarbericht 2015, http://2015.agrarbericht.ch/de → Umwelt → Energie → Energiebedarf der Landwirtschaft, Bern, 2015.

BLW 2016
Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Agrarbericht 2016, Bern, 2016.

BLW/BAFU/BLV/DEZA 2015
Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA), Food Waste, Bilanz Stakeholderdialog 2013–2014 und weitere Arbeiten der Projektgruppe Food Waste des Bundes, Bern, 2015.

Brandl und Fausch 2016
Brandl, A., Fausch, U., Agglomeration von der Landschaft her denken, Forschungsstand, Thesen, Forschungslücken, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern, 2016.

Bringezu und Schütz 2014
Bringezu S., Schütz H., Indikatoren und Ziele zur Steigerung der Ressourcenproduktivität, PolRess Arbeitspapier AS 1.4, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Im Auftrag des Bundesumweltministeriums und des Umweltbundesamtes, Wuppertal, 2014.

BRP/BLW 1992
Bundesamt für Raumplanung (BRP), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Sachplan Fruchtfolgeflächen (FFF), Festsetzung des Mindestumfanges der Fruchtfolgeflächen und deren Aufteilung auf die Kantone, Materialien, Bern, 1992.

Bundesrat 2009
Schweizerischer Bundesrat, Bericht Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes vom 11. September 2009, Bern, 2009.

Bundesrat 2013
Schweizerischer Bundesrat, Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 (Revision des Energierechts) und zur Volksinitiative «Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie (Atomausstiegsinitiative)» vom 4. September 2013, Bern, 2013.

Bundesrat 2014
Schweizerischer Bundesrat, Botschaft zur Volksinitiative «Für eine nachhaltige und ressourceneffiziente Wirtschaft (Grüne Wirtschaft)» und zum indirekten Gegenvorschlag (Änderung des Umweltschutzgesetzes) vom 12. Februar 2014, Bern, 2014.

Bundesrat 2015a
Schweizerischer Bundesrat, Gesellschaftliche Verantwortung der Unternehmen, Positionspapier und Aktionsplan des Bundesrates zur Verantwortung der Unternehmen für Gesellschaft und Umwelt, Bern, 2015.

Bundesrat 2015b
Schweizerischer Bundesrat, Agglomerationspolitik des Bundes 2016+, Für eine kohärente Raumentwicklung Schweiz, Bern, 2015.

Bundesrat 2015c
Schweizerischer Bundesrat, Konzept für ein nationales Monitoring elektromagnetischer Felder, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Gilli 09.3488 «Elektromagnetische Felder. Monitoring», Bern, 2015.

Bundesrat 2016a
Schweizerischer Bundesrat, Strategie Nachhaltige Entwicklung 2016–2019, Bern, 2016.

Bundesrat 2016b
Schweizerischer Bundesrat, Grundlagenbericht Rohstoffe, 3. Berichterstattung zum Stand der Umsetzung der Empfehlungen, Bern, 2016.

Bundesrat 2016c
Schweizerischer Bundesrat, Finanzmarktpolitik für einen wettbewerbsfähigen Finanzplatz Schweiz, Bern, 2016.

Bundesrat 2016d
Schweizerischer Bundesrat, Strategie der Schweiz zu invasiven gebietsfremden Arten, Beilage zum Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats 13.3636 «Stopp der Ausbreitung von invasiven gebietsfremden Arten» von Nationalrat Karl Vogler vom 21.06.2013, Bern, 2016.

Bundesrat 2016e
Schweizerischer Bundesrat, Natürliche Lebensgrundlagen und ressourceneffiziente Produktion, Aktualisierung der Ziele, Bericht in Erfüllung des Postulats 13.4284 Bertschy vom 13. Dezember 2013, Bern, 2016.

Bundesrat 2016f
Schweizerischer Bundesrat, Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität», Bern, 2016.

Bundesrat 2016g
Schweizerischer Bundesrat, Strategie «Digitale Schweiz», Bern, 2016.

Bundesrat 2016h
Schweizerischer Bundesrat, Aussenpolitische Strategie 2016–2019, Bericht des Bundesrates über die Schwerpunkte der Legislatur, Bern, 2016.

Bundesrat 2016i
Schweizerischer Bundesrat, Botschaft zur internationalen Zusammenarbeit 2017–2020 vom 17. Februar 2016, Bern, 2016.

Bundesrat 2017a
Schweizerischer Bundesrat, Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz, Bern, 2017.

Bundesrat 2017b
Schweizerischer Bundesrat, Botschaft zur Totalrevision des CO_2-Gesetzes nach 2020 vom 1. Dezember 2017, Bern, 2017.

Bundesrat 2017c
Schweizerischer Bundesrat, Tourismusstrategie des Bundes, Bern, 2017.

Bundesrat 2017d
Schweizerischer Bundesrat, Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, Bern, 2017.

Bundesrat 2017e
Schweizerischer Bundesrat, Nationaler Massnahmenplan zur Verringerung der Lärmbelastung, Bericht des Bundesrats in Erfüllung des Postulats 15.3840 Barazzone vom 14. September 2015, Bern, 2017.

Bundesrat 2017f
Schweizerischer Bundesrat, Bericht über die Verkehrsverlagerung vom November 2017, Verlagerungsbericht Juli 2015 – Juni 2017, Bern, 2017.

Bundesrat 2017g
Schweizerischer Bundesrat, 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», Bern, 2017.

Bundesrat 2017h
Schweizerischer Bundesrat, Massnahmen zur Minderung der Risiken beim Schienen- oder Strassentransport von Gefahrgut, insbesondere von Chlorgas; Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats 15.3497 KVF-S vom 18. Mai 2015, Bern, 2017.

Bundesrat 2017i
Schweizerischer Bundesrat, Internationale Klimafinanzierung, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats der aussenpolitischen Kommission des Nationalrats 15.3798 vom 2. Juli 2015, Bern, 2017.

Bundesrat 2018
Schweizerischer Bundesrat, Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, Die Umsetzung der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung durch die Schweiz, Länderbericht der Schweiz 2018, Bern, 2018.

Bundesrat/KdK/BPUK/SSV/SGV 2012
Schweizerischer Bundesrat, Konferenz der Kantonsregierungen (KdK), Schweizerische Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK), Schweizerischer Städteverband (SSV), Schweizerischer Gemeindeverband (SGV), Raumkonzept Schweiz, Überarbeitete Fassung, Bern, 2012.

BUWAL 2005
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Elektrosmog in der Umwelt, Bern, 2005.

BUWAL/BRP 1998
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bundesamt für Raumplanung (BRP), Landschaftskonzept Schweiz, Kurzfassung, Bern, 1998.

BWO/HSLU 2016
Bundesamt für Wohnungswesen (BWO), Hochschule Luzern (HSLU), Wohnflächenkonsum und Wohnflächenbedarf, Grenchen/Luzern, 2016.

CBD 2010
Convention on Biological Diversity (CBD), Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020 and the Aichi Targets, «Living in Harmony with Nature», Montreal, 2010.

CH2018 2018
Swiss Climate Scenarios (CH2018), Neue Klimaszenarien für die Schweiz, Mitherausgeber METEOSCHWEIZ, C2SM, ETH Zürich, Universität Bern, scnat, Zürich/Bern, 2018.

Coop 2017
Coop-Gruppe, Geschäftsbericht 2016, Geschäftsbereich Detailhandel, Basel, 2017.

Dao et al. 2015
Dao H., Peduzzi P., Chatenoux B., De Bono A., Schwarzer S., Friot D., Naturverträgliches Mass und Schweizer Fussabdrücke gestützt auf planetare Belastbarkeitsgrenzen, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Zusammenfassung, Genf, 2015.

Delarze et al. 2016
Delarze R., Eggenberg S., Steiger P., Bergamini A., Fivaz F., Gonseth Y., Guntern J., Hofer G., Sager L., Stucki P., Rote Liste Lebensräume, Gefährdete Lebensräume der Schweiz 2016, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern, 2016.

Doppler et al. 2017
Doppler T., Mangold S., Wittmer I., Spycher S., Comte R., Stamm Ch., Singer H., Junghans M., Kunz M., Hohe PSM-Belastung in Schweizer Bächen, NAWA-SPEZ-Kampagne untersucht Bäche in Gebieten intensiver landwirtschaftlicher Nutzung, Aqua & Gas Nr. 4, Dübendorf, 2017.

Douglass et al. 2014
Douglass A. R., Newman P. A., Solomon S., The Antarctic ozone hole: An update, Physics Today 67, 7, 42.

EBP 2013
Ernst, Basler + Partner (EBP), RessourcenEFFizienz Schweiz REFF, Grundlagenbericht zur Ressourceneffizienz und Rohstoffnutzung, Schlussbericht, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Zollikon, 2013.

Ecoplan 2012
Ecoplan AG, Urbane Herausforderungen aus Bundessicht – Ein Diskussionsbeitrag zur Weiterentwicklung der Agglomerationspolitik, Im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) und des Staatssekretariats für Wirtschaft (SECO), Bern, 2012.

EDA/EFD/WBF 2013
Eidgenössisches Departement für auswärtige Angelegenheiten (EDA), Eidgenössisches Finanzdepartement (EFD), Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung (WBF), Grundlagenbericht Rohstoffe, Bericht der interdepartementalen Plattform Rohstoffe an den Bundesrat, Bern, 2013.

EMPA 2016
Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Projekt MatCH – Bau, Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Dübendorf, 2016.

ESU 2015
Energie Stoffe Umwelt services (ESU), Ökoprofil von Ernährungsstilen, Projektbericht, Im Auftrag des WWF Schweiz, Zürich, 2015.

EUA 2015a
Europäische Umweltagentur (EUA), Die Umwelt in Europa – Zustand und Ausblick 2015, Synthesebericht (SOER 2015), Kopenhagen, 2015.

EUA 2015b
Europäische Umweltagentur (EUA), Assessment of global megatrends – extended background analysis, Technical report No 11, Kopenhagen, 2015.

EUA 2016
Europäische Umweltagentur (EUA), Sustainability transitions: Now for the long term, Eionet report No 1/2016, Kopenhagen, 2016.

FAO 2017
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), The Future of Food and Agriculture – Trends and Challenges (f, e), Rom, 2017.

FIAL 2013
Foederation der Schweizerischen Nahrungsmittel-Industrien (FIAL), Die Schweizer Nahrungsmittel-Industrie im Jahr 2012, Bern, 2013.

Fischer et al. 2015
Fischer, M., Altermatt, F., Arlettaz, R., Bartha, B., Baur, B., Bergamini, A., Bersier, L.-F., Birrer, S., Braunisch, V., Dollinger, P., Eggenberg, S., Gonseth, Y., Guisan, A., Guntern, J., Gutscher, H., Herzog, F., Humbert, J.-Y., Jenny, M., Klaus, G., Körner, Ch., Krättli, H., Küchler, M., Lachat, T., Lambelet-Haueter, C., Leuzinger, Y., Linder, P., Mitchell, E. A. D., Moeschler, P., Pasinelli, G., Pauli, D., Pfiffner, L., Praz, Ch., Rixen, Ch., Rübel, A., Schaffner, U., Scheidegger, Ch., Schmid, H., Schnyder, N., Senn-Irlet, B., Stöcklin, J., Stofer, S., Walter, Th., Zumbach, S., Zustand der Biodiversität in der Schweiz 2014, Die Analyse der Wissenschaft, Forum Biodiversität Schweiz, Bern, 2015.

FOREST EUROPE 2015
Forest Europe, State of Europe's Forests 2015, Bratislava, 2015.

Forum Landschaft 2017
Forum Landschaft, Der Rand im Fokus, Handlungsbedarf am Übergang von Bau- und Nichtbaugebiet, Jahrestagung vom 9. Mai 2017, Bern, 2017.

Fowler et al. 2013
Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M. A., Cape, J. N., Reis, S., Sheppard, L. J., Jenkins, A., Grizzetti, B., Galloway, J. N., Vitousek, P., Leach, A., Bouwman, A. F., Butterbach-Bahl, K., Dentener, F., Stevenson, D., Amann, M. & Voss, M., The global nitrogen cycle in the twenty-first century, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 368.

Geels 2002
Geels F. W., Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study, Research Policy 31 (2002), 1257–1274.

Geels et al. 2017
Geels F. W., Sovacool B. K., Schwanen T., Sorrell S., Sociotechnical transitions for deep decarbonization, Accelerating innovation is as important as climate policy, Science 357 (6357), 1242–1244.

Hossaini et al. 2017
Hossaini R., Chipperfield M. P., Montzka St. A., Leeson A. A., Dhomse S. S., Pyle J. A., The increasing threat to stratospheric ozone from dichloromethane, Nature Communications, 8:15962.

IKSR 2013
Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), Der Rhein und sein Einzugsgebiet: Ein Überblick, Koblenz, 2013.

INFRAS 2015
Forschung und Beratung (INFRAS), Städtischer Wärmeinsel-Effekt, Grundlagenarbeit für die Klimarisikoanalysen 2060, Klimabedingte Risiken und Chancen: Fallstudien Kanton Basel-Stadt und Genf, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Zürich, 2015.

INFRAS/ECOPLAN 2018
Forschung und Beratung in nachhaltiger Entwicklung (INFRAS), Forschung und Beratung in Wirtschaft und Politik (ECOPLAN), Externe Effekte des Verkehrs 2015, Aktualisierung der Berechnungen von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten des Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehrs 2010 bis 2015, Im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE), Zürich/Bern, 2018.

IPCC 2015
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 2014, Synthesis Report (f, e), Genf, 2015.

Jungbluth et al. 2011
Jungbluth N., Nathani C., Stucki M., Leuenberger M., Gesamt-Umweltbelastung durch Konsum und Produktion der Schweiz – Input-Output Analyse verknüpft mit Ökobilanzierung, Bern, 2011.

Knoepfel et al. 2010
Knoepfel P., Nahrath S., Savary J., Varone F., Analyse des politiques suisses de l'environnement, Zürich, 2010.

Krausmann et al. 2013
Krausmann, F., Erb, K.-H., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V., Lauk, C., Plutzar, C., Searchinger, T.D., Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century, Proceedings of the national academy of sciences 110, 10324–10329.

Kupper et al. 2018
Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H., Bretscher, D., Zaucker, F., Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990–2015, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern, 2018.

Martin et al. 2017
Martin, M., Jöhl, R., Bonnard, L., Borgula, A., Grosvernier, Ph., Volkart, G., Robert, Y., Biotope von nationaler Bedeutung – Kosten der Biotopinventare, Expertenbericht zuhanden des Bundes, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern, 2017.

MEA 2005
Millennium Ecosystem Assessment (MEA), Ecosystems and Human Well-Being, Current State and Trends, Findings of the Condition and Trends Working Group, Island Press, Washington, Covelo, London, 2005.

METEOSCHWEIZ 2016
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (METEOSCHWEIZ), Klimareport 2015, Zürich, 2016.

METEOSCHWEIZ 2018
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (METEOSCHWEIZ), Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht, Fachbericht METEOSCHWEIZ, Zürich, 2018.

MI 2009
Meridian Institute (MI), Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD): An Options Assessment Report, Washington, 2009.

Migros 2017
M16 – Migros Geschäftsbericht 2016, Lagebericht 2016 – Konsum, Zürich, 2017.

Müller et al. 2017
Müller F., Kosmol J., Kessler H., Angrick M., Rechenberg B., Dematerialization – A Disputable Strategy for Resource Conservation Put under Scrutiny, Resources, 6, 68.

NFP61 2015
Nationales Forschungsprogramm 61 (NFP61), Ergebnisse und Empfehlungen des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Wassernutzung» NFP 61, Die Politik ist gefordert, Faktenblatt, Bern, 2015.

OECD 2012
Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), OECD-Umweltausblick bis 2050, Die Konsequenzen des Nichthandelns, Zusammenfassung, Paris, 2012.

OECD 2015
Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), The Economic Consequences of Climate Change, Paris, 2015.

OECD 2017
Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), OECD-Umweltprüfbericht Schweiz 2017 (Kurzfassung), Paris, 2017.

Pfister et al. 2016
Pfister S., Vionnet S., Levova T., Humbert S., Ecoinvent 3: assessing water use in LCA and facilitating water footprinting, The International Journal of Life Cycle Assessement, Vol. 21 (9), 1349–1360.

PLANAT 2004
Nationale Plattform Naturgefahren (PLANAT), Sicherheit vor Naturgefahren, Vision und Strategie, Biel, 2004.

PLANAT 2013
Nationale Plattform Naturgefahren (PLANAT), Strategie Naturgefahren Schweiz, Sicherheitsniveau für Naturgefahren, Bern, 2013.

Pluess et al. 2016
Pluess, A. R., Augustin, S., Brang, P., Bundesamt für Umwelt (BAFU), Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) (Hrsg.), Wald im Klimawandel, Grundlagen für Adaptationsstrategien, Bern, Stuttgart: Haupt 2016.

Prasuhn 2016
Prasuhn, V., Abklärungen zum Umweltziel Landwirtschaft: Reduktion der landwirtschaftsbedingten Stickstoffeinträge in die Gewässer um 50 % gegenüber 1985, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern, 2016.

Reinhardt et al. 2017
Reinhardt M., Kozel R., Hofacker A., Leu C., Monitoring von PSM-Rückständen im Grundwasser, Zahlen und Fakten der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Aqua & Gas 6, 78–89.

Renn 2014
Renn O., Das Risikoparadox, Warum wir uns vor dem Falschen fürchten, Klaus Wiegandt (Hrsg.), Frankfurt am Main, 2014.

Ressourcen Trialog 2017a
Ressourcen Trialog, Ein Dialog über Herausforderungen und Lösungsansätze in der Abfall- und Ressourcenwirtschaft der Schweiz 2030, Schlussbericht, Aarau, 2017.

Ressourcen Trialog 2017b
Leitsätze zur Abfall- und Ressourcenwirtschaft 2030, Aarau, 2017.

Rockström et al. 2009
Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin F. S., Lambin E. F., Lenton T. M., Scheffer M., Folke C., Schellnhuber H. J., Nykvist B., de Wit C. A., Hughes T., van der Leeuw S., Rodhe H., Sörlin S., Snyder P. K., Costanza R., Svedin U., Falkenmark M., Karlberg L., Corell R. W., Fabry V. J., Hansen J., Walker B., Liverman D., Richardson K., Crutzen P., Foley J. A., A safe operating space for humanity, Nature 461, 472–475.

Ruff et al. 2013
Ruff, M., Singer, H., Ruppe, S., Mazacek, J., Dolf, R., Leu, C., 20 Jahre Rheinüberwachung, Erfolge und analytische Neuausrichtung in Weil am Rhein, Aqua & Gas 5, 16–25.

SBV 2011
Schweizerischer Bauernverband (SBV), Stärkung der Versorgung mit Schweizer Kraftfutter, Bericht der Arbeitsgruppe Futtermittel, Brugg, 2011.

SBV 2017
Schweizer Bauernverband (SBV), www.sbv-usp.ch → Statistiken → Ernährung, Brugg, 2017.

Schad et al. 2015
Schad H., Hilti, N., Hugentobler, M., Duchêne-Lacroix, C., Multilokales Wohnen in der Schweiz – erste Einschätzungen zum Aufkommen und zu den Ausprägungen, S. 176–201. In: Weichhart P. ,Dittrich-Wesbuer A., Rumpolt P. A. (Hrsg.), Mobil und doppelt sesshaft, Studien zur residenziellen Multilokalität, Wien, 2015.

Schneider 2017
Schneider M., Entsorgung von unverschmutztem Aushub- und Ausbruchmaterial, Auswertung der nationalen Erhebung zum Bezugsjahr 2015, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), 2017.

SECO 2016
Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO), Presserohstoff: Abschluss der Arbeiten der EFTA zu Handel, Umwelt und Arbeitsnormen, Bern, 2016.

SGE 2014
Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (SGE), FOODprints® – Tipps zum nachhaltigen Essen und Trinken, Merkblatt, Bern, 2014.

SSF 2019
Swiss Sustainable Finance (SSF), Nachhaltige Geldanlagen in der Schweiz, Auszug aus dem Marktbericht Nachhaltige Geldanlagen 2019, Berlin/Zürich, 2019.

SSV/BFS 2017
Schweizerischer Städteverband (SSV), Bundesamt für Statistik (BFS), Statistik der Schweizer Städte 2017, Bern/Neuenburg, 2017.

Staub und Rütter 2014
Staub, P., Rütter, H., Die Volkswirtschaftliche Bedeutung der Immobilienwirtschaft der Schweiz, Kurzbericht, Zürich, 2014.

Steffen et al. 2015a
Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C., The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration, The Anthropocene Review, 2(1), 81–98.

Steffen et al. 2015b
Steffen W., Richardson K., Rockström J., Cornell S. E., Fetzer I., Bennett E. M., Biggs R., Carpenter S. R., de Vries W., de Wit C. A., Folke C., Gerten D., Heinke J., Mace G. M., Persson L. M., Ramanathan V., Reyers B., Sörlin S., Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet, Science, Vol. 347, Issue 6223, 736–747.

Strähl et al. 2013
Strähl, S., Ort, C., Siegrist, H., Thomann, M., Obrecht, J., & Kurz, E., Stickstoffelimination in Schweizer ARA, Weitere Entlastung der Oberflächengewässer, Aqua & Gas 5, 74–84.

Sutton et al. 2011
Sutton, M. A., Howard, C. M., Erisman, J. W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., van Grinsven, H., Grizzetti, B., The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives, Cambridge University Press, 2011.

Swiss Banking 2017
Schweizerische Bankiervereinigung, www.swissbanking.org → Finanzplatz → Finanzplatz in Zahlen → Der Schweizer Bankensektor, Basel, 2017.

swisstopo 2017
Bundesamt für Landestopografie (swisstopo), Bericht über die Versorgung der Schweiz mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen (Bericht mineralische Rohstoffe), Aktuelle Situation sowie Massnahmen zur langfristigen Versorgung, Wabern, 2017.

TEEB 2010
The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB), Die Ökonomie von Ökosystemen und Biodiversität: Die ökonomische Bedeutung der Natur in Entscheidungsprozesse integrieren – Ansatz, Schlussfolgerungen und Empfehlungen von TEEB: eine Synthese, Genf, 2010.

UBA 2015a
Umweltbundesamt (UBA), Gesamtwirtschaftliche Ziele und Indikatoren zur Rohstoffinanspruchnahme, Hintergrund, Dessau-Roßlau, 2015.

UBA 2015b
Umweltbundesamt (UBA), Wie Transformationen und gesellschaftliche Innovationen gelingen können, Dessau-Roßlau, 2015.

UN 2015
Vereinte Nationen (UN), Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, New York, 2015.

UNECE 2016
Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE), Towards Cleaner Air, Scientific Assessment Report 2016, EMEP Steering Body and Working Group on Effects of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, Oslo, 2016.

UNEP 2012a
Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP), Global Environment Outlook GEO-5, Environment for the future we want (f, e), Nairobi, 2012.

UNEP 2012b
Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP), Measuring Progress: Environmental Goals and Gaps (f, e), Nairobi, 2012.

UNEP 2017
Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP), Die Bewertung globalen Ressourcennutzung: Ein Systemansatz Effizienz und Verringerung der Umweltverschmutzung auf Ressourcen, Ein Bericht des Internationalen Resource Panels (IRP), Nairobi, 2017.

UVEK 2016
Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Departementsstrategie UVEK 2016, Bern, 2016.

velosuisse 2018
Verband der Schweizer Fahrradlieferanten (velosuisse), www.velosuisse.ch → Statistik → Jahresstatistiken Fahrradmarkt Neuverkäufe Schweiz, Statistik 2017, Bern, 2018.

Vision Landwirtschaft 2010
Vision Landwirtschaft, Bosshard A., Schläpfer F. und Jenny M., Weissbuch Landwirtschaft Schweiz, Analysen und Vorschläge zur Reform der Agrarpolitik. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 2010.

VKF 2018
Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF), www.vkg.ch → Versicherung → Rückversicherung → Statistiken, Bern, 2018.

Walter 1995
Walter, F., Bedrohliche und bedrohte Natur: Umweltgeschichte der Schweiz seit 1800, Chronos Verlag, Zürich, 1995.

WBGU 2011
Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Grosse Transformation, Hauptgutachten 2011, Berlin, 2011.

WEF 2016
World Economic Forum (WEF), The Global Risks Report 2016, 11th Edition, Genf, 2016.

Weichbrodt et al. 2016
Weichbrodt, J., Berset, M., Schläppi, M., FlexWork Survey 2016: Befragung von Erwerbstätigen und Unternehmen in der Schweiz zur Verbreitung mobiler Arbeit, Hochschule für Angewandte Psychologie (FHNW), Olten, 2016.

Wilkes-Allemann et al. 2017
Wilkes-Allemann J., Steinmann K., Zabel A., Lieberherr E., Zwischenbericht 2016 zur Waldpolitik 2020, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Zürich/Zollikofen, 2017.

WSL 2014
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Bewertung von Landschaftsattributen auf dem Schweizer Mietwohnungsmarkt, Hauptuntersuchung im Rahmen des Projekts «Landschaftsqualität als Standortfaktor erkennen und verbessern», Schlussbericht, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Birmensdorf, 2014.

WSL 2016
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Schweizerisches Landesforstinventar LFI, Ergebnisse zu den Erhebungen 2004/06 und 2009/15, Spezialauswertung vom 28.6.2016 durch F. Cioldi, Birmensdorf, 2016.

WWF 2010
WWF Schweiz, Der Wasser-Fussabdruck der Schweiz, Woher stammt das Wasser, das in unseren Landwirtschaftsprodukten steckt?, Zürich, 2010.

ZH/BS 2016
Baudirektion Kanton Zürich (ZH), Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt Kanton Basel-Stadt (BS), Akustisch gute Architektur für Strassenräume, Ein Leitfaden für architektonische und städtebauliche Lösungen, die Verkehrslärm reduzieren und mehr Aufenthaltsqualität schaffen, Publikationsreihe «Chancen im Lärm – Klangraumgestaltung», Zürich/Basel, 2016.

Bildnachweis

Seite 8
Ehemaliges Industrieareal «Escher-Wyss» in Zürich (ZH).

Seite 21
Auffangnetz zur Steinschlagsicherung oberhalb der Nufenen-passstrasse (VS).

Seiten 28/29
Abfliessendes Schmelzwasser vom oberen Theodulgletscher (VS).

Seiten 36/37
Spielhaus im Schrebergarten vor Industriegebäude im Zürcher Kreis 4 (ZH).

Seite 43
Gewächshaus mit Regenwassersammelbecken im Vordergrund und Kehrrichtverbrennungsanlage im Hintergrund, Hinwil (ZH).

Seite 52
Weinlese in den Rebbergen des Lavaux bei Saint-Saphorin (VD).

Seiten 66/67
Schallschutzfassade vor einem Gebäudekomplex mit 88 Wohnungen an der Autobahn bei Le Mont-sur-Lausanne (VD).

Seite 75
Ausgang des Panorama-Liftes, der die Touristen und Touristinnen in das Skigebiet Melchsee-Frutt bringt (OW).

Seiten 80/81
Wohnsiedlung in Bern von Muri aus gesehen (BE).

Seiten 88/89
Verkehr auf der Passstrasse am Nufenenpasses (VS).

Seite 96
Gletscherabdeckung zum Schutz vor Sonneneinstrahlung, oberer Theodulgletscher, Furggsattel Gletscherbahn, Zermatt (VS).

Seiten 102/103
Staumauer des Griessees oberhalb des Nufenenpass (VS).

Seiten 110/111
Aussicht von Ins über Agrarfelder in Richtung Berner Oberland (BE).

Seite 120
Dampfablass Basler Rheinhafen in Birsfelden (BL).

Seiten 128/129
Windkraftanlage und Stausee am Nufenenpass/Griessee (VS).

Seite 134
Stadt-Imker bei der Arbeit auf dem Dach des Hotels «Marriott» in Zürich (ZH).

Seite 143
Gemüsetreibhaus eines Kleinbauers in der Magadino Ebene (TI).

Seite 152
Erd- und Kiesdeponie auf Recyclingbetrieb bei Grandson (VD).

Seite 163
Lagerstelle für PET zur Weiterverarbeitung auf Recyclingbetrieb bei Grandson (VD).

Seite 171
Forstarbeiten im Stadtwald am Zürcher Üetliberg (ZH).

Seiten 178/179
Gewächshaus für Salate bei Hinwil im Zürcher Oberland (ZH).

Seiten 186/187
Lawinenverbauungen oberhalb der Parsennbahn in Davos (GR).

Aktuelles zum Thema Umwelt Schweiz:
www.umwelt-schweiz.ch