



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL



25 Jahre Luftreinhaltung auf der Basis des Umweltschutzgesetzes

Thesen und Empfehlungen



25 Jahre Luftreinhaltung auf der Basis des Umweltschutzgesetzes

Thesen und Empfehlungen

Impressum

Herausgeber

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL). Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL ist ein Gremium von Expertinnen und Experten auf dem Gebiet der Luftreinhaltung. Als ausserparlamentarische Fachkommission ist sie vom Bund eingesetzt und berät das Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) sowie das Bundesamt für Umwelt (BAFU) in wissenschaftlich-methodischen Fragen der Luftreinhaltung und der Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Gesundheit der Menschen und der Natur. Funktionell ist die EKL eine selbstständige und interdisziplinäre Verwaltungskommission, welche zur Behandlung von einzelnen Fragen auch weitere, der Kommission nicht angehörige Fachleute aus verschiedenen Bereichen zur Beratung beiziehen kann.

Autor

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL)

Zitierung

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) 2010: 25 Jahre Luftreinhaltung auf der Basis des Umweltschutzgesetzes. Thesen und Empfehlungen. Bern. 122 S.

Sekretariat EKL

Peter Straehl
Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Luftreinhaltung und NIS
peter.straehl@bafu.admin.ch

Gestaltung

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Titelfotos

BAFU

Download PDF

www.ekl.admin.ch/de/dokumentation/publikationen/index.html

(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache erhältlich.

© EKL 2010

Inhalt

Abstracts	7
Vorwort	9
In Kürze: Zusammenstellung der Thesen	10
Empfehlungen der EKL an verschiedene Adressaten	15
1 Zu diesem Bericht: Einleitung	20
1.1 Aufgabe der EKL	20
1.2 Zur Entstehung dieses Berichts	21
1.2.1 Arbeitsweise	21
1.2.2 Arbeitsgrundlagen	21
1.3 Anlage dieses Berichts	21
1.3.1 Zum Inhalt: Rück- und Ausblick	21
1.3.2 Zur Beurteilung des Standes und der Entwicklung der Luftqualität	22
1.3.3 Zum weiteren Handlungsbedarf	22
1.3.4 Zu den Thesen und Empfehlungen dieses Berichts	23
1.4 Zum Umfeld der Luftreinhaltungspolitik	24
1.4.1 Konsum	24
1.4.2 Energie- und klimapolitische Langzeitziele	25
1.4.3 Luft als Ressource	25
1.5 Dokumentation	27
2 Schadstoffe in der Schweizer Luft: Erreichtes und Nichterreichtes	28
2.1 Wie die Schadstoffbelastung der Luft entsteht	28
2.1.1 Emissionen – Immissionen	28
2.1.2 Zusammenhänge	28
2.1.3 Vielfältige Eigenschaften und Einflussfaktoren	29
2.1.4 Smogepisoden	29
2.1.5 Verminderung der Luftbelastung	30
2.1.6 Dokumentation	30
2.2 Wie sich übermässig belastete Luft auswirkt	30
2.2.1 Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit	30
2.2.2 Auswirkungen auf die Vegetation	33
2.2.3 Auswirkungen auf Tiere	35
2.3 Wie sich die Luftbelastung in der Schweiz in den letzten 25 Jahren entwickelt hat – mit einem Ausblick	35
2.3.1 Einleitung	35
2.3.2 Entwicklung der Luftverschmutzung in den letzten 20 Jahren auf einen Blick	36
2.3.3 Das NABEL-Messnetz und seine Ziele	38
2.3.4 Immissionsgrenzwert eingehalten	40
2.3.5 Auf gutem Weg zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte	44
2.3.6 Herausforderungen: Einhaltung der Immissionsgrenzwerte noch nicht in Sicht	47
2.3.7 Fazit	51
2.3.8 Dokumentation	51
2.4 Wie das USG gegen Luftbelastungen vorgeht	51
2.4.1 Das Konzept des zweistufigen Immissionsschutzes nach USG	51

2.4.2	Schematische Darstellung des zweistufigen Immissionsschutzes (Systembetrachtung)	57
2.4.3	Übersicht über wichtige luftrelevante politische Entscheidungen	58
2.4.4	Beurteilung	59
2.4.5	Dokumentation	61
3	Grenzwerte für die Zukunft	62
3.1	Wirkungsorientierte Massstäbe zum Schutz von Mensch und Umwelt sind heute und künftig für eine sachgerechte Luftreinhaltungspolitik unerlässlich	62
3.1.1	Thesen zur Bewertung der Immissionen	62
3.1.2	Ausgangslage und Handlungsbedarf	62
3.1.3	Empfehlungen	66
3.1.4	Dokumentation	67
3.2	Technische Möglichkeiten zur Emissionsreduktion sind konsequenter auszuschöpfen	68
3.2.1	Thesen	68
3.2.2	Ausgangslage und Handlungsbedarf	68
3.2.3	Empfehlungen	71
3.2.4	Dokumentation	72
4	Abbau der noch bestehenden übermässigen Luftbelastung in der Zukunft	73
4.1	Den künftigen Handlungsbedarf an den Schlüsselgrössen ausrichten	73
4.1.1	Thesen	73
4.1.2	Emissionssituation und Handlungsbedarf	73
4.1.3	Dokumentation	78
4.2	Bisher Erfolgreiches weiterführen, wo nötig ausbauen und zur Förderung von Innovationen optimieren	78
4.2.1	Thesen	78
4.2.2	Ausgangslage und Handlungsbedarf	78
4.2.3	Empfehlungen	85
4.2.4	Dokumentation	86
4.3	Fokus auf Schwerpunkten und Schnittstellen	87
4.3.1	Luftreinhaltungsanforderungen müssen auch in der Landwirtschaftspolitik eingehalten werden	87
4.3.1.1	Thesen	87
4.3.1.2	Ausgangslage und Handlungsbedarf	87
4.3.1.3	Empfehlungen	89
4.3.1.4	Dokumentation	90
4.3.2	Auf die Synergien von Luftreinhaltung und Klima- sowie Energiepolitik setzen und Konflikte vermeiden	90
4.3.2.1	Thesen	90
4.3.2.2	Ausgangslage und Handlungsbedarf	90
4.3.2.3	Empfehlungen	94
4.3.2.4	Dokumentation	94
4.3.3	Bei Fahrzeugtechnik und Verkehrsplanung die Anliegen der Luftreinhaltung berücksichtigen (Verkehrspolitik)	95
4.3.3.1	Thesen	95
4.3.3.2	Ausgangslage und Handlungsbedarf	95
4.3.3.3	Empfehlungen	96
4.3.3.4	Dokumentation	96

4.3.4	Infrastrukturentscheide und -politik besser auf die Ziele der Luftreinhaltung abstimmen und die Luftreinhaltungsinstrumente besser auf den Raum beziehen	97
4.3.4.1	Thesen	97
4.3.4.2	Ausgangslage und Handlungsbedarf	97
4.3.4.3	Empfehlungen	99
4.3.4.4	Dokumentation	99
4.3.5	Luftreinhaltung und Lärmschutz müssen sich gegenseitig noch besser unterstützen	100
4.3.5.1	Thesen	100
4.3.5.2	Ausgangslage und Handlungsbedarf	100
4.3.5.3	Empfehlung	101
4.3.5.4	Dokumentation	101
4.3.6	Die Luftreinhaltung durch Ökologisierung der Finanz- und Steuerordnung mitlenken	101
4.3.6.1	Thesen	101
4.3.6.2	Ausgangslage und Handlungsbedarf	101
4.3.6.3	Empfehlungen	105
4.3.6.4	Dokumentation	105
5	Schlusswort	106
6	Abkürzungen	108
7	Dokumentation	110
7.1	Nach Kapiteln	110
7.2	Alphabetisch	117

Abstracts

25 years after the entry into force of the Federal Law relating to the Protection of the Environment and the Ordinance on Air Pollution Control, the Swiss Expert Commission for Air Hygiene has assessed the development of air quality and the current status of pollution on the basis of the effect oriented ambient air quality standards. The current status of knowledge concerning the impacts of air pollution on human beings and the environment confirms the choice and specification of the standards. Conclusions regarding 25 years of air pollution control policy: Swiss legislation on environmental protection and air pollution control has proved effective. Considerable successes have been achieved and further improvements can still be made. To achieve the objective of eliminating harmful effects and nuisances, the requirements of the Ordinance need to be increasingly incorporated into related policy areas.

Keywords:

Environmental legislation, Federal Law relating to the Protection of the Environment, Ordinance on Air Pollution Control, ambient air quality standards, limitation of emissions, air pollution control policy, agricultural policy, climate and energy policy, transport policy, land use planning and infrastructure policy, finance and tax policy

25 Jahre nach dem Inkrafttreten des USG und der LRV beurteilt die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene die Entwicklung der Luftqualität und den heutigen Stand der Belastung am Massstab der wirkungsorientierten Immissionsgrenzwerte. Das aktuelle Wissen über die Auswirkungen der Luftbelastung auf Mensch und Umwelt bestätigt die Auswahl und konkrete Festlegung von Immissionsgrenzwerten. Das Fazit von 25 Jahren Luftreinhaltepolitik: Das Umwelt- und Luftreinhaltrecht haben sich bewährt. Sie konnten bedeutende Erfolge verbuchen und lassen sich noch weiterentwickeln. Zur Erreichung der Ziele – keine schädlichen und lästigen Auswirkungen – ist zudem ein verstärkter Einbezug der Anforderungen der Luftreinhaltung in benachbarte Politikbereiche unabdingbar.

Stichwörter:

Umweltrecht, Umweltschutzgesetz USG, Luftreinhalte-Verordnung LRV, Immissionsgrenzwerte, Emissionsbegrenzungen, Luftreinhalte-Politik, Landwirtschafts-Politik, Klima- und Energie-Politik, Verkehrs-Politik, Raumplanungs- und Infrastruktur-Politik, Finanz- und Steuer-Politik

25 ans après l'entrée en vigueur de la LPE et de l'OPair, la Commission fédérale de l'hygiène de l'air examine l'évolution de la qualité de l'air et la charge actuelle en polluants atmosphériques, en se référant aux valeurs limites d'immission orientées sur les effets. L'état des connaissances concernant les effets de la pollution atmosphérique sur l'homme et l'environnement confirme le bien-fondé de ces valeurs limites. Bilan de ces 25 années: les efforts en termes de réglementation ont payé, mais il est possible de faire plus. Pour atteindre l'objectif – éviter toute atteinte nuisible ou incommode – il faudra intégrer davantage les exigences en matière de protection de l'air à d'autres domaines de l'action étatique.

Mots-clés:

droit environnemental, loi sur la protection de l'environnement LPE, ordonnance sur la protection de l'air OPair, valeurs limites d'immission, limitation des émissions, lutte contre la pollution atmosphérique, politique agricole, politique climatique, politique énergétique, politique des transports, aménagement territorial, politique en matière d'infrastructures, politique financière, politique fiscale

25 anni dopo l'entrata in vigore della LPAmb e dell'OIAI, la Commissione federale per l'igiene dell'aria valuta l'andamento della qualità dell'aria e lo stato attuale dell'inquinamento secondo i valori limite di immissione stabiliti sulla base degli effetti prodotti dagli inquinanti. Lo stato attuale delle conoscenze sull'effetto dell'inquinamento atmosferico sull'uomo e sull'ambiente conferma la scelta e la definizione concreta di questi valori limite di immissione. Il bilancio dopo 25 anni di politica contro l'inquinamento atmosferico: le legislazioni in materia di ambiente e di inquinamento atmosferico hanno ottenuto importanti successi e potranno essere sviluppate ulteriormente. Per raggiungere gli obiettivi stabiliti, ossia nessun effetto dannoso o molesto, è inoltre indispensabile includere maggiormente i requisiti relativi alla protezione dell'aria in ambiti politici affini.

Parole chiave:

diritto ambientale, legge sulla protezione dell'ambiente LPAmb, ordinanza contro l'inquinamento atmosferico OIAI, valori limite di immissione, limitazione delle emissioni, politica contro l'inquinamento atmosferico, politica agricola, politica climatica ed energetica, politica dei trasporti, politica delle infrastrutture e di pianificazione del territorio, politica finanziaria e fiscale

Vorwort

Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) legt mit ihrem Bericht «25 Jahre Luftreinhaltung auf der Basis des USG» einen Rückblick und zugleich einen Ausblick vor.

Als 1985 das Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) und im folgenden Jahr die Luftreinhalteverordnung (LRV) in Kraft traten, stand die Politik unter dem Druck, strenges und konsequentes Umweltrecht zu erlassen. Die LRV schrieb für vielerlei Anlagen dem fortschrittlichen Stand der Technik entsprechende, wirtschaftlich tragbare Emissionsbegrenzungen vor. Die Schweiz nahm damit und mit Massnahmen wie der Katalysatorpflicht für Personenwagen eine Vorreiterrolle ein. Es folgte eine intensive Vollzugsphase mit der Anordnung von Emissionsbegrenzungen bei neuen und bestehenden Anlagen (Sanierungen) – von Aluminiumhütten über Feuerungen und Tankstellen bis zu Zementwerken – und später der Massnahmenplanung zur Reduktion der übermässigen Luftschadstoffbelastung.

Diese Massnahmen haben zu einer markanten Verbesserung der Luftqualität geführt. Die Grafiken zu den Erhebungen im Rahmen des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (Nabel) zeigen bei Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Blei und Kadmium eine positive, teils durch einen Knick eingeleitete Entwicklung; die Belastung liegt inzwischen zum Teil weit unter den Immissionsgrenzwerten.

Der Verfassungsauftrag – keine übermässige Belastung durch Luftschadstoffe – ist heute allerdings erst teilweise eingelöst. Beim Stickstoffdioxid und den flüchtigen organischen Verbindungen dürften die Ziele immerhin bis ungefähr im Jahr 2020 erreicht werden können. Hingegen werden beim Feinstaub und Ozon sowie den Depositionen von eutrophierenden und säurebildenden Komponenten darüber hinaus Probleme bestehen.

Die EKL hat sich deshalb auf der Grundlage der bisherigen Erfahrungen und des aktuellen Wissens auch mit der künftigen Luftreinhaltungspolitik auseinandergesetzt. Sie hat in einem ersten Schritt die Ausgangslage und den Handlungsbedarf im Rahmen des USG analysiert und entsprechende Empfehlungen an verschiedene Adressaten formuliert. Dabei gilt es hauptsächlich, das bisher Erfolgreiche weiter zu führen, auszubauen und zu optimieren.

In einem zweiten Schritt hat die EKL den Blickwinkel geöffnet. Dabei lotet sie insbesondere aus, welche Beiträge anderer Politikbereiche zur positiven Beeinflussung der Luftqualität möglich und notwendig sind. Synergien können vor allem mit der Energie- und Klimapolitik erwartet werden. Zusätzliche Anstrengungen im Hinblick auf eine Verbesserung der Luftqualität werden sodann von den Bereichen Landwirtschaft, Infrastruktur und Raumplanung sowie Finanzen und Steuern erwartet.

Der vorliegende Bericht soll Orientierung vermitteln: Er zeigt, was bisher erreicht wurde, identifiziert Schlüsselgrössen und streicht heraus, wo die EKL für die Zukunft die wichtigsten Herausforderungen und Lösungsansätze sieht. Angesprochen sind sowohl die Behörden wie auch die Einzelnen, die durch ihr individuelles Handeln zur Reduktion der Belastung mit Luftschadstoffen beitragen können.

Ursula Brunner

Präsidentin der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (EKL)

In Kürze: Zusammenstellung der Thesen

1. Die Luftbelastung hat sich in der Schweiz seit Inkrafttreten des USG insgesamt stark verbessert, doch sind künftig bezüglich einer Reihe von Schadstoffen noch zusätzliche und teils grosse Anstrengungen erforderlich.

→ Kap. 2.3

Unter dem IGW liegt heute die Belastung bei folgenden Luftschadstoffen: Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Schwermetalle. Bei diesen Schadstoffen wurden die zur IGW-Einhaltung erforderlichen Emissionsreduktionen bereits getroffen.

Dass bis im Jahr 2020 die IGW bzw. die Reduktionsziele weitgehend eingehalten werden können, zeichnet sich auch bei folgenden Luftschadstoffen ab: Stickstoffdioxid und flüchtige organische Verbindungen. Bei diesen Schadstoffen wurden noch nicht alle zur Einhaltung der Ziele erforderlichen Emissionsreduktionen ergriffen. Weitere wichtige Massnahmen sind aber vorgesehen.

Als Problemschadstoffe verbleiben darüber hinaus insbesondere PM10 (das u.a. auch den Krebs erzeugenden Russ enthält), Ozon und die Stickstoffeinträge. Bei diesen Schadstoffen wurden bisher die zur Einhaltung der Ziele erforderlichen Emissionsreduktionen national und international noch nicht in genügendem Ausmass in Angriff genommen.

2. Das zweistufige Konzept des USG zum Immissionsschutz hat sich grundsätzlich bewährt, bedarf aber der Ergänzung durch nicht auf Anlagen bezogene Massnahmen in anderen Politikbereichen

→ Kap. 2.4

Das Konzept des USG für die Luftreinhaltung ist primär auf die Optimierung einzelner Anlagen durch Begrenzung ihrer Emissionen ausgerichtet. Die Umsetzung konnte weitgehend reibungsfrei etabliert und auch optimiert werden. Eine gewisse Koordination und Gesamtschau wird durch die Massnahmenplanung der einzelnen Kantone bzw. durch die Massnahmen in der Kompetenz des Bundes erreicht.

Das Ziel der Luftreinhaltung – eine gesamtschweizerisch unbedenkliche Luftqualität – lässt sich mit den zur Verfügung stehenden Instrumenten zur Durchsetzung von Recht nicht erzwingen. Es kann auch nicht allein mit der Ausschöpfung des anlagebezogenen Regelungskonzepts erreicht werden, weshalb zusätzlich Massnahmen in anderen Politikbereichen nötig sind. Wichtig für die Erreichung des verfassungsmässigen Ziels ist ausserdem die internationale Zusammenarbeit.

3. Wirkungsorientierte Massstäbe zum Schutz von Mensch und Umwelt sind heute und künftig für eine sachgerechte Luftreinhaltungspolitik unerlässlich

→ Kap. 3.1, Empfehlungen 1–5

Die in Anhang 7 LRV festgesetzten Immissionsgrenzwerte entsprechen im Sinne von Art. 14 USG dem Stand der Wissenschaft und der Erfahrung im Hinblick auf den Schutz vor schädlichen und lästigen Wirkungen der Luftbelastung. Die Ermittlung der Belastung setzt einheitliche, harmonisierte Prüf-, Mess- und Berechnungsmethoden voraus.

Der fortschreitende Stand der Wissenschaft zu neuen Hinweisen über Schadwirkungen ist aufmerksam zu verfolgen. Die EKL wird aufgrund dieser Erkenntnisse gegebenenfalls empfehlen, die wirkungsorientierten Immissionsgrenzwerte zu ändern oder zu ergänzen.

Für die Bewertung von Immissionen sind gemäss den für die Schweiz verbindlichen internationalen Übereinkommen zusätzlich zu den Immissionsgrenzwerten die Beurteilungskriterien der Critical Levels (Konzentrationsgrenzwerte) und Critical Loads (Depositionsgrenzwerte) massgebend. Ihre Überschreitung zeigt übermässige Schadstoffeinträge in Ökosysteme an. Die EKL wird die Aufnahme eines Critical Levels für Ammoniak in die LRV einer vertieften Prüfung unterziehen.

Für kanzerogene Schadstoffe wie z. B. Dieseleruss oder Benzol empfiehlt die EKL, die Minimierung von Emissionen konsequent durchzusetzen, aber keine Immissionsgrenzwerte festzulegen. Um den verfassungsmässigen Schutz der Bevölkerung zu gewährleisten, sollte das Lebenszeitrisiko höchstens einen Krebsfall pro Million Einwohner betragen.

Zur Ermittlung der Langzeitentwicklung der Luftbelastung sind die bedarfsgerechten Immissions- und Emissionserhebungen weiterzuführen. Im BAFU muss die Fachkompetenz zur Beurteilung der Einwirkungen von Luftschadstoffen aufrecht erhalten bleiben.

4. Technische Möglichkeiten zur Emissionsreduktion sind konsequenter auszuschöpfen

→ Kap. 3.2, Empfehlungen 6–9

Die Vorschriften zur Emissionsbegrenzung bei Anlagen im Rahmen der Vorsorge (Art. 11 Abs. 2 USG) sowie die Anforderungen an Produkte (Art. 26 USG) und ihre periodische Anpassung an den Stand der Technik haben sich grundsätzlich bewährt, müssen aber noch ergänzt und verstärkt werden. Die VOC-Abgabe ist als Ergänzung der Instrumente zur Emissionsbegrenzung (Art. 12 USG) beizubehalten und zu optimieren.

Die Entwicklungen beim Stand der Technik müssen konsequent nachvollzogen werden. Vorschriften für neue Anlagenarten und Produkte sollen frühzeitig erlassen und mit innovationsfördernden Übergangsfristen verbunden werden, namentlich im Fall von Förderprogrammen. Nötigenfalls sollen dem Stand der Technik entsprechende Emissionsbegrenzungen auch unabhängig von den europäischen Regelungen festgelegt werden.

Spezieller zusätzlicher Regelungsbedarf besteht bezüglich diffuser Emissionen sowie ausserordentlicher Betriebszustände stationärer Anlagen und in den Bereichen Landwirtschaft sowie Verkehr.

5. Den künftigen Handlungsbedarf an den Schlüsselgrössen ausrichten

→ Kap. 4.1 (keine Empfehlungen)

Die noch bestehenden übermässigen Immissionen von Feinstaub, Ozon, Stickstoffdioxid, Säure- und Stickstoffeintrag sind auf die zu hohen Emissionen von Stickoxiden, primärem Feinstaub, Ammoniak und VOC zurückzuführen. Diese Schadstoffe sind noch um 20 bis 50 % zu reduzieren; bei krebserregenden Stoffen gilt das Minimierungsgebot.

Je nach Problemschadstoffen können unterschiedliche Hauptverursacher identifiziert werden: Verkehr und Maschinen sowie Energie- und Wärmegewinnung bei den Stickoxiden; Lösemittelverflüchtigung sowie Verkehr und Maschinen bei den NMVOC; Verkehr und Maschinen sowie Produktion und Entsorgung beim Feinstaub; verschiedene Quellen der Landwirtschaft – insbesondere die Nutztierhaltung – beim Ammoniak.

Die Schadstoffbelastung kann einerseits durch Reduktion der Aktivität und andererseits durch Verbesserung bei den Emissionsfaktoren gesenkt werden. Für die verschiedenen hauptsächlichen Verursacherkategorien sind deshalb zahlreiche Einflussmöglichkeiten denkbar. Die konkreten Vorschläge finden sich in Kap. 3.2 (Emissionsbegrenzungen), Kap. 4.2 (Bisher Erfolgreiches weiterführen und optimieren) sowie Kap. 4.3 (Schwerpunkte und Schnittstellen).

6. Bisher Erfolgreiches weiterführen, wo nötig ausbauen und zur Förderung von Innovationen optimieren

→ Kap. 4.2, Empfehlungen 10–14

Die Vollzugsbehörden begegnen den Herausforderungen der Luftreinhaltung mit grosser Fachkompetenz. Die Auswahl und die Kombination unterschiedlicher, auf die Verursacherkategorien und ihre Aktivitäten zugeschnittener Instrumente zur Emissionsreduktion (Instrumentenmix) haben sich bewährt. Auf dieser Basis soll die Luftreinhaltungspolitik weitergeführt und in einzelnen Punkten optimiert werden.

Künftig sollen Instrumente vermehrt speziell dazu eingesetzt werden, die Einführung neuer oder strengerer Vorgaben zu unterstützen. Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen sind im Einklang mit den Zielen der Luftreinhaltung auszugestalten.

Für den Erfolg der Luftreinhaltungspolitik von ausschlaggebender Bedeutung ist der konsequente Vollzug durch die Kantone und teilweise die Gemeinden. Vermehrt muss regional und sektorübergreifend koordiniert werden. Ebenso wichtig ist es, im internationalen Austausch vom gegenseitigen Wissen zu profitieren und zugleich zu Emissionsminderungen über die Grenzen hinweg beizutragen.

Wenn in meteorologischen Ausnahmesituationen kurzfristig wirkende Massnahmen nötig sind, sollen zugleich Massnahmen mit langfristigen Wirkungen ausgelöst werden.

7. Luftreinhaltungsanforderungen müssen auch in der Landwirtschaftspolitik eingehalten werden

→ Kap. 4.3.1, Empfehlungen 15–19

Eine substanzielle Reduktion der Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft ist nicht nur nötig, sondern auch machbar. Die LRV ist durch Anforderungen an die Abluftreinigung zu ergänzen und der wirksame Vollzug der LRV bei Massnahmen baulicher und betrieblicher Natur durch eine enge Zusammenarbeit der Landwirtschafts- mit den Umweltbehörden sicherzustellen.

Der grosse Informationsbedarf der Behörden, Landwirte und Stallbauer speziell bezüglich der Ammoniakminderung erfordert vermehrte Anstrengungen bei der anwendungsorientierten Forschung und Beratung.

Bei der Ammoniakminderung kommt dem landwirtschaftlichen Direktzahlungssystem eine zentrale Rolle zu. Im Rahmen seiner Weiterentwicklung (AP 2017) sind nicht nur direkte Anreize zur Emissionsreduktion zu schaffen, sondern auch versteckte Anreize zu eliminieren, die zu einem Emissionsanstieg führen. Für gewisse Regionen ist die Frage nach Möglichkeiten und Konsequenzen einer Reduktion des Tierbestandes im Hinblick auf regionale sowie standortunabhängige gesamtökologische Verbesserungen näher zu untersuchen.

8. Auf die Synergien von Luftreinhaltung und Klima- sowie Energiepolitik setzen und Konflikte vermeiden

→ Kap. 4.3.2, Empfehlungen 20–23

Zwischen Luftreinhaltung und Klimaschutz bestehen ausgeprägte Synergien: Die Reduktion des Verbrauchs an Treib- und Brennstoffen führt in der Regel zu einer Verminderung von Luftschadstoffemissionen; die Minderung der Russ- und Ozonbelastung trägt ihrerseits mit rascher Wirkung zum Klimaschutz bei. Die schweizerische Luftreinhaltungspolitik hat bereits bisher wichtige Leistungen erbracht.

Die Synergien zwischen Luftreinhalte- und Energie- sowie Klimapolitik sind durch entsprechende Massnahmen im Inland zu nutzen. Massnahmen zur Reduktion von Russ, troposphärischem Ozon und Methan sind kurz- bis mittelfristig wirksame «win-win»-Massnahmen und sollten deshalb prioritär umgesetzt werden.

In bestimmten Fällen treten allerdings Zielkonflikte auf. Vereinzelt sind Vorschriften der LRV anzupassen. Im Übrigen sollte sich der Einsatz von öffentlichen Fördergeldern im Energiebereich auf Massnahmen konzentrieren, welche sowohl in Bezug auf das Klima als auch auf die Luftqualität eine positive Bilanz aufweisen.

9. Bei Fahrzeugtechnik und Verkehrsplanung die Anliegen der Luftreinhaltung berücksichtigen

→ Kap. 4.3.3 (keine spezifischen Empfehlungen)

Fahrzeug- und motorentechnische Massnahmen werden heute – ausser bei den Zweiradfahrzeugen – europäisch vorangetrieben (Kap. 3.2). Durch verschiedene Anreize kann die Erneuerung des Fahrzeugparks indirekt beschleunigt werden. Das Erreichen der Ziele von Luftreinhaltung und Klimapolitik verlangt jedoch zusätzlich Änderungen des Verhaltens der Bevölkerung wie vermehrtes Benutzen von Langsamverkehr und öffentlichem Verkehr. Zur Steuerung sind Massnahmen der Infrastruktur- (Kap. 4.3.4) und der Steuerpolitik (Kap. 4.3.6) einzusetzen.

10. Infrastrukturentscheide und -politik besser auf die Ziele der Luftreinhaltung abstimmen und die Luftreinhaltungsinstrumente besser auf den Raum beziehen

→ Kap. 4.3.4, Empfehlungen 24–26

Die mangelhafte Koordination zwischen der Infrastrukturpolitik und den Vorgaben der Luftreinhaltung und des Klimaschutzes ist eines der Haupthindernisse für einen nachhaltigen Erfolg von Luftreinhaltung und Klimaschutz. Sie verhindert namentlich, dass die ausgeprägten Synergien zwischen den Zielsetzungen der Raumplanung und denjenigen der Luftreinhaltungs- und Klimapolitik zum Tragen kommen.

Besonderes Augenmerk verlangen Massnahmen gegen die Zersiedelung und neue Schnittstellen beim Strassennetz. Dem soll mit Wirkungskriterien für die Planungen sowie einer Genehmigungspflicht für den Teil Nationalstrassenverkehr der kantonalen Massnahmenpläne begegnet werden. Zudem sollen die mit den Agglomerationsprogrammen eingeleiteten Entwicklungen weitergeführt und ausgeweitet werden.

11. Luftreinhaltung und Lärmschutz müssen sich gegenseitig noch besser unterstützen

→ Kap. 4.3.5, Empfehlung 27

Die Interessen von Luftreinhaltung und Lärmschutz verlaufen namentlich bezüglich der Belastung durch den Strassenverkehr weitgehend parallel: So führen betriebliche Massnahmen im einen Bereich zu Synergien im anderen Bereich. Dagegen sind bauliche Massnahmen zur Eindämmung der Ausbreitung von Lärm, aber auch Ausrüstungsmassnahmen von Strassen oder Fahrzeugen für die Luftreinhaltung im Allgemeinen ohne Belang; eine Ausnahme stellen bessere Reifen dar.

12. Die Luftreinhaltung durch Ökologisierung der Finanz- und Steuerordnung mitlenken

→ Kap. 4.3.6, Empfehlungen 28–30

Mittelfristig ist das schweizerische Steuersystem zu ökologisieren. Als erste Schritte in diese Richtung sollen die heutigen Lenkungsabgaben optimiert, andere bestehende Abgaben durch ökologische Komponenten angereichert und kontraproduktive Steuerbegünstigungen abgeschafft werden.

Um den Konsumenten die richtigen Signale zu vermitteln, sind die Preise für die Benützung der staatlich zur Verfügung gestellten Infrastrukturen und Dienstleistungen unter Berücksichtigung der externen Kosten festzulegen.

Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen (z. B. Energie, Landwirtschaft, Verkehr) sollen für die Einführung neuer Technologien genutzt und im Einklang mit den Luftreinhaltezielen ausgerichtet werden.

Empfehlungen der EKL an verschiedene Adressaten

Dieser Bericht richtet sich vor allem an die Behörden und zeigt auf, welche staatlichen Handlungsweisen die erst teilweise genügende Luftqualität weiter verbessern können.

In den Kapiteln 3 und 4 formuliert die EKL insgesamt 30 Empfehlungen zu verschiedenen Themen wie den Immissionsgrenzwerten und Emissionsbegrenzungen des USG oder den Massnahmen in anderen, konnexen Politikbereichen. Diese sind durchgehend nummeriert und in den Thesen der jeweiligen Kapitel (siehe auch die Zusammenstellung vorne S. 10) berücksichtigt.

Im Hinblick auf den noch bestehenden Handlungsbedarf sind nachfolgend die Empfehlungen der EKL nach Adressaten gruppiert. Zu beachten ist, dass die meisten Empfehlungen bei mehreren Adressaten erwähnt werden. Dies ergibt sich daraus, dass an der Umsetzung einzelner Massnahmen in der Regel mehrere Organe in unterschiedlichen Funktionen beteiligt sind.

Beispielsweise richtet sich Empfehlung 1 – Auch künftig wirkungsorientierte, am Stand der Wissenschaft orientierte und vollzugstaugliche Immissionsgrenzwerte erlassen – an

- die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL (unten Ziff. 1), die für den Erlass solcher Immissionsgrenzwerte die wissenschaftlichen Grundlagen bereit stellt;
- das BAFU und das UVEK (Ziff. 4), die das Geschäft, Anhang 7 LRV entsprechend zu ändern oder zu ergänzen, vorbereiten und
- den Bundesrat (Ziff. 3), in dessen Kompetenz es liegt, Verordnungsrecht zu erlassen.

Wie im Schlusswort ausgeführt, sind neben den Massnahmen der Behörden die Entscheidungen der Bevölkerung – bezüglich Raumtemperatur, Verkehrsmittelwahl usw. – für die Luftreinhaltung ebenfalls wichtig. Dieser Bericht spricht in einem weiteren Sinn auch sie an – in der Funktion als aktive Mitglieder unserer Gesellschaft sowie als Stimmbürgerinnen und Stimmbürger.

1. Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL

- Empfehlung 1: Auch künftig wirkungsorientierte, am Stand der Wissenschaft orientierte und vollzugstaugliche Immissionsgrenzwerte erlassen
- Empfehlung 2: Neben Immissionsgrenzwerten auch ausgewählte Beurteilungskriterien des Genfer Übereinkommens in der LRV verankern
- Empfehlung 3: Für kanzerogene Luftschadstoffe keine Immissionsgrenzwerte festsetzen, sondern das Minimierungspotenzial konsequent ausschöpfen

2. Bundesversammlung

- Empfehlung 11: Die Einführung neuer lufthygienischer Anforderungen mit geeigneten Instrumenten speziell unterstützen
- Empfehlung 12: Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen mit den Zielen der Luftreinhaltung in Einklang bringen
- Empfehlung 15: Luftreinhaltung in die Agrarpolitik integrieren
- Empfehlung 19: Stellenwert des Tierbestandes für die Minderung der Ammoniakemissionen berücksichtigen
- Empfehlung 20: Synergien zwischen Energiepolitik und Luftreinhaltung durch Massnahmen im Inland nutzen
- Empfehlung 21: Bei den Massnahmen mit Synergiewirkung prioritär solche zur Reduktion von Russ, troposphärischem Ozon und Methan treffen

- Empfehlung 23: Bei der Förderung im Energiebereich Konzentration auf Massnahmen, die auch eine positive Bilanz hinsichtlich Luftreinhaltung aufweisen
- Empfehlung 25: Kantonale Luft-Massnahmenpläne bezüglich des Nationalstrassenverkehrs durch den Bund überprüfen
- Empfehlung 26: Mit den Agglomerationsprogrammen eingeleitete Entwicklungen weiterführen und ausweiten
- Empfehlung 28: Abgaberecht ökologisieren
- Empfehlung 29: Das Verursacherprinzip konsequenter umsetzen und namentlich die externen Kosten der Luftverschmutzung in die Preise internalisieren
- Empfehlung 30: Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen zur schnelleren Einführung neuer Technologien nutzen und mit den Zielen der Luftreinhaltung in Einklang bringen

3. Bundesrat

- Empfehlung 1: Auch künftig wirkungsorientierte, am Stand der Wissenschaft orientierte und vollzugstaugliche Immissionsgrenzwerte erlassen
- Empfehlung 2: Neben Immissionsgrenzwerten auch ausgewählte Beurteilungskriterien des Genfer Übereinkommens in der LRV verankern
- Empfehlung 3: Für kanzerogene Luftschadstoffe keine Immissionsgrenzwerte festsetzen, sondern das Minimierungspotenzial konsequent ausschöpfen
- Empfehlung 4: Bedarfsgerechte, eng mit Luftreinhalte-Strategie und -Vollzug verknüpfte Immissions- und Emissionserhebungen weiterführen
- Empfehlung 6: Die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen konsequenter und mit innovationsfördernden Übergangsfristen an den Stand der Technik anpassen
- Empfehlung 7: Zusätzliche Vorschriften für bestimmte Anlagen und Produkte erlassen
- Empfehlung 8: Vorgaben für sporadisch auftretende ausserordentliche Betriebszustände bei Anlagen erlassen und Kontrollen verstärken
- Empfehlung 9: Zusätzliche Regelungen zur Emissionsreduktion in den Bereichen Landwirtschaft und Verkehr erlassen
- Empfehlung 11: Die Einführung neuer lufthygienischer Anforderungen mit geeigneten Instrumenten speziell unterstützen
- Empfehlung 12: Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen mit den Zielen der Luftreinhaltung in Einklang bringen
- Empfehlung 13: Kurzfristige Massnahmen in den langfristigen Kontext einbinden
- Empfehlung 14: Die internationale Zusammenarbeit zum Nutzen der schweizerischen Luftreinhaltungspolitik weiterführen
- Empfehlung 15: Luftreinhaltung in die Agrarpolitik integrieren
- Empfehlung 18: Anstrengungen in der landwirtschaftlichen Forschung und Beratung verstärken
- Empfehlung 19: Stellenwert des Tierbestandes für die Minderung der Ammoniakemissionen berücksichtigen
- Empfehlung 20: Synergien zwischen Energiepolitik und Luftreinhaltung durch Massnahmen im Inland nutzen
- Empfehlung 21: Bei den Massnahmen mit Synergiewirkung prioritär solche zur Reduktion von Russ, troposphärischem Ozon und Methan treffen
- Empfehlung 22: Die LRV hinsichtlich klimaschädlicher Emissionsreduktionsmassnahmen anpassen
- Empfehlung 23: Bei der Förderung im Energiebereich Konzentration auf Massnahmen, die auch eine positive Bilanz hinsichtlich Luftreinhaltung aufweisen
- Empfehlung 24: Griffige Wirkungskriterien für kantonale Richtpläne schaffen, die auch die Anliegen der Luftreinhaltung berücksichtigen
- Empfehlung 25: Kantonale Luft-Massnahmenpläne bezüglich des Nationalstrassenverkehrs durch den Bund überprüfen
- Empfehlung 26: Mit den Agglomerationsprogrammen eingeleitete Entwicklungen weiterführen und ausweiten

- Empfehlung 29: Das Verursacherprinzip konsequenter umsetzen und namentlich die externen Kosten der Luftverschmutzung in die Preise internalisieren
- Empfehlung 30: Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen zur schnelleren Einführung neuer Technologien nutzen und mit den Zielen der Luftreinhaltung in Einklang bringen

4. UVEK, BAFU und weitere Ämter

- Empfehlung 4: Bedarfsgerechte, eng mit Luftreinhalte-Strategie und -Vollzug verknüpfte Immissions- und Emissionserhebungen weiterführen
- Empfehlung 5: Fachkompetenz zur Beurteilung der Einwirkungen von Luftschadstoffen auf Mensch und Umwelt im BAFU aufrecht erhalten
- Empfehlung 6: Die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen konsequenter und mit innovationsfördernden Übergangsfristen an den Stand der Technik anpassen
- Empfehlung 7: Zusätzliche Vorschriften für bestimmte Anlagen und Produkte erlassen
- Empfehlung 8: Vorgaben für sporadisch auftretende ausserordentliche Betriebszustände bei Anlagen erlassen und Kontrollen verstärken
- Empfehlung 9: Zusätzliche Regelungen zur Emissionsreduktion in den Bereichen Landwirtschaft und Verkehr erlassen
- Empfehlung 10: Emissionsbegrenzungen konsequent durchsetzen und periodisch auf ihre Einhaltung sowie Wirkung überprüfen
- Empfehlung 13: Kurzfristige Massnahmen in den langfristigen Kontext einbinden
- Empfehlung 14: Die internationale Zusammenarbeit zum Nutzen der schweizerischen Luftreinhaltungspolitik weiterführen
- Empfehlung 20: Synergien zwischen Energiepolitik und Luftreinhaltung durch Massnahmen im Inland nutzen
- Empfehlung 21: Bei den Massnahmen mit Synergiewirkung prioritär solche zur Reduktion von Russ, troposphärischem Ozon und Methan treffen
- Empfehlung 22: Die LRV hinsichtlich klimaschädlicher Emissionsreduktionsmassnahmen anpassen
- Empfehlung 23: Bei der Förderung im Energiebereich Konzentration auf Massnahmen, die auch eine positive Bilanz hinsichtlich Luftreinhaltung aufweisen
- Empfehlung 24: Griffige Wirkungskriterien für kantonale Richtpläne schaffen, die auch die Anliegen der Luftreinhaltung berücksichtigen
- Empfehlung 25: Kantonale Luft-Massnahmenpläne bezüglich des Nationalstrassenverkehrs durch den Bund überprüfen
- Empfehlung 26: Mit den Agglomerationsprogrammen eingeleitete Entwicklungen weiterführen und ausweiten
- Empfehlung 29: Das Verursacherprinzip konsequenter umsetzen und namentlich die externen Kosten der Luftverschmutzung in die Preise internalisieren
- Empfehlung 30: Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen zur schnelleren Einführung neuer Technologien nutzen und mit den Zielen der Luftreinhaltung in Einklang bringen

5. Andere Departemente

- Empfehlung 9: Zusätzliche Regelungen zur Emissionsreduktion in den Bereichen Landwirtschaft und Verkehr erlassen
- Empfehlung 10: Emissionsbegrenzungen konsequent durchsetzen und periodisch auf ihre Einhaltung sowie Wirkung überprüfen
- Empfehlung 15: Luftreinhaltung in die Agrarpolitik integrieren
- Empfehlung 18: Anstrengungen in der landwirtschaftlichen Forschung und Beratung verstärken
- Empfehlung 19: Stellenwert des Tierbestandes für die Minderung der Ammoniakemissionen berücksichtigen
- Empfehlung 20: Synergien zwischen Energiepolitik und Luftreinhaltung durch Massnahmen im Inland nutzen

- Empfehlung 21: Bei den Massnahmen mit Synergiewirkung prioritär solche zur Reduktion von Russ, troposphärischem Ozon und Methan treffen
- Empfehlung 28: Abgaberecht ökologisieren
- Empfehlung 29: Das Verursacherprinzip konsequenter umsetzen und namentlich die externen Kosten der Luftverschmutzung in die Preise internalisieren
- Empfehlung 30: Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen zur schnelleren Einführung neuer Technologien nutzen und mit den Zielen der Luftreinhaltung in Einklang bringen

6. Kantone (Rechtsetzung und Vollzug)

- Empfehlung 11: Emissionsbegrenzungen konsequent vollziehen und periodisch auf ihre Einhaltung sowie Wirkung überprüfen
- Empfehlung 12: Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen mit den Zielen der Luftreinhaltung in Einklang bringen
- Empfehlung 13: Kurzfristige Massnahmen in den langfristigen Kontext einbinden
- Empfehlung 15: Luftreinhaltung in die Agrarpolitik integrieren
- Empfehlung 16: Im kantonalen Vollzug Ammoniakminderung durchsetzen
- Empfehlung 17: Kantonale Vollzugsstrukturen verbessern
- Empfehlung 18: Anstrengungen in der landwirtschaftlichen Forschung und Beratung verstärken
- Empfehlung 19: Stellenwert des Tierbestandes für die Minderung der Ammoniakemissionen berücksichtigen
- Empfehlung 20: Synergien zwischen Energiepolitik und Luftreinhaltung durch Massnahmen im Inland nutzen
- Empfehlung 21: Bei den Massnahmen mit Synergiewirkung prioritär solche zur Reduktion von Russ, troposphärischem Ozon und Methan treffen
- Empfehlung 23: Bei der Förderung im Energiebereich Konzentration auf Massnahmen, die auch eine positive Bilanz hinsichtlich Luftreinhaltung aufweisen
- Empfehlung 25: Kantonale Luft-Massnahmenpläne bezüglich des Nationalstrassenverkehrs durch den Bund überprüfen
- Empfehlung 26: Mit den Agglomerationsprogrammen eingeleitete Entwicklungen weiterführen und ausweiten
- Empfehlung 27: Synergien zwischen Anforderungen der Luftreinhaltung und des Lärmschutzes durch nichttechnische Massnahmen nutzen
- Empfehlung 28: Abgaberecht ökologisieren
- Empfehlung 29: Das Verursacherprinzip konsequenter umsetzen und namentlich die externen Kosten der Luftverschmutzung in die Preise internalisieren
- Empfehlung 30: Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen zur schnelleren Einführung neuer Technologien nutzen und mit den Zielen der Luftreinhaltung in Einklang bringen

7. Kantonale Direktorenkonferenzen (Koordinationsaufgaben)

- Empfehlung 17: Kantonale Vollzugsstrukturen verbessern
- Empfehlung 21: Bei den Massnahmen mit Synergiewirkung prioritär solche zur Reduktion von Russ, troposphärischem Ozon und Methan treffen
- Empfehlung 25: Kantonale Luft-Massnahmenpläne bezüglich des Nationalstrassenverkehrs durch den Bund überprüfen
- Empfehlung 28: Abgaberecht ökologisieren
- Empfehlung 30: Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen zur schnelleren Einführung neuer Technologien nutzen und mit den Zielen der Luftreinhaltung in Einklang bringen

8. Organisationen von Vollzugsfachleuten, weitere Fachorganisationen

- Empfehlung 15: Luftreinhaltung in die Agrarpolitik integrieren

- Empfehlung 16: Im kantonalen Vollzug Ammoniakminderung durchsetzen
- Empfehlung 17: Kantonale Vollzugsstrukturen verbessern
- Empfehlung 18: Anstrengungen in der landwirtschaftlichen Forschung und Beratung verstärken
- Empfehlung 19: Stellenwert des Tierbestandes für die Minderung der Ammoniakemissionen berücksichtigen
- Empfehlung 20: Synergien zwischen Energiepolitik und Luftreinhaltung durch Massnahmen im Inland nutzen
- Empfehlung 23: Bei der Förderung im Energiebereich Konzentration auf Massnahmen, die auch eine positive Bilanz hinsichtlich Luftreinhaltung aufweisen
- Empfehlung 26: Mit den Agglomerationsprogrammen eingeleitete Entwicklungen weiterführen und ausweiten

9. Weitere – Landwirtschaftliche Forschungsanstalten:

- Empfehlung 18: Anstrengungen in der landwirtschaftlichen Forschung und Beratung verstärken

1 Zu diesem Bericht: Einleitung

1.1 Aufgabe der EKL

Im Jahr 1961 setzte das damalige Departement des Innern zur Beantwortung eines parlamentarischen Vorstosses eine nichtständige, konsultative Kommission für Lufthygiene ein. Sie hatte über den Stand der Kenntnisse zur Luftverunreinigung in der Schweiz und die Möglichkeiten ihrer Feststellung, über die bisher bekannten Auswirkungen und die bestehenden Vorkehren sowie schliesslich über die Möglichkeiten zu deren Bekämpfung in rechtlicher, technischer und wirtschaftlicher Hinsicht zu berichten. Die Kommission kam diesem Auftrag in zwei Berichten – von 1961 und 1967 – nach. Die Regelungen zum Immissionsschutz im ersten Vorentwurf für ein Umweltschutzgesetz vom Jahr 1973 basierten im Wesentlichen auf diesen Berichten. Im USG wurde dieser Ansatz zu einer konsistenten zweistufigen Strategie ausgebaut.

Nach dem Inkrafttreten des USG am 1. Januar 1985 und der LRV am 1. März 1986 setzte der Bundesrat im Juli 1986 die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) als ständiges Beratungsgremium ein. Sie erhielt den Auftrag, das zuständige Departement bzw. Amt in wissenschaftlich-methodischen Fragen der Luftreinhaltung zu beraten. Soweit möglich und zweckmässig hat sie zu den ihr unterbreiteten Vorlagen und Entwürfen Alternativvorschläge vorzulegen.

In der Folge fokussierte die EKL ihre Tätigkeit auf die Erarbeitung und Überprüfung der Grundlagen für die Festlegung der Immissionsgrenzwerte gemäss dem Stand der Wissenschaft und der Erfahrung im Sinne von Art. 13 und 14 USG, wie sie in Anhang 7 LRV festgelegt sind. Der letzte ihrer Berichte zu bestimmten Luftschadstoffen befasste sich mit dem Feinstaub (2008). Dieses Thema wird die Kommission 2011 wieder aufgreifen, um nochmals zu prüfen, ob gemäss dem Stand der Wissenschaft und Erfahrung für die Beurteilung der Feinstaub-Belastung weiterhin mit den geltenden Immissionsgrenzwerten gearbeitet oder allenfalls kleinere Partikel als Massstab genommen werden sollen.

In den vorhergehenden Jahren untersuchte die Kommission stickstoffhaltige Luftschadstoffe (2005), den Sommersmog (2004), Benzol (2003), Schwebestaub (1996), das Krebsrisiko von Diesel- und Benzinmotorabgasen (1994), Ozon (1993 und 1989) sowie Episoden erhöhter Stickstoffdioxid-Immissionen (1991).

Dass inzwischen 25 Jahre seit dem Inkrafttreten des USG und der LRV vergangen sind, war der EKL Anlass, die Resultate der Luftreinhaltungspolitik dieses Vierteljahrhunderts unter die Lupe zu nehmen und zugleich einen Ausblick vorzunehmen.

Aussenluft – Innenluft

Die EKL befasst sich gemäss ihrem Auftrag mit der Aussenluft, die auf Mensch und Umwelt einwirkt.

Schadstoffe in der Innenraumluft stammen wie auch jene in der Aussenluft aus vielfältigen Quellen. Von ausschlaggebender Bedeutung für die Qualität der Innenluft sind die Wahl geeigneter Baustoffe sowie Materialien und Geräte für die Innenausstattung von Wohn- und Arbeitsräumen, im Speziellen aber das persönliche Verhalten (Rauchen) und die Gewährleistung einer genügenden Frischluftzufuhr. Die Belastung der Aussenluft (z. B. durch Verkehrsachse oder Holzfeuerungen im Quartier) beeinträchtigt die Innenluft aufgrund des Luftaustausches. Eine Verminderung der Lüftung schwächt diesen Einfluss zwar etwas ab, führt jedoch zu einer Anreicherung sämtlicher Schadstoffe aus der Nutzung (Stoffwechsel der Bewohner) und aus Quellen im Raum.

Art. 29 Chemikaliengesetz beauftragt den Bund, die Bevölkerung über Schadstoffe in der Innenluft zu informieren (Fachstelle Wohngifte des Bundesamtes für Gesundheit). Für die Reduktion der Belastung der Innenluft kennt das schweizerische Recht kein spezifisches, dem zweistufigen Immissionsschutz entsprechendes Konzept. Die Vorschriften sind lückenhaft und in unterschiedlichen Erlassen des Bundes oder der Kantone verteilt.

1.2 Zur Entstehung dieses Berichts

1.2.1 Arbeitsweise

Der vorliegende Bericht wurde von den Mitgliedern der EKL an ihrer Sitzung vom 17. Mai 2010 gesamt-haft verabschiedet. Der vorliegende Bericht ist ein in mehreren Runden erarbeitetes Konsensdokument der in der EKL vertretenen Fachpersonen. Sie haben ihre Erfahrung und ihr Wissen aus den verschiedenen Disziplinen und Arbeitsgebieten eingebracht. Zudem wurden Fachleute aus verschiedenen Gebieten eingeladen und angehört. Der Bericht gibt nun den Stand des Wissens der Kommission als einer Gruppe von Experten wieder.

1.2.2 Arbeitsgrundlagen

Für die Erstellung dieses Berichts hat die EKL auf vielfältiges Material zurückgegriffen. Auf detailliertes Belegen der verschiedenen Aussagen wurde verzichtet, da der Bericht zwar im Wesentlichen wissenschaftlichen Kriterien standhalten muss, aber nicht an ein wissenschaftliches Publikum gerichtet ist. Statt Belege in Fussnoten enthält deshalb jedes Kapitel am Schluss eine Zusammenstellung der wesentlichen Literatur und anderer Informationsquellen, die teilweise auf dem Internet abrufbar sind. Zur Übersicht gliedert die Dokumentation am Schluss dieses Berichts diese Angaben sowohl nach den Themen dieses Berichts wie auch alphabetisch.

1.3 Anlage dieses Berichts

1.3.1 Zum Inhalt: Rück- und Ausblick

Die messbaren Auswirkungen der bisherigen Anstrengungen zur Luftschadstoffreduktion lassen sich dank dem nationalen Messnetz NABEL (→ Kap. 2.3.3) darstellen. Für alle Luftfremdstoffe, für die ein Immissionsgrenzwert im Anhang 7 LRV festgelegt ist, bestehen langjährige Messreihen. Sie belegen die Entwicklung und die Verbesserung der Luftqualität gegenüber dem Zeitpunkt des Inkrafttretens des USG in Zahlen.

Für den Ausblick, den die EKL mit diesem Bericht vorlegt, stützt sie sich unter anderem auf den Bericht des Bundesrates vom 11. September 2009 zum Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes (im Folgenden zitiert als LRK 2009), der vielfältige Massnahmen zum Abbau der weiterhin übermässigen Luftbelastung benennt. Die Aussagen im LRK 2009 zu den nötigen Emissionsreduktionen beruhen hauptsächlich auf Resultaten der nationalen und internationalen Forschung sowie auf dem Expertenwissen inner- und ausserhalb der Bundesverwaltung. Wesentlich für die Beurteilung der noch erforderlichen Anstrengungen sind auch verschiedene Untersuchungen, Berichte und politische Vorhaben internationaler Organisationen wie der WHO, der UNECE sowie der EU.

Im Vergleich zum LRK 2009 dehnt der vorliegende Bericht aber den betrachteten Horizont aus. So stellen wir – anders als der Bundesrat als politisches Organ – die Frage nach den notwendigen Massnahmen nicht primär aus der Warte der geltenden gesetzlichen Grundlagen. Aus einer Sicht *de lege ferenda* – also mit Blick auf die Rechtsetzung – ist es uns ein besonderes Anliegen, Interessenunterschiede und -übereinstimmungen im Verhältnis zu anderen Politikbereichen zu thematisieren und auf Synergien und Widersprüche hinsichtlich der Massnahmen unterschiedlicher Politikbereiche hinzuweisen. Wir gehen deshalb auf die Bereiche Energie und Klima, Landwirtschaft, Lärm, Raumplanung und Verkehr sowie Finanzen und Steuern näher ein.

Auch beziehen wir regelmässig die Kompetenzebene der Kantone wegen ihrer bedeutenden Beiträge zur Luftreinhaltung ein und stellen sie ergänzend neben die Aufgaben und Handlungsmöglichkeiten des Bundes. Zudem ist es uns wichtig, die Bezüge zur internationalen Ebene hervorzuheben.

Wir weisen bewusst auch dort auf Handlungsbedarf hin, wo wir (noch) nicht mit breiter politischer Akzeptanz rechnen können. Allerdings gehen wir davon aus, dass sich politische Einschätzungen nicht zuletzt aufgrund der Klimaerwärmung und der mit ihr verbundenen Entwicklungen im Laufe der kommenden Jahre verändern werden. Mit den dadurch erforderlich werdenden Massnahmen grundsätzlich gleichlaufend ist auch die Vision einer 2000-Watt-Gesellschaft. Diese Einleitung ergänzen wir deshalb mit einem Streiflicht auf die für die Luftreinhaltung wichtigsten Aspekte dieser beiden Herausforderungen (→ Kap. 1.4.2).

In dieser Einleitung vorweg behandeln wir zudem – als übergreifendes Thema – die Umweltfolgen des hohen Wohlstands in der Schweiz und des dadurch ermöglichten Konsums (→ Kap. 1.4.1). Dieser besondere Aspekt der Rahmenbedingungen darf nicht ausgeblendet werden, auch wenn er sich nicht in jedem der nachfolgenden Kapitel spezifisch benennen oder näher ausführen lässt.

Zur Abrundung fügen wir sodann einige Bemerkungen zum Konzept der Luft als Ressource an (→ Kap. 1.4.3).

1.3.2 Zur Beurteilung des Standes und der Entwicklung der Luftqualität

In Kapitel 2.3 wird die bisherige Entwicklung der Luftverschmutzung in der Schweiz näher dargestellt, während Kapitel 4.1 den künftigen Handlungsbedarf und die Schlüsselgrössen im Hinblick auf die Zielerreichung präsentiert. Es handelt sich dabei um die gleichen Grundlagen, die der Bundesrat im LRK 2009 verarbeitet hat. Allerdings ist die EKL bei ihrer Interpretation der bisherigen und der künftigen Entwicklung in der Tendenz skeptischer als der Bundesrat. Um die Vergleichbarkeit der Aussagen zu gewährleisten, übernimmt die EKL das vom Bundesrat für seine Prognosen gewählte Stichjahr 2020.

Die Beurteilung der Luftqualität durch die EKL lässt sich in drei Punkten zusammenfassen:

- Insgesamt ist bis 2020 mit einer gegenüber dem Ausgangsjahr 1985 deutlichen Verbesserung der Luftqualität zu rechnen. Bereits heute liegt die Belastung mit Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Schwermetallen unter der Schwelle der Schädlichkeit.
- Bis zum Stichjahr sollten auch beim Stickstoffdioxid die Immissionsgrenzwerte eingehalten und die Emissionen der flüchtigen organischen Verbindungen im erforderlichen Mass gesenkt werden können.
- Hingegen ist die EKL skeptisch, dass bis dahin die notwendigen generellen Reduktionen ebenfalls bezüglich Feinstaub, Ozon und Stickstoffeinträgen (vor allem durch Ammoniak) erreicht werden können. Die Bevölkerungsexposition sollte indessen insgesamt stark abnehmen. Aber auch soweit die Luftqualität im Jahr 2020 weiträumig als nicht schädlich oder lästig gelten wird, ist weiterhin punktuell – das heisst räumlich beschränkt oder bei bestimmten meteorologischen Situationen zeitlich befristet – mit Problemen zu rechnen.

1.3.3 Zum weiteren Handlungsbedarf

Die Industrieanlagen und fossilen Feuerungen sind in der Schweiz weitgehend saniert, der Fahrzeugpark weist international betrachtet einen hohen lufthygienischen Standard auf. Dies hat massgeblich zur Verbesserung der Luftqualität beigetragen. Das Instrumentarium des USG mit den Immissionsgrenzwerten zur Bewertung der Luftqualität und dem Katalog von Emissionsbegrenzungsmaßnahmen, die gemäss dem zweistufigen Immissionsschutzkonzept einzusetzen sind, haben sich grundsätzlich bewährt. Für diese beiden Pfeiler des schweizerischen Luftreinhalteungsrechts enthalten die Kapitel 3.1 und 3.2 Bewertungen und Empfehlungen im Hinblick auf die noch bestehenden Herausforderungen.

Dies allein genügt aber für die Erreichung der Luftreinhaltungsziele nicht. Die hauptsächlich für die Umsetzung der luftbezogenen Vorschriften des USG verantwortlichen Kantone bzw. kantonale Fachstellen können die noch bestehenden Probleme nicht allein lösen. Es ist deshalb unumgänglich, lufthygienische Aspekte in verschiedene andere Politikbereiche und in die Aufträge weiterer Verwaltungsstellen von Kantonen und Bund einzubringen. Auch internationale Verflechtungen bzw. Zuständigkeiten spielen eine wichtige Rolle. Die EKL hat sich für ihre Empfehlungen insofern keine Grenzen gesetzt.

Bei der Erarbeitung von Empfehlungen zu den noch nötigen Massnahmen war das LRK 2009 des Bundesrates für die EKL eine sehr wertvolle Grundlage. Wegen des erweiterten Blickwinkels (→ Kap. 1.3.1) gehen wir indessen mit unseren Empfehlungen über jene des Bundesrates hinaus. Da wir im Wesentlichen das gleiche Ziel vor Augen haben wie der Bundesrat, beziehen wir uns im Folgenden weder dort, wo wir mit dem Bundesrat übereinstimmen, noch dort, wo wir anderes oder Zusätzliches empfehlen, spezifisch auf das LRK 2009. An dieser Stelle weisen wir aber darauf hin, dass das LRK 2009 im Bereich Landwirtschaft enttäuscht hat, indem es für die Agrarpolitik – bei grossem Handlungsbedarf und im Unterschied zu anderen für die Luftreinhaltung relevanten Politikbereichen – keine Beschlüsse enthält, sondern nur mögliche Massnahmen auflistet. Immerhin können wir uns auf diese beziehen.

Grundlage unserer Empfehlungen ist die Analyse der verbleibenden lufthygienischen Herausforderungen nach den Hauptemittenten und den Problemschadstoffen (→ Kap. 4.1). Sie erlaubt Aussagen zu den Schlüsselgrössen für die Schadstoffentwicklung. Bei der Identifizierung und Bewertung von Handlungsmöglichkeiten spielen die bisherigen Erfahrungen in der Schweiz sowie im industrialisierten Ausland eine wichtige Rolle. Wir haben uns unter anderem von Ergebnissen der vergleichenden Forschung zur Umweltpolitik leiten lassen.

Unsere Beurteilung der bisherigen Leistungen der Luftreinhaltungspolitik auf der Basis des zweistufigen Immissionsschutzes gemäss USG (→ Kap. 2.4.1.1) fällt wie eingangs erwähnt grundsätzlich positiv aus. In Kapitel 4.2 weisen wir deshalb zunächst darauf hin, inwiefern Erfolgreiches weiterzuführen und vor allem auch auszubauen und zu optimieren ist.

Das Hauptgewicht legen wir indessen auf die Ausführungen in Kapitel 4.3. Wir empfehlen zum einen, die künftigen Anstrengungen zur Verbesserung der Luftqualität in Schwerpunkte *ausserhalb* der Umweltpolitik zu legen. Im Vordergrund stehen die Landwirtschafts-, die Energie- und Klimapolitik sowie die Finanz- und Steuerpolitik. Zum anderen ist es uns ein Anliegen, dass den Schnittstellen mit anderen Bereichen wie der Infrastruktur- sowie der Verkehrspolitik und der Lärmbekämpfung gebührend Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Luftreinhaltung in diesem Sinn als Querschnittsaufgabe an die Hand zu nehmen, wird die Wirksamkeit der Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität nach Ansicht der EKL vergrössern. Die Aufgabe wird dadurch komplexer und verlangt von allen Beteiligten ausser Kooperation auch Offenheit für die Interessen, Rahmenbedingungen und Kultur anderer Politikbereiche. Da dadurch auch die Kohärenz des staatlichen Handelns verbessert wird, versprechen wir uns von diesem Zusatzaufwand einen grösseren Zusatznutzen.

1.3.4 Zu den Thesen und Empfehlungen dieses Berichts

Die meisten Kapitel dieses Berichts werden mit Empfehlungen zuhanden unterschiedlicher Adressaten abgeschlossen. Sie repräsentieren jene Auswahl von Handlungsoptionen, die der EKL als wirksam und vordringlich erscheint, erarbeitet auf der im entsprechenden Kapitel dargelegten Ausgangslage und dem daraus abgeleiteten Handlungsbedarf. Dabei hat die Kommission in der Regel Schwerpunkte definiert oder besonders wichtige Lücken identifiziert.

Jedem Kapitel vorangestellt sind Thesen. Sie bestehen aus dem Titel des Kapitels, der die Essenz unserer Aussagen und die Handlungsrichtung wiedergibt, sowie einer Zusammenfassung der Empfehlungen zu diesem Kapitel. Diese Thesen finden sich zu Beginn des Berichts unter dem Titel «In Kürze» zusammengestellt.

Ebenfalls im Eingangsteil des Berichts sind alle Empfehlungen aufgelistet, und zwar gruppiert nach ihren Adressaten, da wir mit unserem Bericht auf weitere Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität hinarbeiten. Dieses Vorgehen führt dazu, dass gewisse Empfehlungen mehrfach vorkommen, weil sie beispielsweise sowohl an den Bund als auch an die Kantone gerichtet sind.

1.4 Zum Umfeld der Luftreinhaltungspolitik

1.4.1 Konsum

Die Schweiz hat seit der Mitte des letzten Jahrhunderts eine Periode von grossem und früher unbekanntem Wohlstand erlebt. Die Lebenserwartung hat sich in dieser Zeit erheblich erhöht. Im Speziellen ist die Kindersterblichkeit gesunken, und viele einst lebensbedrohende oder die Lebensqualität stark beeinträchtigende Krankheiten sind heute in der Schweiz praktisch verschwunden oder zumindest behandelbar. In diesen Jahrzehnten sind die Ansprüche weiter Bevölkerungskreise mehr oder weniger parallel zum ökonomischen Wachstum angestiegen. Der Alltag in den 1950er-Jahren ist mit unserem heutigen Lebensstil in vielem kaum mehr vergleichbar; exemplarisch erwähnt seien die heutigen Ernährungsgewohnheiten (etwa Fleischkonsum oder Convenience-Produkte), das Mobilitätsverhalten (beispielsweise Wochenendreisen) oder der finanzielle Spielraum für Anschaffungen aller Art (Möbel und Haushaltgeräte, Unterhaltungselektronik usw.). Auch die staatlichen Dienstleistungen und Infrastrukturen wurden stark ausgeweitet; sie und teils auch ihr weiterer Ausbau erscheinen heute als selbstverständlich.

Weder ist es die Aufgabe noch der Anspruch der EKL, die Notwendigkeit von Veränderungen beim Lebensstil zu propagieren. Wir erlauben uns jedoch, den politischen Adressaten dieses Berichts nahe zu legen, nicht jede Nachfrage nach Dienstleistungen oder Infrastrukturen mit einem Angebot zu beantworten. Dass das Verkehrswachstum massgeblich durch Verkehrsangebote geschaffen wurde, kann heute als allgemein anerkannter Zusammenhang gelten. Soweit ein Markt vorhanden ist, wird ein grösseres Angebot auch zu mehr Nutzung bzw. Konsum führen. Vermehrter Konsum – ob bezüglich Dienstleistungen oder Infrastrukturen – erhöht indessen den Druck auf die Umwelt.

Eine weitere entscheidende Verbesserung der Luftqualität lässt sich nach Ansicht der EKL nur erreichen, wenn der Konsum künftig nicht ständig ausgeweitet wird. Ein einziges Beispiel soll – exemplarisch verstanden – illustrieren, wie wirtschaftliches Wachstum quasi automatisch auch zu einem Anwachsen der Luftbelastung führt bzw. die durch technischen Massnahmen erreichbare Verbesserung der Luftqualität vermindert.

Die Siedlungsfläche unter Einschluss der Verkehrsflächen ist in den letzten dreissig Jahren stark gewachsen. Gewachsen ist die Bevölkerung; gewachsen sind die Raumbedürfnisse pro Person; gewachsen, aber inzwischen wieder abgeflacht sind die durchschnittlichen zurückgelegten Distanzen zur Arbeit bzw. Ausbildung pro Tag, während der Trend bei den Distanzen der Freizeitmobilität weiter aufwärts geht. Dieses Wachstum hat unter anderem zu einem erheblich vergrösserten Volumen beheizter Bauten geführt. Beim Arbeits- und Ausbildungsverkehr kommen die Vorteile des ausgebauten öffentlichen Verkehrs zum Tragen, doch wirkt sich negativ aus, dass die besseren Angebote zu einer stärkeren Zersiedelung führen. Das Wachstum von Siedlungen und Mobilität lässt – je nach Emissionsquelle in unterschiedlicher Weise – die durch erhöhte Wirksamkeit und verbesserte Schadstoffkennzahlen erreichten lufthygienischen Gewinne zusammenschmelzen oder sich gar ins Gegenteil kehren.

1.4.2 Energie- und klimapolitische Langzeitziele

Die Luftreinhaltungspolitik steht in einem engen Zusammenhang mit Anstrengungen, den Energieverbrauch – und speziell jenen der fossilen Energien – stark zu reduzieren und ebenso spürbar den Ausstoss von Klimagasen herabzusetzen. Beide Herausforderungen sind enorm und lassen sich nur auf der Basis ehrgeiziger nationaler Massnahmen in internationaler Kooperation bewältigen.

Zurzeit ist schwer voraussehbar, wie sich die internationalen Anstrengungen zur Reduktion von Klimagasen im Rahmen der UNO-Klimakonvention entwickeln werden. Die Kopenhagener Konferenz blieb bekanntlich ohne bindende Reduktionsverpflichtungen; wann nächste verbindliche Entscheide gefällt werden und ob man sich dabei auf wirksame Massnahmen wird einigen können, ist unklar. Es ist jedoch nicht auszuschliessen, dass die fortschreitende Erwärmung des Klimas bereits in näherer Zukunft zu Auswirkungen führt, die entweder genügend Druck für planvolles Handeln der internationalen Gemeinschaft erzeugen oder schnelle, allerdings möglicherweise nur ungenügend koordinierbare Reaktionen erfordern. In diesem Kontext könnte es schwierig werden, den Anliegen der Luftreinhaltung mit ihrem Fokus auf nationalen Massnahmen die gebührende Unterstützung zu verschaffen. Umgekehrt ist denkbar, dass diese Anliegen in einer solchen Konstellation dank der weitgehend gleich laufenden Interessen (→ Kap. 4.3.2) bessere Chancen zur Umsetzung erhalten.

Vor mehr als zehn Jahren wurde das Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft entwickelt. Zentrale Elemente des Konzepts sind eine starke Effizienzsteigerung bei der Energieverwendung, die Förderung der erneuerbaren Energien, um die fossilen zu ersetzen, aber auch die Förderung von neuen Lebens- und Unternehmensformen, die mit einem Drittel des heutigen Energieleistungsbedarfs auskommen. Das Ziel der 2000-Watt-Gesellschaft wurde vereinzelt auf lokaler Ebene verankert, so in der Gemeindeordnung der Stadt Zürich, ist indessen für die eidgenössischen Politik noch nicht verbindlich. Doch hat der Bundesrat das Konzept in seiner Strategie Nachhaltige Entwicklung 2008–2011 aufgegriffen und erklärt, mit einer langfristigen Optik – für das Jahr 2100 – zu prüfen, wie der Weg zu einer 2000 Watt-Gesellschaft auszugestalten wäre. In den Regionen Basel, Genf und Zürich werden seit einigen Jahren in Zusammenarbeit zwischen Novatlantis an der ETH Zürich und den städtischen bzw. kantonalen Organen Projekte zur Umsetzung der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft durchgeführt. Diese Anstrengungen fördern grundsätzlich die Anliegen der Luftreinhaltungspolitik (→ Kap. 4.3.2), doch ist heute wie bei der Klimapolitik die Entwicklung nur schwer absehbar.

In unserem Bericht können wir die Unwägbarkeiten der hier angesprochenen Entwicklungen nicht berücksichtigen. Wir nehmen vielmehr Bezug auf die im bundesrätlichen Bericht LRK 2009 aufgearbeiteten Grundlagen.

1.4.3 Luft als Ressource

Der Verfassungsauftrag von Art. 74 BV ist als *Schutzaufgabe* formuliert: Mensch und Umwelt sollen *vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen geschützt* werden. In der ursprünglichen Fassung von Art. 24septies aBV wurde der allgemeine Auftrag mit dem Zusatz ergänzt, dass der Bund «insbesondere die Luftverunreinigung und den Lärm» zu bekämpfen habe.

Heute gehört zudem die dauerhafte Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen (Art. 2 Abs. 4 BV) zu den Zwecken der Eidgenossenschaft. Art. 73 BV verlangt sodann ein auf Dauer ausgewogenes Verhältnis zwischen der Natur und ihrer Erneuerungsfähigkeit einerseits und ihrer Beanspruchung durch den Menschen andererseits. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) sieht sich deshalb auch der *nachhaltigen Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen* verpflichtet, ohne die Behebung bestehender Beeinträchtigungen zu vernachlässigen.

Das Umweltschutzgesetz, das bereits 1985 in Kraft trat, hat zum Ziel, Menschen, Tiere, Pflanzen, deren Lebensräume und Lebensgemeinschaften sowie den Boden namentlich vor *schädlichen oder lästigen Luftverunreinigungen zu schützen* (Art. 1 Abs. 1 USG). Für die EKL ist dieser Ansatz nach wie vor massgebend und überzeugend.

Luft lässt sich allerdings durchaus auch als Ressource – als Element des von der Natur zur Verfügung gestellten Kapitals – beschreiben. So betrachtet interessiert die Luft einerseits als Grundlage allen Lebens sowie als Betriebsmittel für die Energiegewinnung und Güterproduktion; andererseits steht die Funktion der Ressource Luft als Schadstoffsенke im Blickfeld (→ Kasten).

Luft als Ressource

Als Atemluft ist die Luft unmittelbare Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen: Die Luft ist für sie ein Lebens-Mittel. Für diese Lebewesen ist die Qualität der Luft von wesentlicher Bedeutung: Sie brauchen saubere Luft, die möglichst wenig durch Schadstoffe belastet ist (→ Kap. 2.2).

Als Lebensgrundlage steht die Luft allen Menschen, Tieren und Pflanzen zur Nutzung offen. Luft wird darum in dem Mass konsumiert, das für die jeweiligen Bedürfnisse optimal ist. Zum Schutz der Luft als Ressource können keine Nutzungs- oder Zugangsbeschränkungen angeordnet werden. Weil die Luft allen in gleichem Masse gehört, entwickeln wir Menschen dieser Ressource gegenüber auch kaum ein Verantwortungsgefühl.

Sodann ist die Ressource Luft auch in indirekter Weise Teil unserer Lebensgrundlagen. Vermittelt über technische Verfahren ist Luft ein unentbehrlicher Reaktionspartner für Verbrennungsprozesse aller Art, also zur Energiegewinnung für die Fortbewegung, Wärmeversorgung und zur Produktion von Gütern. Die Qualität der Luft spielt für diese Funktion allerdings keine wesentliche Rolle. Ein Preis ist auch für Luft als Produktionsmittel nicht zu bezahlen.

Luft wird indessen nicht nur produktiv genutzt, sondern dient – wie das Wasser – auch als Aufnahmemedium für Schadstoffe: als Schadstoffsенke in der Sprache der Wissenschaft, als Kehrichtkübel in der Umgangssprache.

Die Schadstoffe, die in die Luft eingebracht werden, entstehen durch die Erzeugung und den Konsum von Energie und Gütern in zahlreichen unterschiedlichen Prozessen. Die Folgen sind «Veränderungen des natürlichen Zustandes der Luft, namentlich durch Rauch, Russ, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe, Geruch oder Abwärme», d. h. Luftverunreinigungen (Art. 7 Abs. 3 USG). Diese belasten Menschen, Tiere und Pflanzen sowie ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume, die eigentlich auf die Ressource Luft in guter Qualität – als saubere Luft – angewiesen wären.

Im Gegensatz zu den Ressourcen Boden, Landschaft oder Wald ist die Luft beweglich. Das hat zur Folge, dass Luftverunreinigungen unverteilt und verdünnt werden. Neben grossräumigen Schadstoffverfrachtungen kennen wir auch lokale Staulagen (Wintersmog). An die Luft abgegebene Schadstoffe bleiben indessen nicht immer in der Luft: Jede Emission von Schadstoffen in die Luft führt nach Verfrachtungs- und Umwandlungsprozessen zu einer zusätzlichen Belastung von Menschen oder Ökosystemen. Dies kann nur teilweise durch Regenerationsmechanismen wie Photosynthese, Verdünnung oder fotochemische Prozesse ausgeglichen werden.

Der weiterhin hohe Güterkonsum, die noch immer wachsende Mobilität und der steigende Wohnkomfort in unserem Land werden die Funktion der Luft als Schadstoffsенke auch künftig stark in Anspruch nehmen. In Ballungsräumen sowie in Gebieten mit ungenügendem Luftaustausch fehlt es deshalb zeitweise oder dauerhaft an guter Luftqualität.

1.5 Dokumentation

Ammann L. 2000: Historisches Screening institutioneller Regime der Ressource Luft (1870–2000), Arbeitspapier IDHEAP, Lausanne.

BAFU 2008: Die Umweltpolitik des Bundes – Grundsätze für die Umsetzung und die Weiterentwicklung, 23. Mai 2008, verfügbar auf www.bafu.admin.ch/org/ziele/index.html?lang=de.

Bundesamt für Statistik (BFS) 2001: Bodennutzung im Wandel – Arealstatistik Schweiz. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (BFS) 2005: Mobilität in der Schweiz – Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (BFS): www.bfs.admin.ch/ → Themen.

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Statistik (BFS) 2009: Umwelt Schweiz 2009, Bern.

Bundesrat 1986: Verfügung über die Einsetzung der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene vom 2. Juli 1986.

Bundesrat 2008: Strategie Nachhaltige Entwicklung: Leitlinien und Aktionsplan 2008–2011: Bericht vom 16. April 2008, Bern

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBl 2009 6585.

Bussmann W., Klöti U., Knoepfel P. 1997: Einführung in die Politikevaluation. Basel und Frankfurt am Main.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1961: Erster Bericht zuhanden des Bundesrates vom 20. Juni 1961, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1967: Zweiter Bericht zuhanden des Eidgenössischen Departementes des Innern vom 11. Dezember 1967, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1989: Ozon in der Schweiz. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 101, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1991: Ausmass und gesundheitliche Auswirkungen von Episoden erhöhter Stickstoffdioxid-Immissionen in der Schweiz. Stellungnahme der EKL, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1993: Ozon in der Schweiz 1993: Stellungnahme der EKL, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1994: Krebsrisiko von Diesel- und Benzinmotorabgasen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 222, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1996: Schwebestaub. Messung und gesundheitliche Bewertung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 270, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2003: Benzol in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 350, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Sommersmog in der Schweiz, Stellungnahme der EKL. Bern. www ekl.admin.ch/ → Publikationen.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. Status-Bericht. Schriftenreihe Umwelt Nr. 384, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2007: Feinstaub in der Schweiz. Status-Bericht, Bern.

Mauch C., Balthasar A. 2005: Machbarkeitsstudie «Evaluation der bisherigen Umweltpolitik» – Schlussbericht. Umwelt-Materialien Nr. 202, Bern.

Novatlantis: Vgl. www.novatlantis.ch > Was ist Novatlantis? > Was macht Novatlantis für die jährlichen Activity Reports.

Ott W., Schaub C. 2009: Wohlfahrtsbezogene Umweltindikatoren. Eine Machbarkeitsstudie zur statistischen Fundierung der Ressourcenpolitik. Umwelt-Wissen Nr. 0913, Bern.

UVEK 2006: Aktionsplan gegen Feinstaub, abrufbar von www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=5681.

Waeber Roger, Wanner Hans-Urs 1997: Luftqualität in Innenräumen. Aussenluftverunreinigung, Quellen in Innenräumen, Gesundheit, Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 287, Bern.

2 Schadstoffe in der Schweizer Luft: Erreichtes und Nichterreichtes

2.1 Wie die Schadstoffbelastung der Luft entsteht

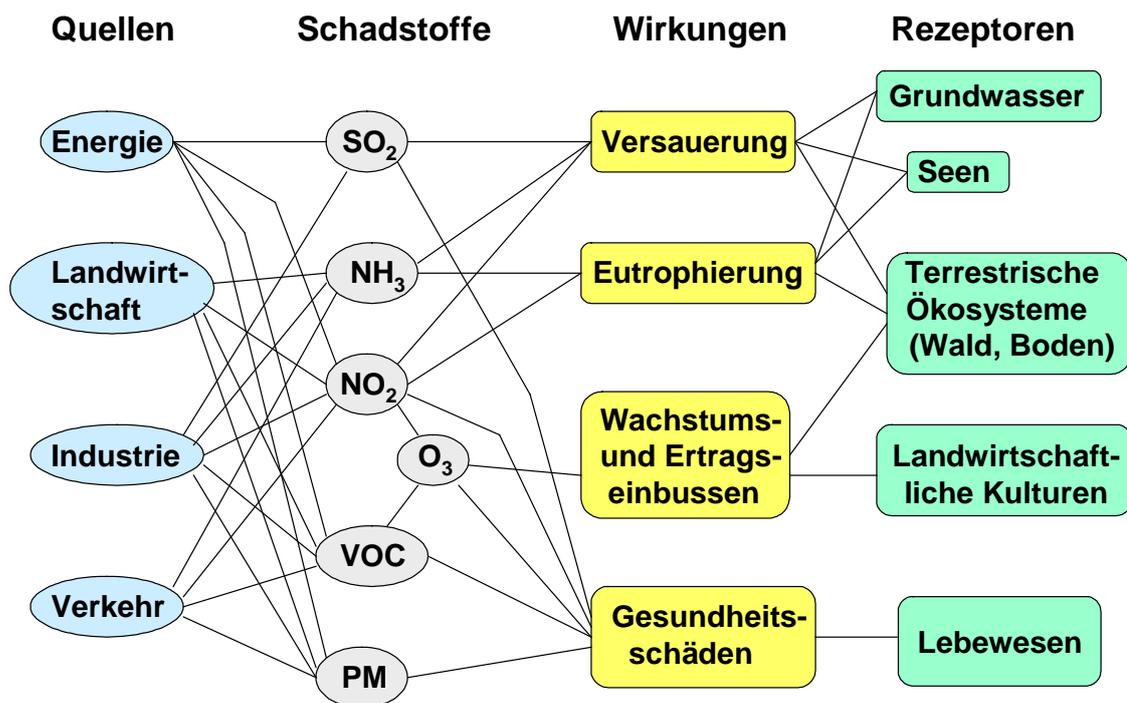
2.1.1 Emissionen – Immissionen

Luftschadstoffe entstehen bei der Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen sowie Abfällen oder werden durch Verdunsten, Abrieb oder Aufwirbelung freigesetzt. Am Ort der Entstehung werden diese Schadstoffe als Emissionen bezeichnet. Sie werden mit dem Wind verfrachtet und können sich chemisch und physikalisch verändern. Auf diese Weise entstehen Sekundärschadstoffe wie zum Beispiel Ozon oder ein Teil des Feinstaubes. Die Luftschadstoffe treffen schliesslich als sogenannte Immissionen auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Böden, Gewässer und Materialien. Sie entfalten ihre Wirkung direkt oder gelangen als Gase, Partikel oder Niederschlag in Lebewesen, Ökosysteme und Materialien, wo sie angereichert werden oder chemisch reagieren.

2.1.2 Zusammenhänge

Viele Luftreinhalte-Probleme sind eng vernetzt. Dieselbe Quelle emittiert verschiedene Luftschadstoffe. Jeder dieser Schadstoffe trägt wiederum zu verschiedenen Umweltproblemen bei. Das nachstehende Schema zeigt einige Zusammenhänge für wichtige Leitschadstoffe in vereinfachter Form (namentlich ohne sekundäre Feinstaubanteile).

Abb. 1 Zusammenhänge zwischen Quellen, Luftschadstoffen, Wirkungen und Rezeptoren



SO₂: Schwefeldioxid; NH₃: Ammoniak; NO₂: Stickstoffdioxid; O₃: Ozon; VOC: flüchtige organische Verbindungen; PM: Feinstaub

Für die Gesundheit zusätzlich relevant sind krebserregende Luftschadstoffe (z. B. Russ aus der Diesel- und Holzverbrennung, Benzol), Schwermetalle und persistente organische Schadstoffe (in der Grafik unter PM und VOC subsumiert). Ein weiterer hier nicht dargestellter Aspekt ist der Bezug der Luftverschmutzung zum Klimawandel (→ Kap. 1.4.2 und 4.3.2). Einerseits sind die Prozesse in der Atmosphäre, die zur Bildung von Luftschadstoffen führen, temperatur- und wetterabhängig. Andererseits sind einige Luftschadstoffe klimawirksam (insbesondere Russ und weitere Feinstaubanteile, Methan, Ozon, Lachgas). Ebenfalls nicht dargestellt sind die Auswirkungen der Luftschadstoffe auf Materialien und Bauten. Schliesslich sind die Luftschadstoffe auch unter sich verflochten und beeinflussen einander in ihrer Bildung und Konzentration. Dies gilt insbesondere für die photochemische Ozonbildung und für die Bildung von sekundärem Feinstaub (PM10) aus Vorläuferschadstoffen.

2.1.3 Vielfältige Eigenschaften und Einflussfaktoren

Bei der Entstehung von Luftschadstoffen aus Verbrennungsprozessen ist die Qualität des Ausgangsmaterials von Bedeutung, z. B. der Schwefelgehalt von Heizöl, der Bleigehalt von Benzin oder der Wassergehalt von Holz. Es gibt Luftschadstoffe, die durch Reaktionsprozesse während der Verbrennung aus dem Brennmaterial oder aus der Brennluft entstehen. Beispiele sind Russ und flüchtige organische Verbindungen bei einer unvollständigen Verbrennung oder Stickoxide, die sich bei hohen Temperaturen durch die Reaktion von Luftsauerstoff und Luftstickstoff bilden.

Die Verdunstung oder Verflüchtigung von Luftschadstoffen spielt eine grosse Rolle bei Substanzen mit niedrigem Siedepunkt, etwa für Lösungsmittel bei industriell-gewerblicher Anwendung oder in Produkten wie Farben, Lacken, Putzmitteln etc. Auch beim Benzinumschlag, wo benzolhaltige Dämpfe entweichen, oder in der Tierhaltung und bei der Hofdüngerlagerung, -verwertung und -anwendung führen Verdunstungsprozesse zu hohen Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen bzw. Ammoniak, wenn keine Gegenmassnahmen getroffen werden.

Abrieb und Aufwirbelung tragen zur Entstehung von gesundheitsschädlichen Feinstaub bei. Erwähnt seien die Aufwirbelung von Staub auf Baustellen oder Strassen durch Maschinen und Verkehr oder Brems- und Reifenabrieb bei Fahrzeugen.

Während einige Luftschadstoffe sehr reaktiv sind und innert Minuten umgewandelt werden (z. B. Stickstoffmonoxid, Isopren), verbleiben andere während Tagen (z. B. PM10) oder sogar Monaten und Jahren (Ozon, Methan) in der Atmosphäre. Die Lebensdauer der Luftschadstoffe bestimmt auch, wie weit sie von ihrem Entstehungsort wegtransportiert werden können. Kurzlebige Schadstoffe sind nur in der Nähe der Quellen in bedeutenden Konzentrationen zu finden, während die Konzentrationen in quellenfernen Regionen gering sind. In diesen Fällen können lokale Luftreinemassnahmen viel bewirken (→ Kap. 4.3.3 und Kap. 4.3.4). Langlebige Luftschadstoffe sind regional gleichmässiger verteilt und können zu einem bedeutenden Anteil aus der Schweiz exportiert oder in die Schweiz importiert werden. Der grenzüberschreitende Transport von Luftschadstoffen ist insbesondere bei Ozon, Feinstaub, persistenten organischen Schadstoffen sowie bei Schwefel- und Stickstoffverbindungen im Feinstaub oder Wolkentröpfchen bedeutend. Zusätzlich zu lokalen und nationalen Massnahmen sind hier auch Anstrengungen in anderen Ländern nötig. Deshalb setzt sich die Schweiz international für die Verminderung der Schadstoffe ein, z. B. im Rahmen der Genfer Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung und der zugehörigen Protokolle (→ Kap. 2.4.1.2).

2.1.4 Smogepisoden

Hohe Luftschadstoffbelastungen treten im Mittelland bei windschwachen winterlichen Inversionslagen auf (Wintersmog). Der Luftaustausch mit den höher liegenden, sauberen Luftmassen ist unterbunden, die Schadstoffe sammeln sich in den bodennahen Luftschichten an. Bei derartigen Lagen spielt der Ferntransport keine Rolle. Bei Schönwetterlagen mit ausgeprägter Photochemie gibt es auch im Sommer hohe Belastungen (Sommersmog).

2.1.5 Verminderung der Luftbelastung

Eine Verminderung der Luftbelastung ist nur durch Massnahmen an der Quelle, also eine Verminderung des Schadstoffausstosses möglich. Dazu stehen fallweise verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung: Abluftfassung und -reinigung, Lösemittelrückgewinnung, Einsatz qualitativ besserer Materialien, verbesserte Prozessführung, alternative Techniken, Materialien, Energien und Prozesse, Einschränkung oder Verbot der luftbelastenden Tätigkeit.

Entsprechend dem Verfassungs- und Gesetzesauftrag sowie den internationalen Luftreinhalte-Abkommen (→ Kap. 2.4) ist es das Ziel der Luftreinhaltung, die Schadstoffbelastung auf ein möglichst tiefes Niveau zu senken – mindestens so tief, dass Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume gegen schädliche und lästige Einwirkungen geschützt sind und die natürlichen Lebensgrundlagen, insbesondere die biologische Vielfalt und die Fruchtbarkeit des Bodens, dauerhaft erhalten werden.

2.1.6 Dokumentation

BAFU: Internetseite, www.bafu.admin.ch/luft

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1989: Ozon in der Schweiz, Status-Bericht. Schriftenreihe Umweltschutz 101, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2003: Benzol in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt 350, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz, Status-Bericht, Schriftenreihe Umwelt 384, Bern.

Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene EKL 2007: Feinstaub in der Schweiz, Status-Bericht, Bern.

2.2 Wie sich übermässig belastete Luft auswirkt

2.2.1 Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

2.2.1.1 Die alltägliche Belastung

Die Belastung der Luft mit Schadstoffen führt sowohl kurzfristig wie auch langfristig zu Erkrankungen der Atemwege und des Herz-/Kreislaufsystems.

Die kurzfristigen Folgen starker Smogepisoden sind schon mehrere Jahrzehnte bekannt: Parallel mit der Schadstoffbelastung nimmt die Zahl der Todesfälle und der Spitaleintritte wegen Herz- und Lungenkrankheiten zu oder ab.

Für die öffentliche Gesundheit sind aber die erhöhten Belastungen über längere Zeiträume von grösserer Bedeutung als kurzfristige Spitzenbelastungen, da die dauerhafte Beanspruchung des Abwehrsystems die Anfälligkeit für viele Krankheiten erhöht. Zahlreiche Untersuchungen auf der ganzen Welt haben gezeigt, dass die Atemwege und das Herz-/Kreislaufsystem anhaltend geschädigt und die Lebenserwartung verkürzt wird (→ Tab. 1).

Tab. 1 Gesicherte oder mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmende langfristige Folgen der Luftverschmutzung in westlichen Ländern

-
- Mehr Atemwegbeschwerden: Husten, Auswurf, Atemnot

 - Verminderung des Lungenwachstums bei Kindern, schlechtere Lungenfunktion bei Erwachsenen

 - Mehr Atemwegsinfektionen und chronische Bronchitis

 - Mehr Atemwegallergien, Asthma

 - Grössere Häufigkeit von atherosklerotischen Veränderungen und Herzinfarkt

 - Verminderung der Lebenserwartung wegen Herz-/Kreislauf- und Atemwegkrankungen

Anwohner von stark verkehrsbelasteten Strassen sind besonders betroffen. Während früher die Belastung der Bevölkerung nur anhand der gemessenen Konzentrationen an den offiziellen Schadstoffmessstationen charakterisiert wurde, können heute mit Modellrechnungen die Belastungen an der Wohnadresse individuell ermittelt werden. So gibt es deutliche Hinweise, dass Personen, die in der Nähe von stark befahrenen Strassen und Autobahnen wohnen, unabhängig vom sozialen Stand vorzeitig an Atemwegs- und Herzkrankheiten sterben. Die Schadstoffe des Strassenverkehrs bewirken auch ein höheres Risiko für chronische Krankheiten (wie z.B. Asthma bei Kindern) und ein erhöhtes Risiko für Krankheiten des Herz-/Kreislaufsystems. Direkte Ursache ist vermutlich die übermässige Verkalkung der Herzkranzgefässe, die mit zunehmender Nähe zur Verkehrsachse häufiger vorkommt. Welche Schadstoffe aus dem Verkehr einzeln oder in Kombination dafür verantwortlich sind, ist noch nicht genau bekannt. Sicher spielt Russ eine wichtige Rolle. Russ wird unter anderem durch die zunehmende Zahl von Holzheizungen abgegeben. Aus arbeitsmedizinischen Untersuchungen und Tierstudien weiss man, dass Russ und die damit verbundenen Schadstoffe Krebs auslösen können.

2.2.1.2 Smogepisoden

Wintersmog ist eine deutliche Erhöhung der alltäglichen Belastung, besonders bei Inversionslagen (Staulagen) im Herbst und Winter. Für die Auswirkungen von Wintersmog auf die menschliche Gesundheit gelten deshalb die Ausführungen oben in Kap. 2.2.1.1; die Wirkungen treten mit der zusätzlichen Belastung verstärkt in Erscheinung.

Sommersmog hat dagegen eine andere Qualität als die alltägliche Schadstoffbelastung: Bei geeigneten Strahlungsbedingungen bilden sich aus den Vorläufern Stickoxid und flüchtige organische Verbindungen als zusätzliche Schadstoffe Ozon und weitere Photooxidantien. Dieser Sommersmog ist im Schweizer Klima vor allem im Frühling und anfangs Sommer ein gesundheitliches Problem. Die akuten Folgen betreffen vor allem die im Freien aktive Bevölkerung und besonders oft Kinder, bei denen Reizbeschwerden der Atemwege und Augen auftreten können. Bei Schwerarbeitern und sportlich Aktiven lassen sich auch eine vorübergehende Abnahme der Leistungsfähigkeit und Einschränkungen der Lungenfunktion nachweisen. Aus Ländern mit meist höheren Ozonbelastungen mehrten sich die Hinweise, dass auch gravierendere Probleme wie Asthma, Spitaleintritte oder sogar Todesfälle wegen Lungenkrankheiten mit Sommersmog zu tun haben könnten. Wie weit dafür Ozon selber und wie weit andere regional unterschiedliche Begleit-schadstoffe im Sommersmog dafür verantwortlich sind, ist noch nicht klar.

2.2.1.3 Positive Auswirkungen der Luftreinhaltungspolitik in der Schweiz

Im Lauf der 1990er-Jahre hat sich die Luftqualität in der Schweiz dank den vom USG verlangten Massnahmen bei stationären Quellen und beim Verkehr gebessert (→ Kap. 2.3). Die SCARPOL-Studie mit Reihenuntersuchungen an 4500 Schulkindern in 10 Schweizer Gemeinden hat 1992/93 festgestellt, dass Reizbeschwerden der Atemwege und Augen sowie Atemwegsinfektionen in stärker belasteten Gemeinden häufiger vorkommen. Die Nachuntersuchungen in den Jahren 1998–2001 haben gezeigt, dass die Unterschiede geringer geworden sind: Die Kinder leiden seltener an Bronchitis und ähnlichen Atemwegsproblemen. Der Rückgang der Atemwegkrankheiten war umso ausgeprägter, je stärker sich die Luftqualität verbessert hat.

Ähnliches wurde in der Studie SAPALDIA an 9500 Erwachsenen aus 8 Schweizer Gemeinden festgestellt. 1991 waren in belasteten Gebieten Atemwegbeschwerden häufiger und die Funktion der Lunge schlechter. Bei der Nachuntersuchung im Jahr 2002 litten weniger Leute als erwartet an chronischem Husten und Auswurf und der altersbedingte Verlust an Lungenvolumen war geringer geworden. Diese Verbesserungen gingen parallel mit steigender Luftqualität.

In der SAPALDIA-Studie wurden aber auch die Verkehrsfolgen deutlich. Teilnehmer, die in der Nähe von stark befahrenen Strassen und Autobahnen wohnten, hatten unabhängig vom Rauchen mehr Atemwegprobleme: Atemnot war 16 % häufiger, pfeifende Atmung 19 % und Auswurf 15 % und das Auftreten von neuen Fällen von Asthma nahm zu mit steigendem Anteil von Partikeln aus dem Verkehr.

2.2.1.4 Die heutige Situation

Immer noch sind etwa 40 % der Schweizer Bevölkerung zu hohen Feinstaubkonzentrationen und etwa 15 % zu hohen Stickoxidkonzentrationen ausgesetzt, vor allem in Strassennähe. Vermehrte Holzheizungen könnten das Feinstaubproblem noch verschärfen. Obwohl die Schadstoffbelastungen in der Schweiz im Vergleich zu internationalen Grossstädten relativ niedrig sind, ergeben sich aus den wissenschaftlichen Grundlagen klare Belege für negative gesundheitliche Auswirkungen. Gegen die Folgen der Luftverschmutzung sind keine spezifischen wirksamen Therapien bekannt. Konsequenterweise müssen deshalb alle Schadstoffquellen vermindert oder gering gehalten werden. Solche Massnahmen werden, wie oben in Kapitel 2.2.1.3 gezeigt, mit gesundheitlichen Erfolgen belohnt.

2.2.1.5 Dokumentation

Bayer-Oglesby L., Grize L., Gassner M., Takken-Sahli K., Sennhauser F.H., Neu U., Schindler C., Braun-Fahrländer C. 2005: Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children. *Environ Health Perspect* 113 (11): 1632–1637.

Bayer-Oglesby L., Schindler C., Hazenkamp-von Arx M.E., Braun-Fahrländer C., Keidel D., Rapp R., Künzli N., Braendli O., Burdet L., Sally Liu L.J., Leuenberger P., Ackermann-Liebrich U. 2006: Living near Main Streets and Respiratory Symptoms in Adults. *Am J Epidemiol* 164 (12): 1190–1198.

Bundesamt für Raumentwicklung ARE und Bundesamt für Umwelt BAFU 2008: Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz. Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten, www.are.admin.ch

Downs S.H., Schindler C., Liu S.L. J., Keidel D., Bayer-Oglesby L., Brutsche M.H., Gerbase M.W., Keller R., Künzli N., Leuenberger P., Probst-Hensch N.M., Tschopp J.M., Zellweger J.P., Rochat T., Schwartz J., Ackermann-Liebrich U. and the SAPALDIA Team 2007: Reduced exposure to PM10 and attenuated age-related decline in lung function. *N Engl J Med* 357 (23): 2338–2347.

Hoffmann B., Moebus S., Möhlenkamp S., Stang A., Lehmann N., Dragano N., Schmermund A., Memmesheimer M., Mann K., Erbel R., Jöckel K.H. 2007: Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. *Circulation* 116: 489–496.

Künzli N., Bridevaux P.O., Liu S., Garcia-Esteban R., Schindler C., Gerbase M., Sunyer J., Keidel D., Rochat T. 2009: Traffic-related air pollution correlates with adult-onset asthma among never-smokers. *Thorax* doi:10.1136/thx.2008.110031.

Künzli N., Jerrett M., Garcia-Esteban R., Basagaña X., Beckermann B., Gilliland F., Medina M., Peters J., Hodis H.N., Mack W.J.: Ambient air pollution and the progression of atherosclerosis in adults. *PLoS One*. 2010 Feb 8;5(2):e9096.

Schindler C., Keidel D., Gerbase M.W., Zemp E., Bettschart R., Brändli O., Brutsche M.H., Burdet L., Karrer W., Knöpfli B., Pons M., Rapp R., Bayer-Oglesby L., Künzli N., Schwartz J., Liu L.J., Ackermann-Liebrich U., Rochat T., SAPALDIA Team: Improvements in PM10 exposure and reduced rates of respiratory symptoms in a cohort of Swiss adults (SAPALDIA). *Am J Respir Crit Care Med*. 2009 Apr 1;179(7):579–87.

2.2.2 Auswirkungen auf die Vegetation

2.2.2.1 Stickstoff

Die stickstoffhaltigen Luftschadstoffe werden in gelöster Form, als Aerosol oder gasförmig in die Ökosysteme eingetragen. Sie sind für die Pflanzen als Nährstoff verfügbar und führen damit zunächst zu einer Eutrophierung, d. h. einer Zunahme von stickstoffliebenden Pflanzen. Damit einher geht ein Verlust an Biodiversität. Viele Arten auf der Roten Liste sind auf nährstoffarme Standorte spezialisiert und verschwinden unter Stickstoffeinwirkung. Gefährdet sind beispielsweise artenreiche Halbtrockenrasen und Naturwiesen, subalpine und alpine Rasen, alpine Zwergstrauchheiden und Moore. Die in den vergangenen Dekaden beobachtete Zunahme des Waldwachstums ist wohl grossen Teils auf Stickstoffeinwirkung zurückzuführen, aber Stickstoff im Übermass kann die Gesundheit der Waldbäume auch beeinträchtigen. Mögliche Folgen sind Nährstoffungleichgewichte, erhöhte Anfälligkeit gegenüber Parasiten, Hemmung der mit den Waldbäumen zusammenlebenden Mykorrhizapilze und eine verminderte Trockenheitsresistenz. Für die eutrophierende Wirkung von Stickstoff wurde für viele Ökosysteme ein Eintragungsgrenzwert (Critical Load) von 10–15 kg N pro Hektare und Jahr festgelegt. Dieser Grenzwert wird in der Schweiz grossräumig und zum Teil massiv überschritten. Neuere Untersuchungen zeigen aber, dass bereits tiefere Einträge das Artenspektrum von alpinen Wiesen beeinflussen.

Im Übermass eingetragener Stickstoff wird aus dem Boden ausgewaschen und belastet das Grundwasser. Dieser von der Landwirtschaft her bekannte Prozess findet auch im Wald statt und kann auch dort zu einer Überschreitung des Richtwertes für Nitrat im Sickerwasser führen. Die Umwandlung von Ammonium im Boden und die Auswaschung führen zudem zu einer Bodenversauerung. In der Schweiz sind Stickstoffverbindungen heute zu drei Vierteln für die Bodenversauerung durch atmosphärische Einträge verantwortlich. Bodenversauerung ist auch in der Schweiz ein bedeutendes Thema, trotz relativ junger Böden. Ein Fortschreiten der Versauerung im Wald wurde für die letzten 15 Jahre nachgewiesen. Auf basenarmen, versauerten Böden wurden eine verminderte Durchwurzelung und ein erhöhtes Windwurfisiko beobachtet.

Von den gasförmigen Stickstoffverbindungen führt in erster Linie Ammoniak (NH_3) zu Veränderungen in der Zusammensetzung der Vegetation. NH_3 in gasförmiger oder gelöster Form wird durch die Pflanzen via die Wurzeln oder Blätter aufgenommen und assimiliert. Diese Aufnahme stört den Nährstoffhaushalt der Pflanzen. Die unterschiedliche Fähigkeit von Pflanzenarten, diese Veränderungen zu vermeiden führt dazu, dass benachteiligte Arten aus den Pflanzengemeinschaften verdrängt werden. Bei den empfindlichsten Flechten und Moosen führt bereits eine Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Mittel über mehrere Jahre zu Veränderungen im Artenspektrum, während für die übrige Vegetation der kritische Konzentrationsbereich bei 2–4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt. Dies führte zur Festlegung eines Critical Levels von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jahresmittel) zum Schutz der höheren Pflanzen. Dieser Wert beruht zur Hauptsache auf beobachteten Veränderungen in der Zusammensetzung der Bodenvegetation in Wäldern und Mooren.

2.2.2.2 Ozon

Ozon ist ein starkes Pflanzengift. Aufgrund zahlreicher Begasungsversuche wurde für Waldbäume ein Grenzwert für das Produkt aus Zeit (Tagesstunden) und Ozonkonzentrationen über 40 ppb (AOT40) von 5 ppm h (Critical Level) festgelegt. In Experimenten mit jungen Birken und Buchen wurde bei dieser Ozonbelastung eine Wachstumsreduktion von etwa 5 % beobachtet. Dieser Critical Level wird in weiten Gebieten der Schweiz überschritten. Allerdings ist Ozon nur schädlich, wenn es durch die Spaltöffnungen in die Pflanzen eindringen kann. Da die Spaltöffnungen bei Trockenheit geschlossen werden, ist das Ozonrisiko für Pflanzen in warm/trockenen Gebieten oder während Trockenperioden geringer als bei guter Wasserversorgung. Es wurde deshalb zusätzlich ein Grenzwert für die Ozonaufnahme pro Vegetationsperiode definiert. Für Birken und Buchen beträgt dieser Flussgrenzwert $4 \text{ mmol}/\text{m}^2$ und für Fichten $8 \text{ mmol}/\text{m}^2$; dies entspricht einer Wachstumsreduktion in Experimenten von 4 bzw. 2 %.

Neben Wachstumsreduktionen verursacht Ozon auch sichtbare Schäden auf dem Laub und hemmt die Verlagerung der Kohlehydrate vom Spross in die Wurzeln. Gleiches gilt für landwirtschaftliche Kulturpflanzen. Sichtbare Schäden können zu einem Wertverlust von Gemüse führen. Noch wichtiger ist die verminderte Ertragsbildung. Beides führt zu einem wirtschaftlichen Verlust. Zahlreiche Versuche in kontrollierten Begasungssystemen haben gezeigt, dass mit steigender Konzentrationssumme (AOT40) – oder steigender Ozonaufnahme – der Erntertrag von Getreide, Kartoffel, und anderen wichtigen Kulturen sinkt. Die für Ertragsverluste kritische Ozonbelastung (AOT40=3 ppm h) wird in der Schweiz regelmässig und grossflächig überschritten, wobei die klimatischen Bedingungen das Ausmass der Wirkung beeinflussen. Zudem wurde beobachtet, dass in intensiv bewirtschafteten Wiesen ozonempfindliche Artengruppen, speziell die Leguminosen, bei erhöhter Ozonbelastung durch weniger empfindliche Gräser zurückgedrängt werden, wodurch die Futterqualität sinkt. Im Gegensatz dazu sind in höheren Lagen solche Effekte von Ozon auf die Artenvielfalt in Naturwiesen kurzfristig kaum beobachtbar.

2.2.2.3 Dokumentation

Bassin S., Volk M., Suter M., Buchmann N., Fuhrer J. 2007: Nitrogen deposition but not ozone affects productivity and community composition of subalpine grassland after 3 yr of treatment. *New Phytologist* 175, 523–534

Braun S., Schindler C., Volz R., Flückiger W. 2003: Forest damage by the storm «Lothar» in permanent observation plots in Switzerland: the significance of soil acidification and nitrogen deposition. *Water Air and Soil Pollution* 142, 327–340.

Cape J.N., van der Eerden L.J., Sheppard L.J., Leith I.D. & Sutton M.A. 2009: Evidence for changing the critical level for ammonia. *Environmental Pollution* 157, 1033–1037.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz, Status-Bericht, Schriftenreihe Umwelt 384, Bern.

Flückiger W., Braun S. 2009: Wie geht es unserem Wald? Bericht 3., Schönenbuch (Institut für Angewandte Pflanzenbiologie).

Hayes F., Mills G., Harmens H., Norris D. 2007: Evidence of Widespread Ozone Damage to Vegetation in Europe (1990–2006). Programme Coordination Centre for the ICP Vegetation Report (<http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications>).

IAP 2009: Auswirkung erhöhter Stickstoffbelastung auf die Stabilität des Waldes. Synthesebericht. Schönenbuch (Institute for Applied Plant Biology).

Karlsson P.E., Uddling J., Braun S., Broadmeadow M., Elvira S., Gimeno B., Le Thiec D., Oksanen E.J., Vandermeiren K., Wilkinson M., Emberson L.D. 2004: Dose – response relationships for ozone impact on the biomass accumulation of young trees of different European species based on AOT40 and cumulative leaf uptake of ozone. *Atmospheric Environment* 38, 2283–2294.

Kurz D., Rihm B., Sverdrup H., Warfvinge P. 1998: Critical loads of acidity for forest soils. Bern.

Pearson J., Stewart G.R. 1993: The deposition of atmospheric ammonia and its effects on plants. *New Phytologist* 125, 283–305.

Spiecker H., Mielikäinen R., Köhl M., Skorgsgaard J.P. 1996: Growth Trends in European Forests. New York.

Sutton M.A., Baker S., Reis S. (Hrsg.) 2009: Atmospheric Ammonia: Detecting Emission changes and environmental impacts. Berlin etc.

UNECE 1993: Workshop on Critical Levels for Ozone. Berne, 1.–4. Nov. 1993: Fuhrer J. und Achermann B. 16 1–328.

UNECE 1996: Critical levels for ozone in Europe: testing and finalizing the concepts. UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution.

UNECE 2003: Empirical Critical Loads for Nitrogen. Expert Workshop Berne, 11–13 November 2002, Proceedings. Environmental Documentation 164, Berne.

UNECE 2004: Mapping Critical Levels for Vegetation. International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops, Bangor UK.

2.2.3 Auswirkungen auf Tiere

2.2.3.1 Direkte und indirekte Auswirkungen

Über die Wirkung von Luftschadstoffen auf Tiere ist wenig dokumentiert. Man kann jedoch grundsätzlich davon ausgehen, dass für Säugetiere bezüglich Belastungen der Aussenluft im Wesentlichen die gleichen Risiken gelten wie für die Menschen (→ Kap. 2.2.1).

Bei Nutztieren kann die Belastung durch die Verunreinigung der Stallluft ein zusätzliches Problem darstellen.

Tiere sind sodann indirekt über die Verunreinigung des Futters (→ Kap. 2.2.2) durch die Deposition von Luftverunreinigungen betroffen. Bekannt ist dies aus Gebieten mit starken Fluor-Immissionen aus der Herstellung von Aluminium, was früher im Wallis und in der Region Rheinfelden ein bedeutendes Problem darstellte. Dies gilt für Nutz- ebenso wie für Wildtiere.

2.2.3.2 Dokumentation

Bovay E., Zuber R. 1974: Die in der Umgebung eines Aluminiumwerkes festgestellte Fluorakkumulation in Knochen und Harn von Milchkühen, im betriebseigenen Futter sowie in Boden und Luft. Schweiz. Landw. Forschung 13, 1/2, 181–193.

Kim K.Y., Ko H.J., Kim H.T., Kim C.N., Byeon S.H. 2008: Association between pig activity and environmental factors in pig confinement buildings. Australian Journal of Experimental Agriculture, 48, 5, 680–686.

2.3 Wie sich die Luftbelastung in der Schweiz in den letzten 25 Jahren entwickelt hat – mit einem Ausblick

2.3.1 Einleitung

Die Darstellung und Beurteilung der Entwicklung der Belastung mit den wichtigsten Schadstoffen erfolgt gegliedert in drei Abschnitte. Sie beginnt mit Schadstoffen, die dank der erfolgten Anstrengungen zur Emissionsminderung kaum mehr Probleme verursachen. Es folgen diejenigen Schadstoffe, bei welchen zwar wichtige Fortschritte erreicht wurden, die Grenzwerte aber vorläufig noch nicht überall eingehalten werden können. Schliesslich werden diejenigen Schadstoffe dokumentiert, bei denen trotz der bisherigen und allenfalls geplanter Massnahmen die Einhaltung der Grenzwerte noch nicht absehbar ist. Diesen Kapiteln vorangestellt ist ein Überblick über die in den letzten 20 Jahren erreichten Reduktionen der Immissionsbelastung sowie eine kurze Einführung in das nationale Messnetz NABEL und seine Ziele.

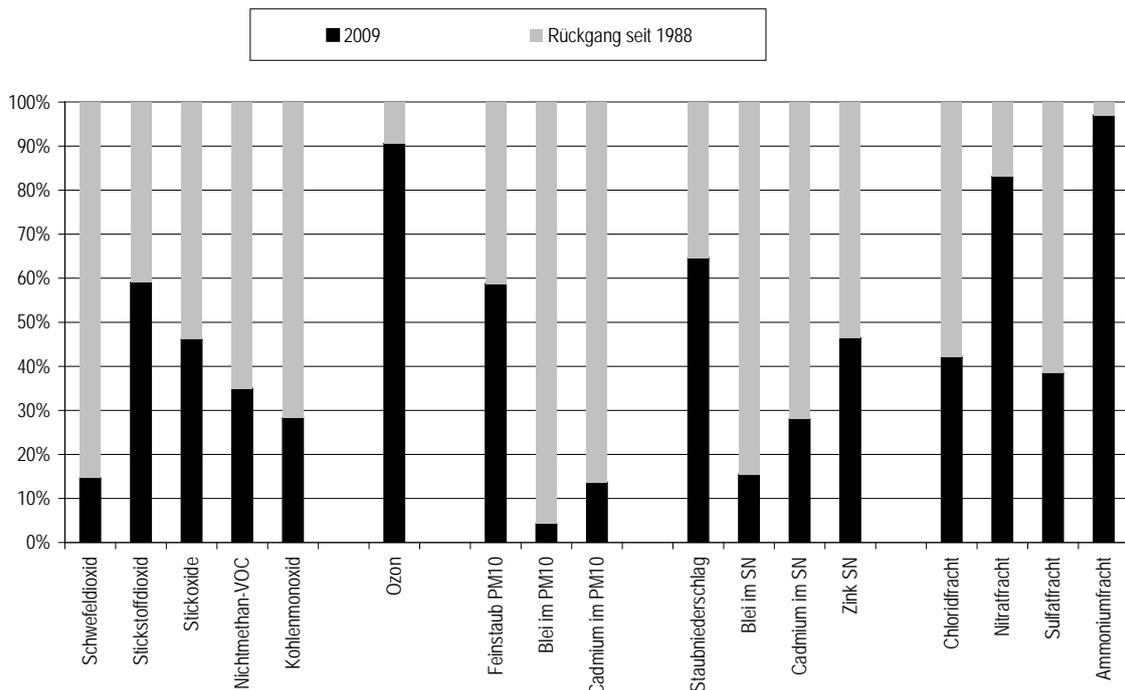
Hauptkriterium für die Beurteilung von Luftschadstoffen sind die Immissionsgrenzwerte (IGW), welche in Anhang 7 der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom 16. Dezember 1985 festgelegt sind. Eingehende Überlegungen zu den Grenzwerten sowie zu weiteren Beurteilungsgrössen finden sich in Kap. 3.1 dieses Berichts.

2.3.2 Entwicklung der Luftverschmutzung in den letzten 20 Jahren auf einen Blick

Bereits in der Vergangenheit sind auf nationaler und internationaler Ebene zahlreiche Anstrengungen zur Reduktion der Schadstoffbelastung der Luft unternommen worden. Deren Erfolg war je nach Schadstoff unterschiedlich. Die folgende Grafik zeigt einen Überblick über die *in den letzten 20 Jahren erreichten Reduktionen* der Luftbelastung in der Schweiz.

Abb. 2 Veränderung (%) der Luftbelastung in der Schweiz zwischen 1988 und 2009

Berücksichtigt sind alle NABEL-Stationen mit durchgehenden Messreihen, ausser die Bergstationen. Die Darstellung bezieht sich auf die Jahresmittelwerte mit Ausnahme von Kohlenmonoxid (maximales Tagesmittel) und Ozon (maximaler Stundenwert). Die Frachten von Chlorid, Nitrat, Sulfat und Ammonium umfassen nur die Deposition mit dem Regen, nicht jedoch die Trockendeposition.



Aus der folgenden Tabelle ist ersichtlich, wie sich die *Immissionssituation heute* präsentiert. Massstab für die Beurteilung sind die Immissionsgrenzwerte der LRV. Die Tabelle darunter zeigt die geltenden Immissionsgrenzwerte.

Abb. 3 Immissionslage für ausgewählte Schadstoffe in unterschiedlichen Gebieten der Schweiz

Stadt: verkehrsnah; Vorstadt: entspricht dem städtischen Hintergrund

	Stadt		Vorstadt		Land	
	1988	2008	1988	2008	1988	2008
Stickstoffdioxid (NO ₂)	☹	☹	☹	☺	☺	☺
Feinstaub (PM10)	☹	☹	☹	☺	☹	☺
Ozon (O ₃)	☹	☹	☹	☹	☹	☹
Schwefeldioxid (SO ₂)	☹	☺	☺	☺	☺	☺
Kohlenmonoxid (CO)	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Schwermetalle (Pb, Cd)	☺	☺	☺	☺	☺	☺
☺	Immissionsgrenzwert praktisch überall eingehalten					
☺	Immissionsgrenzwert teilweise überschritten					
☹	Immissionsgrenzwert häufig/stark überschritten					

Tab. 2 Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)

Schadstoff	Immissionsgrenzwert	Statistische Definition
Stickstoffdioxid (NO ₂)	30 µg/m ³ 100 µg/m ³ 80 µg/m ³	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) 95 % der 1/2h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m ³ 24h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Schwebestaub PM10	20 µg/m ³ 50 µg/m ³	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) 24h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Ozon (O ₃)	100 µg/m ³ 120 µg/m ³	98 % der 1/2h-Mittelwerte eines Monats ≤ 100 µg/m ³ 1h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Schwefeldioxid (SO ₂)	30 µg/m ³ 100 µg/m ³ 100 µg/m ³	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) 95 % der 1/2h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m ³ 24h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Kohlenmonoxid (CO)	8 mg/m ³	24h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Blei (Pb) im Schwebestaub ¹ (PM10) Kadmium (Cd) im Schwebestaub ¹ (PM10)	500 ng/m ³ 1,5 ng/m ³	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Staubniederschlag insgesamt Blei (Pb) im Staubniederschlag Kadmium (Cd) im Staubniederschlag Zink (Zn) im Staubniederschlag Thallium (Tl) im Staubniederschlag	200 mg/(m ² Tag) 100 µg/(m ² Tag) 2 µg/(m ² Tag) 400 µg/(m ² Tag) 2 µg/(m ² Tag)	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert) Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)

Hinweis: mg = Milligramm, 1 mg = 0,001 g, µg = Mikrogramm, 1 µg = 0,001 mg,
ng = Nanogramm, 1 ng = 0,001 µg. Das Zeichen «≤» bedeutet «kleiner oder gleich»

¹ Feindisperse Schwebestoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 µm.

2.3.3 Das NABEL-Messnetz und seine Ziele

Systematische Messungen von Schadstoffen in der Aussenluft werden in der Schweiz etwa seit Mitte der 1960er-Jahre durchgeführt, wobei man sich damals im Rahmen von zwei internationalen Messprogrammen auf die Schadstoffe Schwefeldioxid und Staub konzentrierte. Daraus ging 1978 das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) hervor, welches seither vom BAFU und der Empa gemeinsam betrieben wird. Das Messnetz hat seinen Betrieb 1979 etappenweise aufgenommen. In den Jahren 1989 bis 1991 wurde das NABEL-Messnetz modernisiert und von 8 auf 16 Stationen erweitert. Die Quelle des im Folgenden präsentierten Überblicks über die Entwicklung der Luftbelastung ist der jährlich vom BAFU und der Empa herausgegebene NABEL-Jahresbericht.

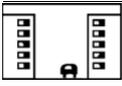
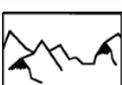
Dargestellt sind langjährige Datenreihen ab dem Zeitpunkt, ab welchem methodisch konsistente Messreihen vorliegen. Je nach Parameter und Station können sie deshalb unterschiedlich lang sein. Langfristige, methodisch konsistente Daten sind ein ausserordentlich wichtiges Erfordernis für ein Messnetz. Es muss immer sichergestellt werden, dass die Messwerte jedes Parameters sowohl an den verschiedenen Stationen, wie auch langfristig an jeder Station vergleichbar erhoben werden. Nur so ist es möglich, auch kleine zeitliche Trends zuverlässig zu erkennen und Belastungen verschiedener Stationen miteinander zu vergleichen.

Gemäss Art. 39 Abs. 1 LRV führt das Bundesamt für Umwelt Erhebungen über die Luftverschmutzung im gesamtschweizerischen Rahmen durch. Das NABEL dient insbesondere der Erfüllung dieser gesetzlichen Aufgabe. Es ist somit ein wichtiges Vollzugsinstrument der LRV, indem es vor allem der vom Umweltschutzgesetz (USG) vorgesehenen Erfolgskontrolle über die gegen die Luftverschmutzung ergriffenen Massnahmen (Art. 44 USG) dient.

Beim NABEL stehen grundsätzlich die gesamtschweizerischen Bedürfnisse im Vordergrund. Es misst in erster Linie Luftschadstoffe von nationaler Bedeutung und Verbreitung, aber auch Schadstoffe, deren Überwachung von internationalen Protokollen zur Emissionsminderung (UNECE Convention on Long Range Transboundary Air Pollution) gefordert wird. Das NABEL ist ausdrücklich als Beobachtungs- und nicht als Alarmsystem konzipiert.

Die Schadstoffbelastung in der Schweiz zeigt grosse räumliche Unterschiede, die in erster Linie von der Art des Standortes und den dort vorhandenen Emissionsquellen abhängen. Es war daher sinnvoll, eine Klassierung der Messstationen nach Standorttypen vorzunehmen. Für die NABEL-Stationen ergibt sich folgende Einteilung nach Standorttypen:

Abb. 4 Klassierung der NABEL-Stationen nach Standorttyp

	Standorttyp	Station
	Städtisch, verkehrsbelastet	Bern Lausanne
	Städtisch	Lugano Zürich
	Vorstädtisch	Basel-Binningen Dübendorf
	Ländlich, Autobahn	Härkingen Sion-Aéroport
	Ländlich, unterhalb 1000 m	Magadino-Cadenazzo Payerne Tänikon Lägeren
	Ländlich, oberhalb 1000 m	Chaumont Rigi-Seebodenalp Davos
	Hochgebirge	Jungfrauoch

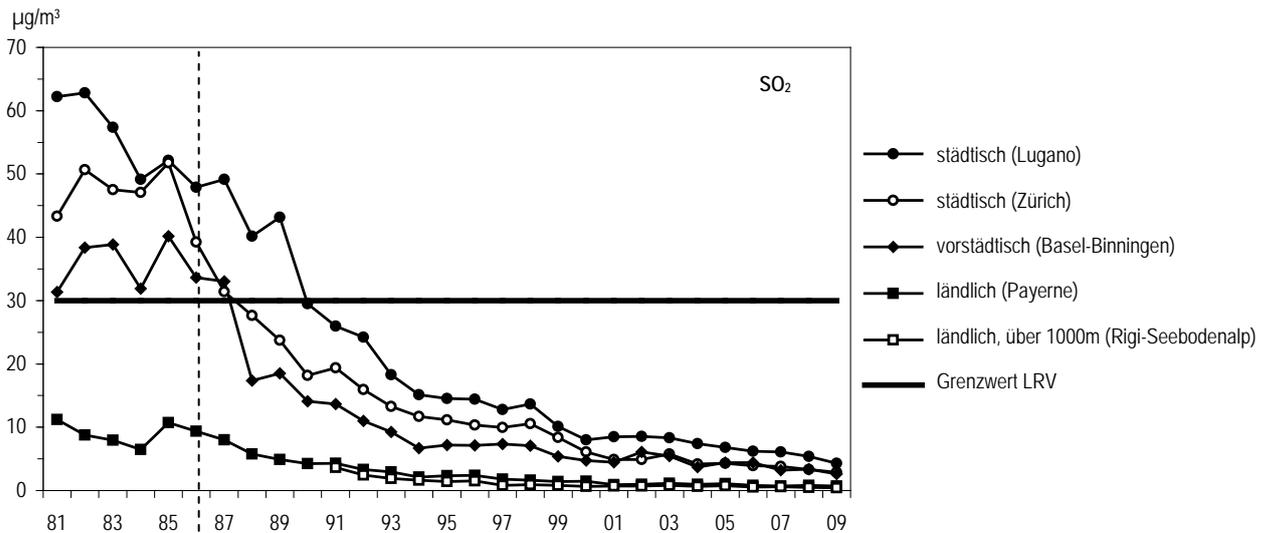
Wie die Tabelle zeigt, sind die 16 Stationen des NABEL-Messnetzes räumlich weit über die Schweiz verteilt und repräsentieren alle Stufen der Belastung, von sehr hoch bis sehr niedrig. Das NABEL deckt damit die wichtigsten in der Schweiz vorkommenden Belastungstypen ab. Mit den Stationen Lugano und Magadino-Cadenazzo sind die Belastungstypen städtisch und ländlich zudem auch südlich der Alpen berücksichtigt.

2.3.4 Immissionsgrenzwert eingehalten

Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid sowie die Schwermetalle Blei und Kadmium gehören zu den Schadstoffen, die früher verbreitet grosse Probleme bereiteten, heute aber dank erfolgreicher Massnahmen zur Minderung der Emissionen gesamtschweizerisch kaum mehr zur Sorge Anlass geben.

2.3.4.1 Schwefeldioxid

Abb. 5 Schwefeldioxid: Jahresmittelwerte 1981–2009

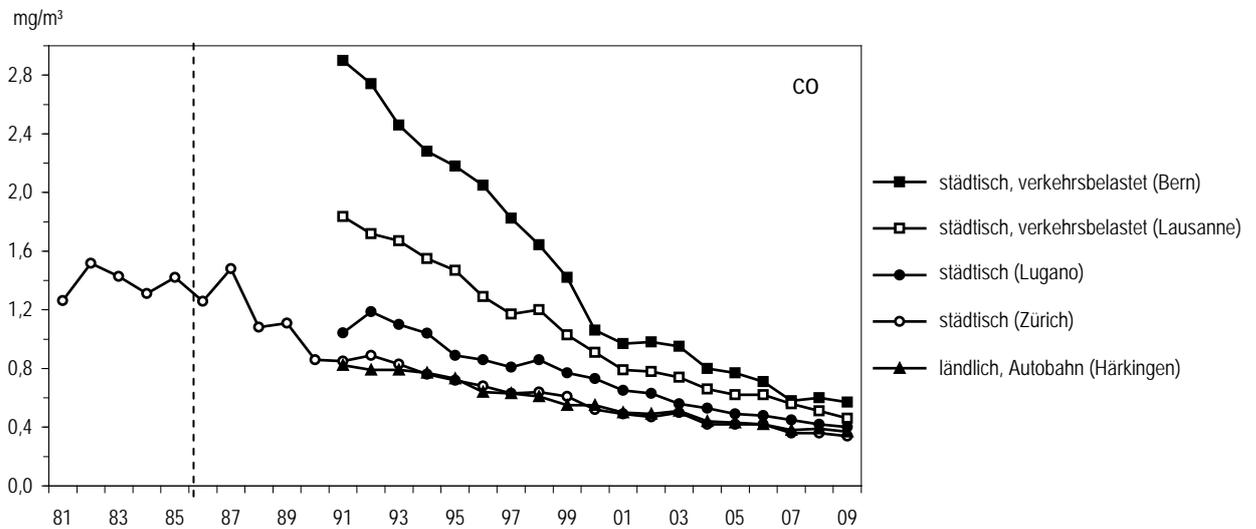


Die Schwefeldioxid-Belastung nahm seit Beginn der 1980er-Jahre bis 1994 stark ab. Seit 2000 ist sie auf tiefem Niveau fast unverändert und liegt heute an allen NABEL-Stationen deutlich unter dem Immissionsgrenzwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Seit Mitte der 1980er-Jahre hat die SO_2 -Belastung an allen Stationen um über 80 % abgenommen.

Die günstige Situation ist eine direkte Folge der nach dem Inkrafttreten der LRV bedeutend verringerten SO_2 -Emissionen. Der Erfolg der getroffenen Massnahmen (insbesondere Herabsetzung des Schwefelgehalts im Heizöl sowie Umstellung auf Erdgas infolge strenger Emissionsgrenzwerte) zeigt sich im deutlichen Rückgang der Schwefeldioxid-Belastung. Dieses Beispiel macht deutlich, dass die im Luftreinhalte-Konzept des Bundesrates verfolgte Strategie der Verminderung und Verhinderung der Emissionen richtig ist und dass durch konsequent durchgeführte Massnahmen in der Schweiz die Immissionsgrenzwerte selbst an vorher stärkst belasteten Standorten eingehalten werden können.

2.3.4.2 Kohlenmonoxid

Abb. 6 Kohlenmonoxid: Jahresmittelwerte 1981–2009



Hinsichtlich der Belastung durch Kohlenmonoxid lässt sich an allen stark belasteten Stationen eine deutliche Abnahme seit 1990 erkennen, welche aber in den letzten Jahren abgeflacht ist. Die beiden strassennahen Stationen in den Stadtzentren (Bern und Lausanne) zeigen die stärkste Abnahme. Der Grenzwert für Kohlenmonoxid (Tagesmittelwert von 8 mg/m³) wird seit vielen Jahren an keiner Station überschritten.

2.3.4.3 Schwermetalle im Feinstaub und im Staubbiederschlag

Für die Schwermetalle Blei und Kadmium gibt es zwei IGW, welche die zwei unterschiedlichen Schädigungspfade reflektieren, nämlich einen Konzentrationsgrenzwert in ng/m³ (direkte Inhalation) und einen Depositionsgrenzwert in µg/(m²·Tag)(Belastung von Böden und Gewässern).

Blei

Abb. 7 Blei im Feinstaub: Jahresmittelwerte 1988–2009 (Grenzwert: 500 ng/m³)

Bis 1996 Messung im Totalen Schwebstaub TSP, ab 1997 im PM10. Die Konsistenz der Datenreihe wird dadurch nicht beeinträchtigt, da Blei praktisch vollständig im PM10 enthalten ist.

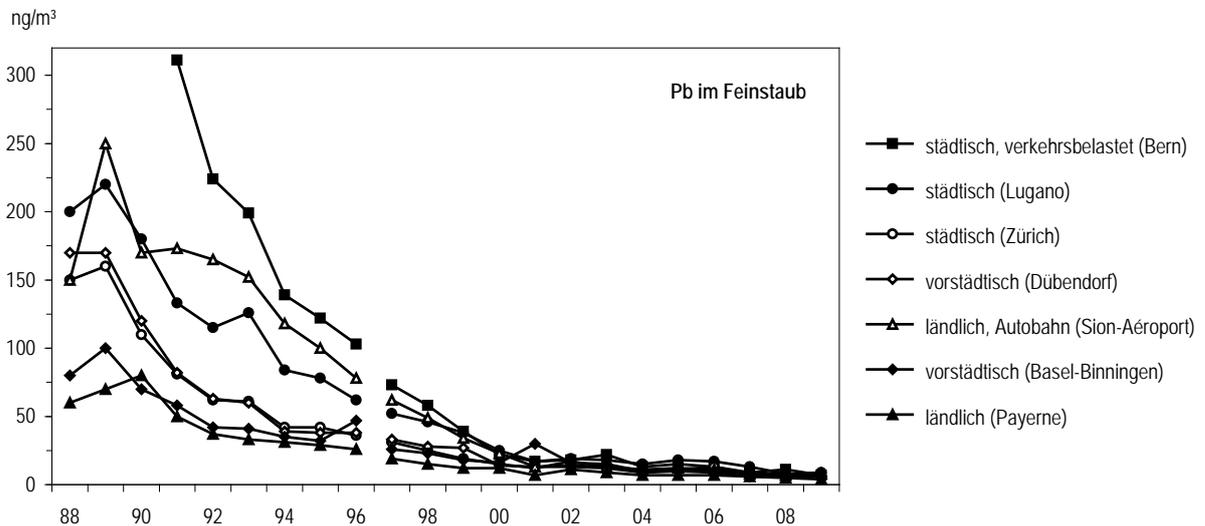
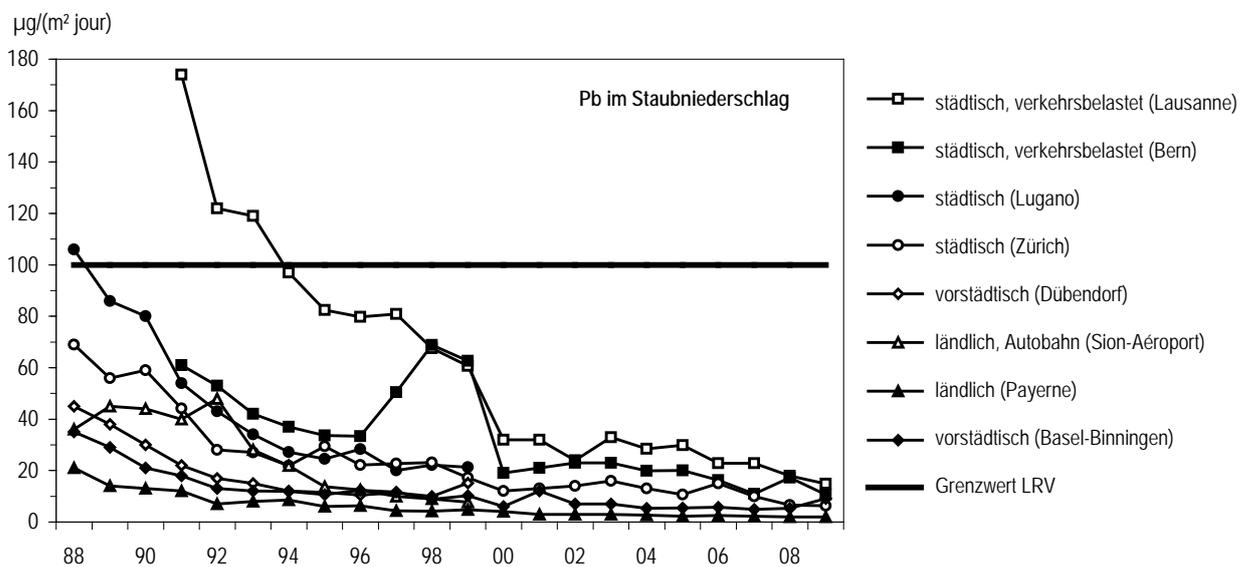


Abb. 8 Blei im Staubniederschlag: Jahresmittelwerte 1988–2009



Die hauptsächlichsten Emissionen von Blei stammten früher aus dem Motorfahrzeugverkehr. Seit den 1970er-Jahren haben die Bleiemissionen dank der Senkung des Bleigehalts im Super- und Normalbenzin stark abgenommen. Mit der Einführung unverbleiten Normalbenzins mit dem Inkrafttreten des USG auf Januar 1985 wurde eine weitere entscheidende Verminderung der Umweltbelastung durch Blei eingeleitet. Die Bleiemissionen betragen heute nur noch knapp 5 % der Emissionen zu Beginn der 1970er-Jahre. Entsprechend sind die Konzentrationen von Blei im Feinstaub seit 1988 (Beginn der Schwermetallmessungen) an den meisten Standorten sehr stark zurückgegangen. Dasselbe gilt für die Bleideposition. Die deutlich erhöhten Werte der Jahre 1997–1999 in Bern waren wohl auf einen vorübergehenden lokalen Effekt während grösserer Bauarbeiten beim provisorischen Messstandort zurückzuführen.

Kadmium

Abb. 9 Kadmium im Feinstaub: Jahresmittelwerte 1988–2009

Bis 1996 Messung im Totalen Schwebstaub TSP, ab 1997 im PM10. Die Konsistenz der Datenreihe wird dadurch nicht beeinträchtigt, da Kadmium praktisch vollständig im PM10 enthalten ist.

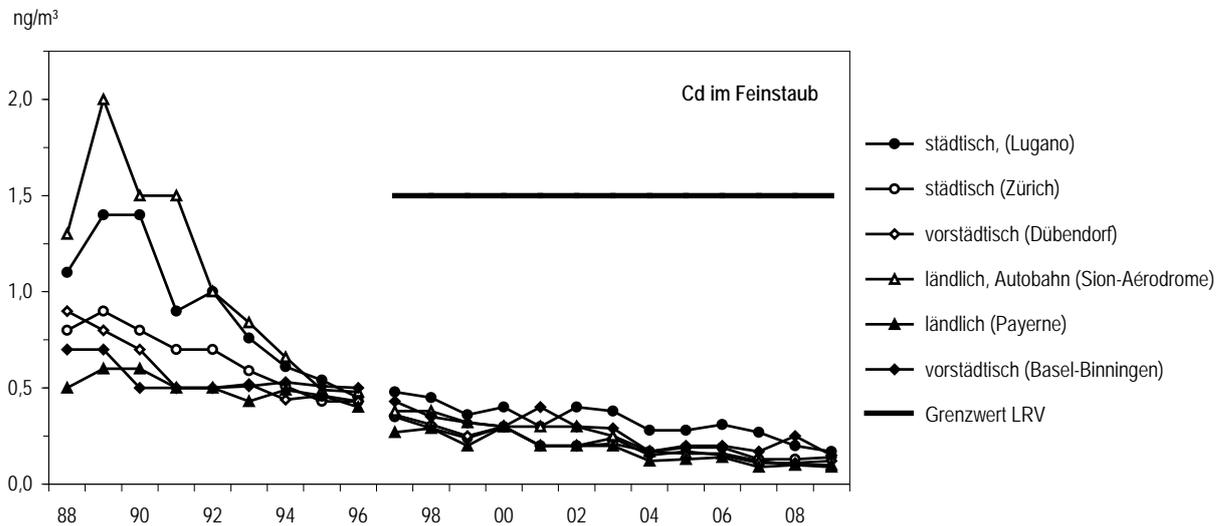
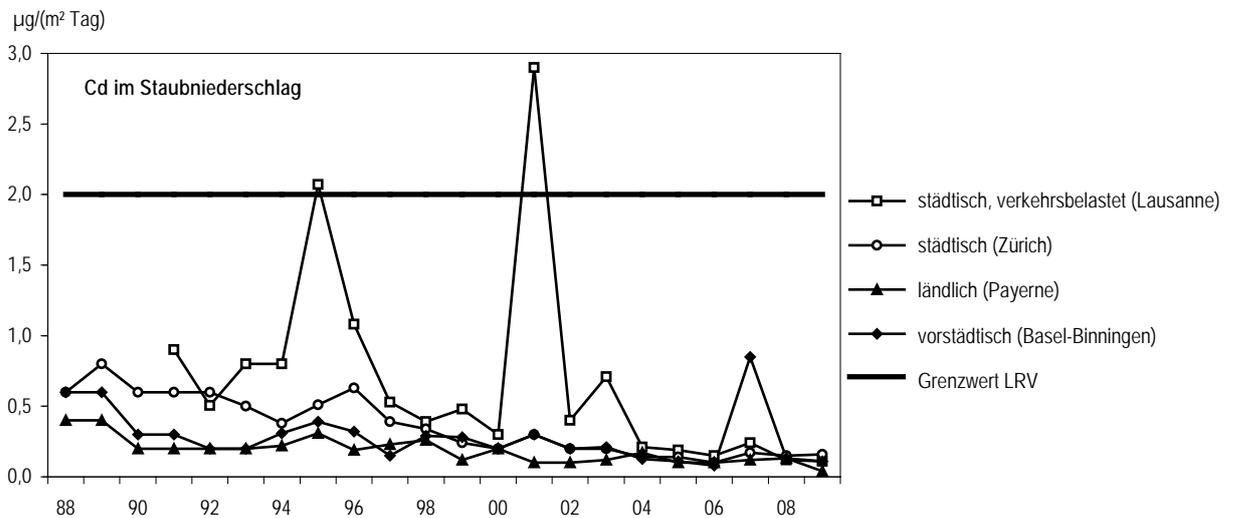


Abb. 10 Kadmium im Staubbiederschlag: Jahresmittelwerte 1988–2009



Die Kadmiumkonzentration im Feinstaub hat sich seit Beginn der Messreihen Ende der 1980er-Jahre mehr als halbiert. Der Immissionsgrenzwert für Kadmium im Schwebestaub wird heute an allen Stationen deutlich eingehalten. Die Konzentrationen liegen durchwegs unter $0,3 \text{ ng/m}^3$. Die Kadmiumbelastung im Staubbiederschlag ist ebenfalls, wenn auch nicht im selben Ausmass, zurückgegangen. Die sehr hohen Werte in Lausanne in den Jahren 1995 und 2001 wurden wahrscheinlich durch lokale Bauarbeiten verursacht. Der Immissionsgrenzwert für Kadmium im Staubbiederschlag wird heute ebenfalls an allen Stationen eingehalten.

Problemlos eingehalten werden auch die Immissionsgrenzwerte der LRV für Zink und Thallium im Staubbiederschlag.

2.3.5 Auf gutem Weg zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte

Bei den Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) konnten dank zahlreicher Emissionsminderungsmassnahmen zwar deutliche Reduktionen der Immissionskonzentrationen beobachtet, die Ziele aber noch nicht ganz erreicht werden. Im Bericht «Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes» vom 11. September 2009 (LRK 2009) werden aber weitere Minderungsmassnahmen vorgeschlagen, mit denen bis etwa 2020 der Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid wohl weitgehend eingehalten wird und die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen im erforderlichen Ausmass gesenkt werden sollten.

2.3.5.1 Stickoxide

Abb. 11 Stickstoffdioxid (NO₂): Jahresmittelwerte 1981–2009

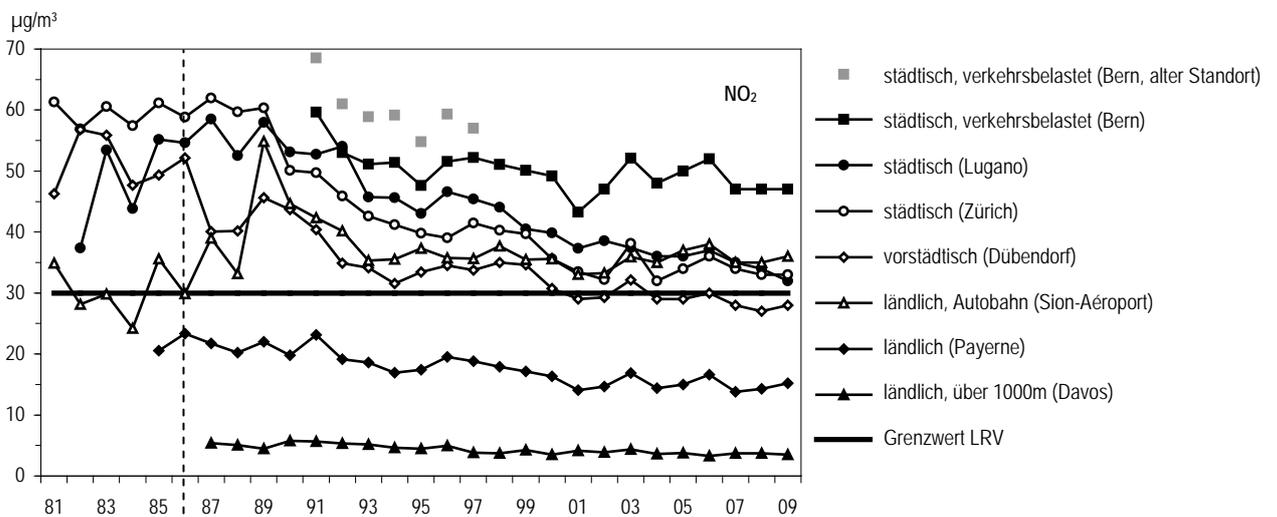
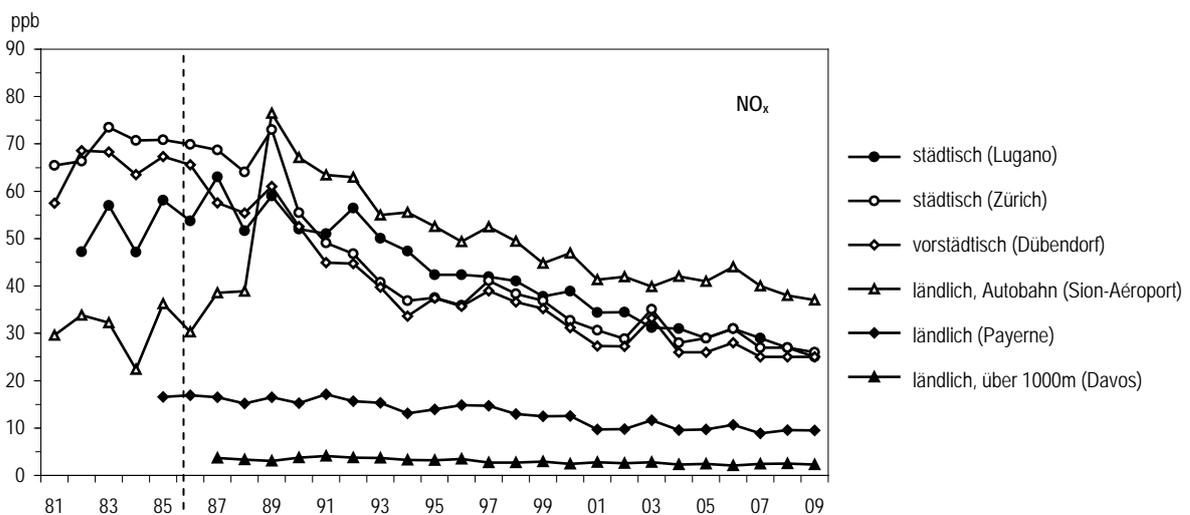


Abb. 12 Stickoxide (NO_x): Jahresmittelwerte 1981–2009



Die Abbildungen zeigen, dass die Belastung der Luft durch Stickoxide bis gegen Ende der 1980er-Jahre keinen klaren Trend aufwies. An einzelnen Stationen nahm sie leicht ab, an anderen leicht zu. Zwischen 1989 und 1994 zeigen die meisten Stationen eine deutliche Abnahme der Stickoxidbelastung. An den vorstädtischen Standorten (abseits von Hauptverkehrsstrassen) liegen die NO₂-Werte heute im Bereich des Grenzwerts, in den ländlichen Gebieten in der Regel darunter. Doch können entlang der Hauptverkehrsachsen Belastungskorridore auftreten, in denen auch im ländlichen Raum die NO₂-Immissionsgrenzwerte überschritten sind. Nach wie vor zu hoch sind die Stickstoffdioxid-Immissionen in den Städten und entlang der Hauptverkehrsachsen, mit oft klaren Überschreitungen des Immissionsgrenzwerts.

Das Stickoxidproblem ist im Wesentlichen das Problem einer permanent zu hohen Belastung. Hohe Spitzenwerte der Stickstoffdioxidbelastung treten dagegen nicht sehr häufig auf.

Bezüglich der direkten Belastung von Mensch und Umwelt durch zu hohe NO₂-Konzentrationen besteht wegen der in Aussicht genommenen Massnahmen (namentlich bei Gebäuden und Feuerungen sowie aufgrund der EURO 6-Standards beim motorisiertem Verkehr) Anlass zur Hoffnung, dass die Immissionsgrenzwerte in absehbarer Zeit in weiten Teilen der Schweiz eingehalten werden können. Allerdings dürfte die unmittelbare Umgebung von Hauptverkehrsachsen eine Ausnahme bleiben.

Es darf aber nicht vergessen werden, dass die Stickoxide auch für die Ozonbildung sowie für den Säureeintrag und die Überdüngung empfindlicher Ökosysteme mitverantwortlich sind. Der Eintrag von Stickstoffverbindungen in empfindliche Ökosysteme liegt noch weit über den tolerierbaren Werten (Critical Loads und Critical Levels → Kap. 2.4.1.2; Massnahmen bezüglich Ammoniak → Kap. 3.1.3 und 4.3.1). Deshalb stellt die Stickoxidbelastung, obwohl sie in den letzten Jahren zurückgegangen ist, nach wie vor ein ernstzunehmendes Problem dar.

2.3.5.2 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Abb. 13 Nichtmethan-VOC (als Methanäquivalente): Jahresmittelwerte 1986–2009

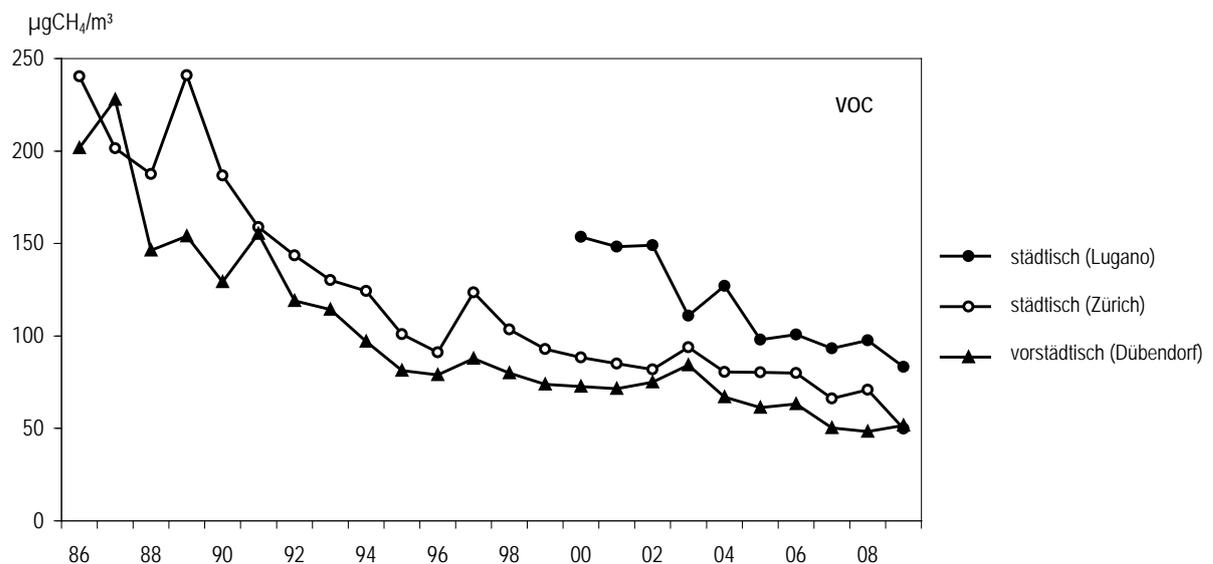
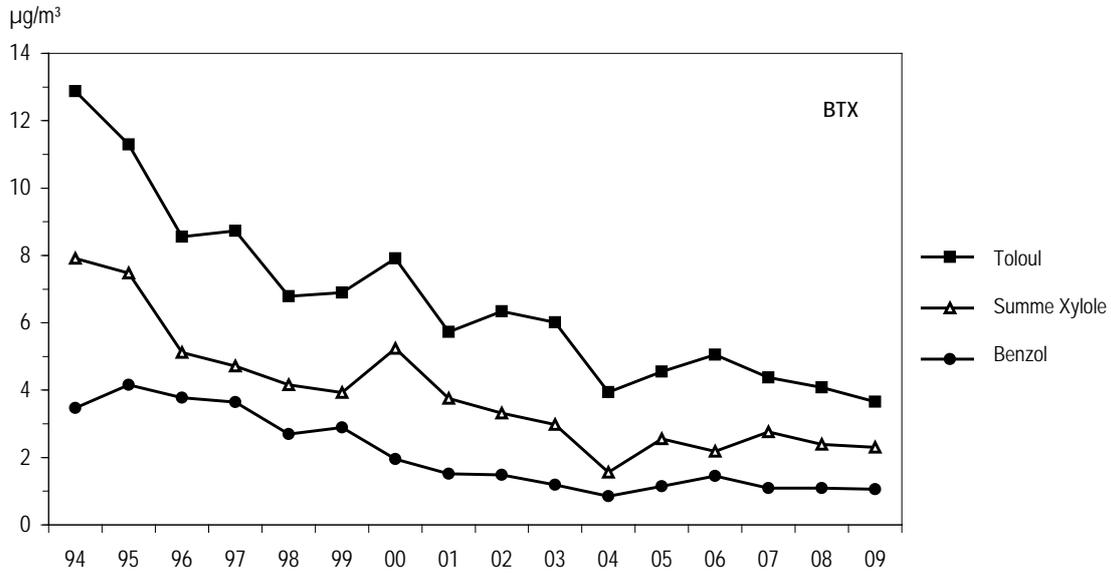


Abb. 14 Aromatische VOC: Jahresmittelwerte 1994–2009, Dübendorf

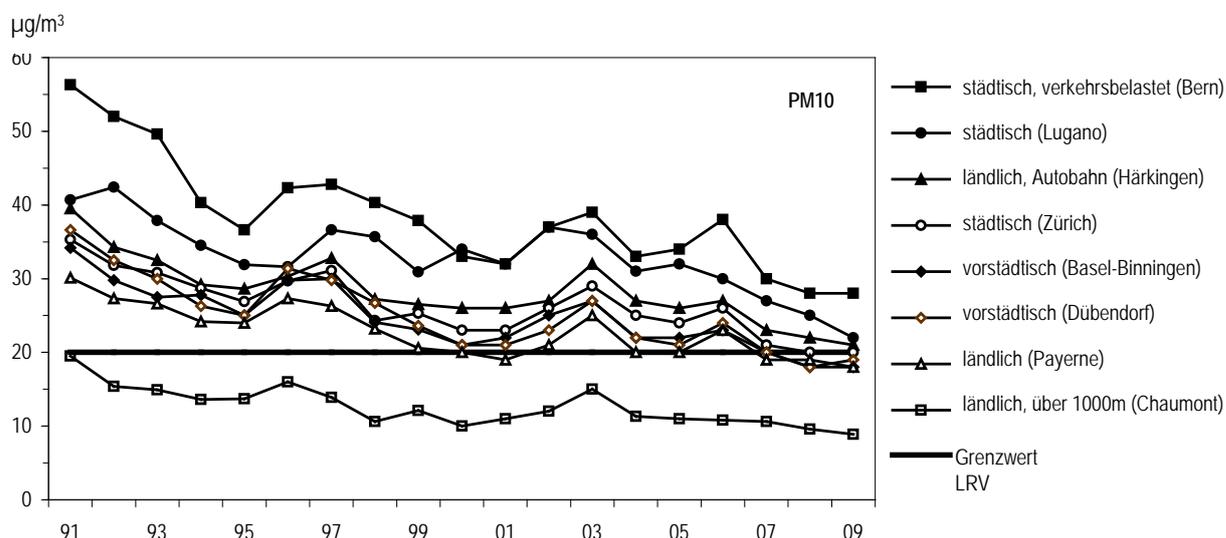


Die Gruppe der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) setzt sich aus einer Vielzahl von Substanzen mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften zusammen. Bei der Wirkung auf den Menschen stehen die krebs-erzeugenden Eigenschaften im Vordergrund (z. B. Benzol). Von der atmosphärenchemischen Wirkung her gesehen ist grundsätzlich zwischen den VOC, die in der Troposphäre Ozon bilden, und den VOC, die in der Stratosphäre Ozon zerstören, zu unterscheiden. Gegenüber der Mitte der 1980er-Jahre konnte der Ausstoss von ozonbildenden VOC wesentlich vermindert werden. Zu diesem Erfolg trugen vor allem der Katalysator, die strengen Emissionsgrenzwerte der LRV für Industrie- und Gewerbebetriebe sowie die Benzindampfückführung beim Treibstofftransport und -umschlag bei. Die Einführung der Lenkungsabgabe auf VOC im Jahre 2000 bewirkte einen weiteren deutlichen Rückgang der VOC-Emissionen. Dennoch genügen die bisherigen Massnahmen noch nicht, um die Emissions- und Immissionsziele zu erreichen. Im Bericht «Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes» vom 11. September 2009 werden aber auch für VOC weitere Minderungs-massnahmen vorgeschlagen (namentlich im Bereich Lösemittel und Motorräder), mit denen die Emissionen weiter gesenkt werden können.

2.3.6 Herausforderungen: Einhaltung der Immissionsgrenzwerte noch nicht in Sicht

2.3.6.1 Feinstaub (PM10)

Abb. 15 Feinstaub (PM10): Jahresmittelwerte 1991–2009



Die obenstehende Abbildung zeigt den langjährigen Verlauf der PM10-Jahresmittelwerte an ausgewählten NABEL-Stationen. Zwar wurde im NABEL bis 1997 nicht PM10, sondern der sogenannte «Totale Schwebstaub (TSP)» gemessen, der auch einen Teil der Partikel $>10 \mu\text{m}$ enthielt. Mit experimentell bestimmten Umrechnungsfaktoren konnten aber daraus mit guter Zuverlässigkeit PM10-Konzentrationen hergeleitet werden.

Die Immissionsgrenzwerte für den lungengängigen Feinstaub (PM10) werden auch heute noch in den städtischen und vorstädtischen Gebieten und selbst an tief gelegenen ländlichen Standorten überschritten, z. T. sogar deutlich. Lediglich höher gelegene Stationen wie Chaumont und die in der Abbildung nicht dargestellten Rigi-Seebodenalp und Jungfrauoch bleiben klar unter dem Immissionsgrenzwert. Die übermässige Feinstaubbelastung stellt ein erhöhtes Risiko für die menschliche Gesundheit dar. Die grossflächige Überschreitung der Grenzwerte ist ein klares Signal, dass die Feinstaubbelastung weiter gesenkt werden muss und die bisherige schweizerische Luftreinhaltungspolitik konsequent weiter zu führen ist. Mit den bisher getroffenen und eingeleiteten Massnahmen, beispielsweise mit der Verschärfung der Abgasvorschriften für Motorfahrzeuge oder strengeren Emissionsvorschriften für stationäre Anlagen, wird auch die Feinstaubbelastung reduziert.

Da viele verschiedene Quellen und Schadstoffe (primäre Staubemissionen und Vorläuferschadstoffe für die sekundären Partikel) zur PM10-Belastung beitragen, wird nur eine Summe von Massnahmen die Belastung erfolgreich senken können. Dabei sind Emissionsminderungen von der lokalen und regionalen über die nationale bis hin zur internationalen Ebene erforderlich. Die Aktivitäten der EU (z. B. Emissionsverminderung durch neue Abgasgrenzwerte) werden sich auch in der Schweiz positiv auswirken.

Besondere Anstrengungen braucht es bei den krebserregenden Komponenten des Feinstaubes (Russ, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe). Für diese Schadstoffe gibt es keine Unbedenklichkeitsschwelle. Gemäss Art. 11 Abs. 2 USG sind die Emissionen dieser Komponenten im Rahmen des Minimierungsgebots so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Als Hauptquellen sind hier Dieselmotoren und Holzfeuerungen zu nennen.

2.3.6.2 Ozon

Abb. 16 Ozon: 98 %-Werte des ozonreichsten Monats 1990–2009

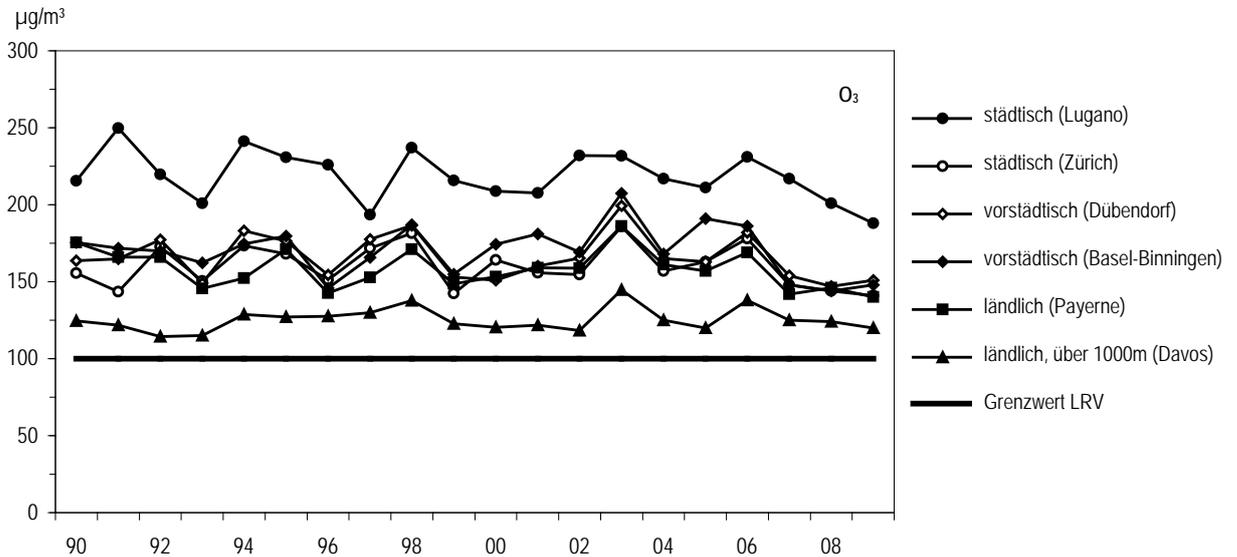
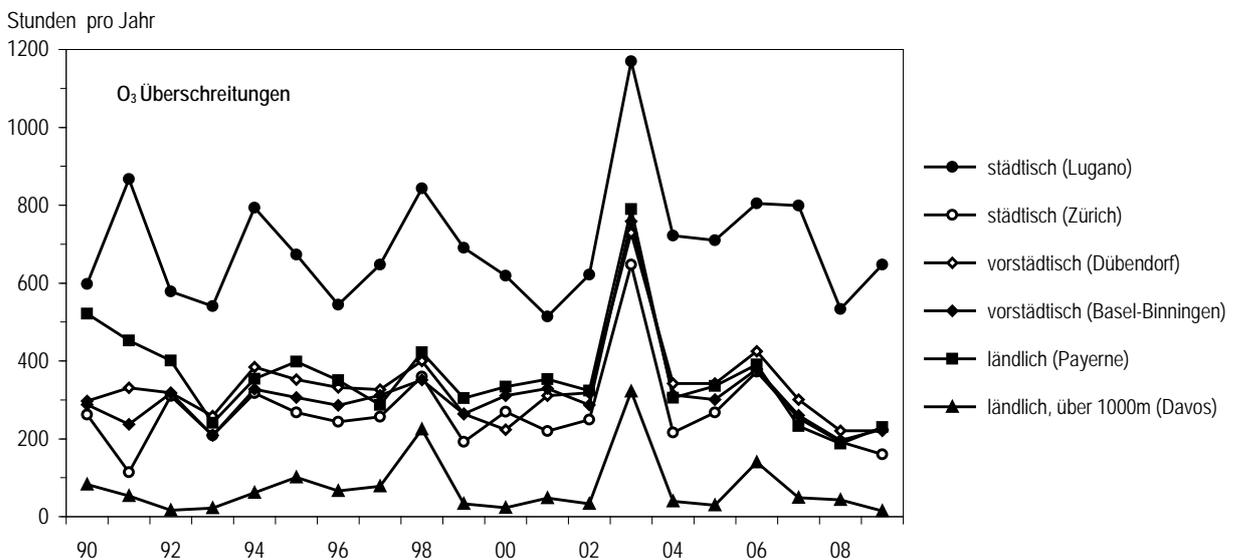


Abb. 17 Ozon: Anzahl Überschreitungen des 1h-Immissionsgrenzwerts von 120 µg/m³ 1990–2009



Die übermässigen Ozonimmissionen stellen ein Lufthygieneproblem von grossräumigem Ausmass dar, mit entsprechend weit reichenden Folgen. Ursache dieser Ozonimmissionen ist die zu hohe Belastung der Luft durch die anthropogen bedingten Vorläufersubstanzen, die Stickoxide (NO_x) und die flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Das Sommersmogproblem lässt sich nur durch eine massive Verminderung dieser beiden Vorläuferschadstoffe lösen und zwar soll es grundsätzlich durch dauerhaft wirksame Massnahmen gelöst werden. Die bisher national und international eingeleiteten Massnahmen werden die Ozonvorläuferstoffe zwar weiter vermindern. Es sind aber zusätzliche dauerhaft wirksame Luftreinhalte-massnahmen vorgesehen. Mit der Umsetzung dieser Massnahmen ist mittelfristig eine gewisse Entschärfung des Sommersmogproblems zu erwarten, eine Einhaltung der Immissionsgrenzwerte für Ozon ist aber in absehbarer Zeit realistischerweise nicht zu erwarten.

2.3.6.3 Deposition eutrophierender und säurebildender Komponenten mit dem Regen

Abb. 18 Ammoniumdeposition mit dem Regen

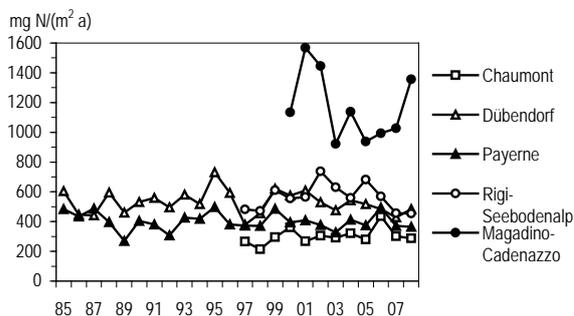


Abb. 19 Nitratdeposition mit dem Regen

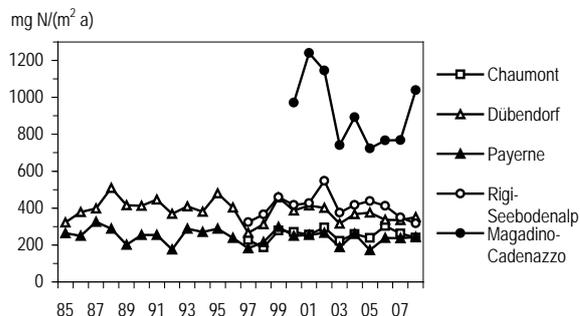


Abb. 20 Sulfatdeposition mit dem Regen

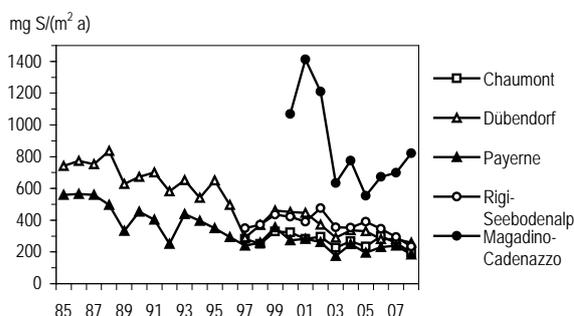
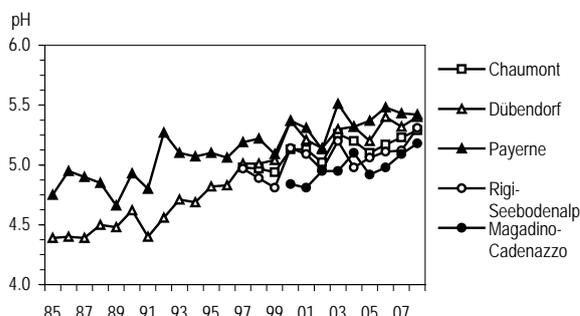


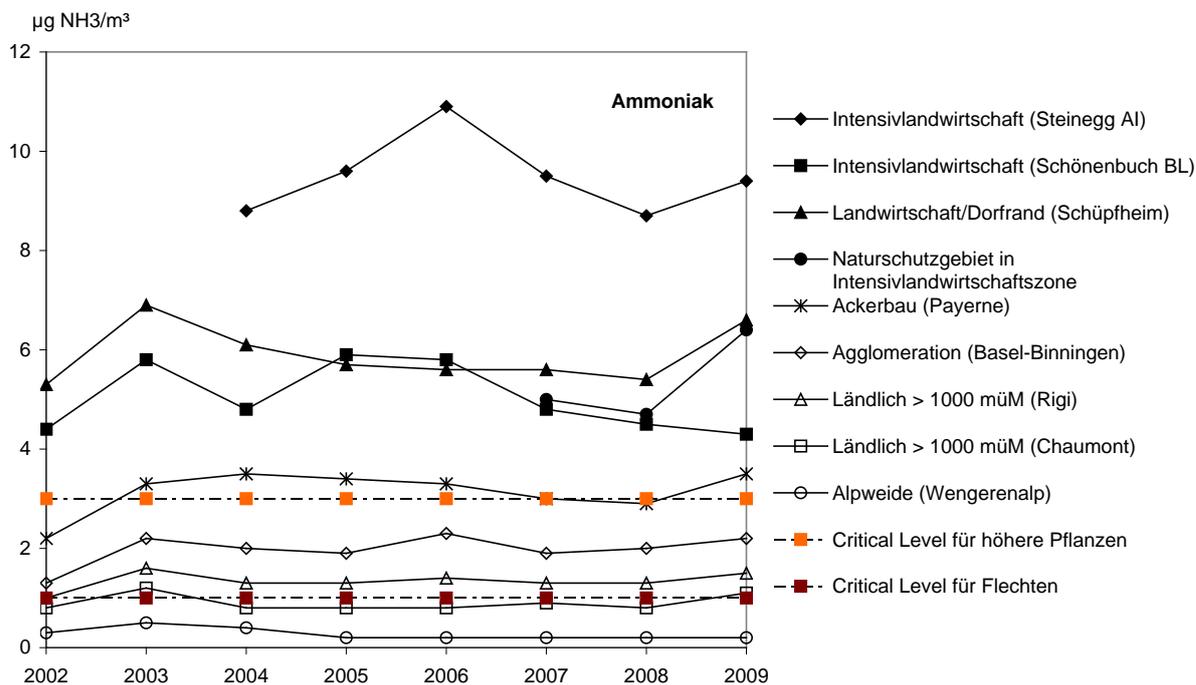
Abb. 21 pH-Wert des Regenwassers



In den Abb. 18 und Abb. 19 ist die Deposition von Stickstoff als Ammonium und Nitrat im Regen wiedergegeben. Die Darstellung der langjährigen Verläufe zeigt, dass die Einträge in die Böden seit Jahrzehnten praktisch unverändert geblieben sind. Die Einträge von Stickstoffverbindungen aus der Luft führen zu einer Stickstoffanreicherung in den Böden und zu einer Überdüngung der Ökosysteme. Die Stickstoffverbindungen tragen überdies zur Versauerung der Böden bei.

Zu beachten ist, dass die Deposition mit dem Regen im Mittel nur etwa die Hälfte des gesamten Stickstoffeintrags ausmacht. Der Rest wird trocken deponiert durch die Gase Ammoniak, Stickstoffdioxid und Salpetersäure sowie durch Nitrat und Ammonium im Staub. Wie bedeutend die Trockendeposition ist, hängt unter anderem vom Bewuchs einer Fläche ab. In Wäldern ist der Anteil des Regens an der Stickstoffdeposition geringer als im Freiland. In hochgelegenen Wäldern spielt zusätzlich der Eintrag mit dem Nebel eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Deutlich ersichtlich ist der substanzielle Beitrag von Ammonium zur Stickstoffdeposition, welcher durch die hohen Emissionen von Ammoniak verursacht wird. Berücksichtigt man auch die trockene Deposition, trägt der reduzierte Stickstoff (Ammoniak und Ammonium) zwei Drittel zum gesamten Eintrag bei. Die Ammoniakkonzentrationen in der Luft werden erst seit knapp 10 Jahren gemessen. Es zeichnet sich kein Rückgang der Belastung ab. In der Abb. 22 sind die Critical Levels der UNECE für Ammoniak als Bewertungsmaßstab eingezeichnet. Für höhere Pflanzen ist kein einzelner Wert, sondern ein Bereich definiert.

Abb. 22 Ammoniak NH₃: Jahresmittelwerte 2002–2009

Die Einträge von Stickstoffverbindungen aus der Luft führen zu einer Stickstoffanreicherung in den Böden und zu einer Überdüngung der Ökosysteme. Die Stickstoffverbindungen tragen überdies zur Versauerung der Böden bei.

Im Gegensatz zu den Stickstoffverbindungen zeigen die Messungen der Sulfat-Einträge in die Böden einen klaren Rückgang. Dies bedeutet, dass die Versauerung der Böden durch Schwefelverbindungen in den letzten Jahren abgenommen hat. Dies widerspiegelt sich auch im zunehmenden pH-Wert des Regenwassers.

Stickstoffverbindungen werden sehr weiträumig transportiert. So stammten beispielsweise im Jahr 2007 rund 14'600 (von total 16'200) Tonnen des in der Schweiz deponierten Nitrats aus ausländischen Quellen, aber die Schweiz «exportierte» ihrerseits rund 20'000 Tonnen Nitrat an ihre europäischen Nachbarn. Ähnlich, wenn auch etwas weniger ausgeprägt ist die Situation beim Ammonium. Hier stammten 2007 rund 15'800 (von total 36'800) Tonnen des in der Schweiz deponierten Ammoniums aus ausländischen Quellen, die Schweiz «exportierte» rund 30'000 Tonnen. International koordinierte Emissionsreduktionen sind deshalb ein Muss.

Eine Bewertung der Deposition eutrophierender (überdüngender) und säurebildender Komponenten aus der Luft erfolgt über das Konzept der kritischen Belastungsgrenzen (Critical Load). Es wurde im Rahmen der Arbeiten für die Genfer Konvention der UNECE über die weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung eingeführt. Die kritischen Belastungsgrenzen wurden für verschiedene Ökosysteme definiert. Es zeigt sich, dass in der Schweiz die kritischen Belastungsgrenzen des Schadstoffeintrags in empfindliche Ökosysteme (z. B. Hochmoore, Wälder) insbesondere bei den Stickstoffeinträgen nach wie vor und zum Teil massiv überschritten sind. Dasselbe gilt für weite Teile Europas.

Daraus folgt, dass es in der Schweiz und in ganz Europa noch grosser Anstrengungen zur Reduktion der Emissionen von Stickstoffverbindungen (insbesondere Ammoniak, aber auch Stickoxide) und in einzelnen Ländern auch noch von Schwefelverbindungen bedarf. Gelingt dies, so ist mit einer wesentlichen Verminderung der Schadstoffeinträge in empfindliche Ökosysteme zu rechnen.

2.3.7 Fazit

- Unter dem IGW liegt heute die Belastung bei folgenden Luftschadstoffen: Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Schwermetalle. Bei diesen Schadstoffen wurden die zur IGW-Einhaltung erforderlichen Emissionsreduktionen bereits getroffen.
- Dass bis im Jahr 2020 die IGW bzw. die Reduktionsziele weitgehend eingehalten werden können, zeichnet sich auch bei folgenden Luftschadstoffen ab: Stickstoffdioxid und flüchtige organische Verbindungen. Bei diesen Schadstoffen wurden noch nicht alle zur Einhaltung der Ziele erforderlichen Emissionsreduktionen ergriffen. Weitere wichtige Massnahmen sind aber vorgesehen.
- Als Problemschadstoffe verbleiben darüber hinaus insbesondere PM10 (das u.a. auch den Krebs erzeugenden Russ enthält), Ozon und die Stickstoffeinträge. Bei diesen Schadstoffen wurden bisher die zur Einhaltung der Ziele erforderlichen Emissionsreduktionen national und international noch nicht in genügendem Ausmass in Angriff genommen.

2.3.8 Dokumentation

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz, Status-Bericht, Schriftenreihe Umwelt 384, Bern.

Empa 2010: Technischer Bericht zum Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL). CD-ROM, Bezug: Empa Dübendorf.

NABEL-Jahresberichte: www.bafu.admin.ch/luft/00649/01960/index.html?lang=de

www.umwelt-schweiz.ch/luft → Luftbelastung: NABEL-Daten als aktuelle Werte sowie Entwicklung der Schadstoffbelastung seit 1988; Angaben zum Messnetz und zu den einzelnen Stationen; Dossiers zu bestimmten Schadstoffen, Emissionsquellen und Emissionsbegrenzungsmassnahmen; PDF-Dateien diverser Publikationen.

2.4 Wie das USG gegen Luftbelastungen vorgeht

2.4.1 Das Konzept des zweistufigen Immissionsschutzes nach USG

2.4.1.1 Die zwei Massnahmen-Stufen gemäss Art. 11 USG

Die Verfassung verpflichtet den Bund in Art. 74 BV, Mensch und Umwelt vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu schützen. Um diesen Schutzanspruch einzulösen, sieht das USG für die Luftreinhaltung ein zweistufiges Vorgehen vor. Dabei werden die Emissionen im Sinne des Grundsatzes von Art. 11 Abs. 1 USG an der Quelle begrenzt (→ Kap. 2.4.1.3).

Nach Art. 11 Abs. 2 USG sind Emissionen unabhängig von der Umweltbelastung – also in jedem Fall – so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (erste Stufe des Immissionsschutzes). Denn das Vorsorgeprinzip gebietet, die Luftverschmutzung so niedrig wie möglich zu halten und nicht erst bei einer konkreten Gefährdung von Mensch und Umwelt einzugreifen. Auch ist keine Sicherheit über die Schädlichkeit oder Lästigkeit von Einwirkungen vorausgesetzt. Vielmehr genügt die Wahrscheinlichkeit von Schädigungen, denn Sicherheitsmargen liegen im Sinne der Vorsorge.

- Mit der Wendung «technisch und betrieblich möglich» wird der Einsatz des besten verfügbaren Standes der Technik (BAT, best available technology) verlangt. Damit sind auch technische Lösungen erfasst, wie sie bei vergleichbaren Anlagen im In- oder Ausland erfolgreich erprobt oder bei Versuchen erfolgreich eingesetzt wurden und auf andere Anlagen übertragen werden können (Art. 4 Abs. 2 LRV). Dieses Konzept ist auf eine grundsätzliche Dynamisierung des Umweltschutzes ausgelegt.

- Als Massstab dafür, ob Emissionsbegrenzungen als «wirtschaftlich tragbar» (EVA, economically viable application) gelten, ist nach Art. 4 Abs. 3 LRV ein gut geführter Standardbetrieb heranzuziehen. Die Beurteilung bezieht sich demnach nicht auf die konkrete wirtschaftliche Situation eines bestimmten Betriebes.

Die kombinierten Massstäbe des technisch und betrieblich Machbaren sowie der wirtschaftlichen Tragbarkeit – zusammengefasst auch bekannt als EVABAT, economically viable application of best available technology – für Massnahmen im Rahmen der Vorsorge entsprechen einer *allgemein formulierten Konkretisierung des verfassungsmässigen Verhältnismässigkeitsprinzips*. Diese Massstäbe gelten deshalb auch in anderen vom USG geregelten Bereichen.

Härtere Massnahmen sind nötig, wenn feststeht oder zu erwarten ist, dass die Einwirkungen von Luftschadstoffen unter Berücksichtigung der bestehenden Umweltbelastung schädlich oder lästig werden, die Immissionen also im Vergleich mit dem verfassungsmässigen Ziel übermässig sind. In diesem Fall werden aufgrund von Art. 11 Abs. 3 USG verschärfte Emissionsbegrenzungen erlassen (zweite Stufe des Immissionsschutzes).

Bei dieser zweiten Stufe steht der Schutz des Menschen und seiner Umwelt vor einer übermässigen Belastung über den wirtschaftlichen Überlegungen. Es können deshalb auch Massnahmen ergriffen werden, die für Anlageninhaber wirtschaftlich einschneidend sind. Auch auf dieser Stufe ist das Verhältnismässigkeitsprinzip einzuhalten. Um ihm zu genügen, müssen die verschärften Emissionsbegrenzungen *im Einzelfall* insbesondere eine vernünftige Zweck/Mittel-Relation aufweisen.

Verschärfte Emissionsbegrenzungen sind im Übrigen bei Bewilligungen von neuen Anlagen wie auch bei der Sanierung von bestehenden Anlagen (→ Kap. 2.4.1.4) soweit nötig gleichzeitig mit solchen im Rahmen der Vorsorge anzuordnen.

2.4.1.2 Immissionsgrenzwerte und Critical Loads sowie Critical Levels

Ob nur vorsorgliche oder auch verschärfte Emissionsbegrenzungen (→ Kap. 2.4.1.1) anzuordnen sind, hängt davon ab, *ob die Luftbelastung übermässig* ist oder nicht. Für die Beurteilung der Übermässigkeit – der Schädlichkeit oder Lästigkeit – von Einwirkungen sind deshalb verbindliche Massstäbe erforderlich. Dazu legt der Bundesrat nach Art. 13 USG für ausgewählte Schadstoffe, die als Indikatoren für die Luftbelastung gelten, *Immissionsgrenzwerte* fest. Diese haben auch die erhöhte Empfindlichkeit von Personengruppen wie Kinder, Kranke, Betagte und Schwangere und die Kriterien von Art. 14 Bst. a–d USG zu berücksichtigen. Die geltenden Immissionsgrenzwerte für ein Dutzend Luftschadstoffe finden sich in Anhang 7 LRV.

Immissionsgrenzwerte sind wirkungsbezogen und auf langfristigen Schutz ausgelegt. Sie haben zwar auch das kurzfristige Schädigungspotenzial in Rechnung zu stellen, sind aber kein Massstab für das akute Risiko von Einzelpersonen. Bei der Festlegung einzelner Werte muss dem Umstand Rechnung getragen werden, dass bestimmte Immissionen in der Regel nicht einzeln, sondern zusammen mit anderen auftreten und sich auch gesamthaft oder durch Interaktionen auswirken (Art. 8 USG).

Für die als Indikatoren gewählten Luftschadstoffe NO₂, PM10, Ozon, SO₂ und CO enthält Anhang 7 LRV sowohl Langzeit- als auch Kurzzeitgrenzwerte (→ Tab. 2 in Kap. 2.3.2). Anders als gemäss dem EU-Recht dürfen nach schweizerischem Recht diese auf 1 Stunde bzw. auf 24 Stunden gerechneten Mittelwerte höchstens einmal pro Jahr überschritten werden. Diese Vorgabe ist jeweils schwieriger zu erreichen als die Einhaltung des Jahresmittelwertes. Bei den meisten Schadstoffen bildet der Jahresmittelwert die Entwicklung der Luftbelastung gültig ab; beim Ozon sind hingegen die 98 %-Werte des ozonreichsten Monats sowie die Anzahl der Überschreitungen des 1-Stunden-Immissionsgrenzwertes aussagekräftiger.

Das Gesetz verlangt, dass die Grenzwerte «nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung» festzulegen sind. Wissenschaft und Forschung zu den Folgen der Luftbelastung werden von unterschiedlichen Disziplinen betrieben (Medizin, Ökologie, Physik usw.). Wenn sich die EKL zur Festlegung von Immissi-

onsgrenzwerten äussert, zieht sie die Erkenntnisse der massgeblichen Wissenschaften bei. Sie berücksichtigt ebenso die Beurteilungen von namhaften Expertenorganisationen, namentlich jenen der Weltgesundheitsorganisation (WHO), aber auch von Fachgremien anderer internationaler Akteure wie etwa der umweltpolitischen Abteilung der Wirtschaftskommission für Europa der UNO (UNECE), in deren Rahmen wichtige internationale Regelungen über die Luftreinhaltung ausgehandelt wurden. Um sicherzustellen, dass die Immissionsgrenzwerte dem Stand der Wissenschaft und der Erfahrung entsprechen, müssen die geltenden Massstäbe periodisch überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. So wurde beispielsweise 1998 der Immissionsgrenzwert für Gesamtstaub durch Immissionsgrenzwerte für Schwebstaub (PM10) ersetzt.

Werden die vom Bundesrat festgelegten Immissionsgrenzwerte eingehalten, sollten grundsätzlich für Mensch und Umwelt keine Schäden auftreten. Allerdings zeigen neuere Erkenntnisse, dass sich bei verschiedenen Schadstoffen – und nicht nur wie schon länger bekannt bei kanzerogenen Schadstoffen – keine Wirkungsschwellen feststellen lassen, unterhalb derer keinerlei Folgen mehr anzunehmen sind (→ Kap. 3.1.2).

Bei kanzerogenen Stoffen gibt die WHO keine Empfehlungen für Grenzwerte ab, da die Festlegung des Schutzniveaus in diesen Fällen einen politischen Entscheid verlangt. Ein solcher ausdrücklicher politischer Entscheid liegt in der Schweiz nicht vor. Die EKL vertritt unter anderem auf der Grundlage von rechtlichen Abklärungen den Standpunkt, dass für kanzerogene Schadstoffe zwar keine Immissionsgrenzwerte festgelegt werden sollen, die Belastung indessen so gering wie möglich zu halten ist. In diesem Sinn legt Anhang 1 LRV fest, dass die gemäss Ziffer 82 Absatz 2 in Verbindung mit Ziffer 83 geltenden Werte für (in drei Klassen eingeteilte) kanzerogene Schadstoffe nur Mindestanforderungen darstellen. Um einen möglichst guten Schutz vor diesen Schadstoffen zu erreichen, sind nach Ziffer 82 Absatz 1 darüber hinaus im Rahmen der Vorsorge Massnahmen zu treffen, die eine Unterschreitung dieser Werte ermöglichen, soweit dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist.

Beurteilung von Geruchsbelästigungen

Die Beurteilung von Geruchsbelästigungen unterscheidet sich grundlegend von der Beurteilung anderer Luftbelastungen. Zum einen geht es bei Gerüchen meist nicht um Schädlichkeit, sondern um Lästigkeit. Zum anderen ist ein Nachweis von Geruchsbelästigungen mittels physikalisch-chemischer Messverfahren meistens nicht praktikabel, denn sie werden meist schon bei sehr niedrigen Stoffkonzentrationen und durch das Zusammenwirken verschiedener Substanzen hervorgerufen. Aus diesem Grunde werden Gerüche meist durch Befragungen der betroffenen Bevölkerung oder den Einsatz von Testpersonen (Probanden) beurteilt; vgl. Art. 2 Abs. 5 Bst. b LRV.

Zur Beurteilung von Belastungen auf Ökosysteme verwendet das Genfer Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung von 1979, durch verschiedene Protokolle wie jenes von Göteborg ergänzt, ein flächenbezogenes Konzept. Dieses internationale Regelwerk mit seinen verschiedenen Protokollen zu bestimmten Luftschadstoffen ist für die Schweiz verbindlich. Es setzt bezüglich verschiedenen Ökosystemen bzw. Landschaftstypen (z. B. Wald, Moore oder landwirtschaftlich genutzte Flächen) Critical Loads – sogenannte Depositionsgrenzwerte – und Critical Levels² für den Eintrag von Schadstoffen fest. Analog zu den Immissionsgrenzwerten ist bei Einhaltung dieser Werte nach aktuellem Wissensstand keine Beeinträchtigung des betrachteten Ökosystems zu erwarten. Die Werte der Critical Loads und Critical Levels entsprechen in ihrer Funktion den Beurteilungsmassstäben der Immissionsgrenzwerte im Sinne von Art. 14 USG. Dass die Critical Loads und Critical Levels nicht in die LRV integriert wurden, führt dazu, dass diese Beurteilungsmassstäbe beim Vollzug des USG nicht immer die ihnen gebührende Aufmerksamkeit erhalten.

² Die Übersetzungen «kritische Belastungsrate» oder «kritisches Belastungsniveau» sind nicht gebräuchlich.

2.4.1.3 Massnahmen zur Emissionsminderung, insbesondere Emissionsbegrenzungen

Die Begrenzung der Emission von Luftschadstoffen basiert zum einen auf Vorschriften im USG und zum anderen auf solchen in anderen Bereichen wie dem Abgaben-, Energie-, Klima-, Landwirtschafts-, Raumpfanungs- und Verkehrsrecht. Diese unterschiedlichen gesetzlichen Grundlagen bestimmen die zur Verfügung stehenden Instrumente und die Zuständigkeiten.

Das *Umweltschutzgesetz* kennt gemäss Art. 12 Abs. 1 USG fünf Gruppen von Emissionsbegrenzungen, die im Sinne von Art. 11 Abs. 1 USG bei der Quelle ansetzen: Emissionsgrenzwerte (Bst. a); Bau- und Ausrüstungsvorschriften (Bst. b); Verkehrs- oder Betriebsvorschriften (Bst. c); Vorschriften über die Wärmeisolation von Gebäuden (Bst. d, heute Vorschriften aufgrund des Energierechts) sowie Vorschriften über Brenn- und Treibstoffe (Bst. e). Je nach Situation werden diese Instrumente mit Konformitätsbewertungen u.Ä. (Art. 40 USG) sowie Information und Beratung oder verschiedenen Formen der Zusammenarbeit mit der Wirtschaft (Art. 6, 41a und 47 USG) kombiniert.

Die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) setzt das zweistufige Konzept der Luftreinhaltung mit den Instrumenten von Art. 12 USG um und regelt die Emissionsbegrenzung bei neuen sowie bestehenden Anlagen (Sanierungen, → Kap. 2.4.1.4), und zwar sowohl bezüglich der ersten wie auch der zweiten Stufe des Immissionsschutzes (→ Kap. 2.4.1.1).

- Anhang 1 LRV enthält schadstoffspezifische und die Anhänge 2 bis 6 regeln anlagespezifische Vorschriften über die Emissionsbegrenzung *im Rahmen der Vorsorge*. In der Regel werden Emissionsgrenzwerte auf Konzentrationen von Schadstoffen bezogen, bei deren Festlegung auch Überlegungen zu den Schadstofffrachten berücksichtigt werden. Die Konzentrationswerte für krebserzeugende Luftschadstoffe gemäss Anhang 1 Ziff. 83 LRV gelten als Maximalwerte, deren Unterschreitung soweit verhältnismässig geboten ist (Minimierungsgebot). Wenn spezifisches Ordnungsrecht fehlt, müssen im Einzelfall vorsorgliche Emissionsbegrenzungen direkt aufgrund der Kriterien des Standes der Technik und der wirtschaftlichen Tragbarkeit gemäss Art. 11 Abs. 2 USG (→ Kap. 2.4.1.1) verfügt werden.
- *Verschärfte Emissionsbegrenzungen* werden nach Art. 5 bzw. 9 LRV grundsätzlich im Einzelfall durch Verfügung angeordnet, doch können die zuständigen Kantone sie für bestimmte Anlagenkategorien im Rahmen der Massnahmenplanung (→ Kap. 2.4.1.5) auch generell vorschreiben (Art. 32 Abs. 2 LRV). Neben verschärfenden Emissionsbegrenzungen sind auch ergänzende Emissionsbegrenzungen möglich, etwa die Anordnung von Betriebsvorschriften (Beschränkung der Betriebszeiten) in Ergänzung zur Einhaltung strengerer Emissionsgrenzwerte.

Der Vollzug des zweistufigen Immissionsschutzes erfolgt hauptsächlich durch die Kantone (Art. 35 LRV). Das BAFU verfolgt die Entwicklung des wirtschaftlich tragbaren besten verfügbaren Standes der Technik (EVABAT) bei den verschiedenen Anlagen und bezüglich der Reduktion der zahlreichen Luftschadstoffe laufend. Revisionen der Vorschriften über die Emissionsbegrenzung erfolgen periodisch durch den Bundesrat. Dabei muss jeweils eine angemessene, die verfassungsmässigen Garantien wahrende Übergangsfrist für die Anpassung von Anlagen an die neuen Vorschriften eingeräumt werden.

Nun verlangt Art. 4 Abs. 1 USG, dass die *Vorschriften über Luftverunreinigungen aufgrund anderer Bundesgesetze* (z. B. in den Bereichen Landwirtschaft oder Verkehr) auch dem zweistufigen Immissionsschutzkonzept des USG entsprechen müssen. Deshalb enthalten zahlreiche Verordnungen anderer Bereiche, namentlich bezüglich Anforderungen an Motorfahrzeuge, Emissionsbegrenzungsvorschriften. Auch sie gelten als Umweltrecht (sogenanntes funktionales Umweltrecht).

Aufgrund von Art. 35a–35b^{bis} USG können zur Reduktion von Emissionen zudem auf flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), Heizöl Extraleicht sowie Schwefel in Benzin und Dieselöl *Lenkungsabgaben* erhoben werden. Diese Abgaben sind jeweils in eigenen Verordnungen geregelt. Sodann dienen zahlreiche *Vorschriften über Stoffe* (Art. 26–29 USG, ausgeführt namentlich durch die ChemRRV) und *über Abfälle* (insbesondere aufgrund von Art. 30c USG) auch der Begrenzung von Luftschadstoffemissionen.

Emissionsbegrenzungen – ob durch Verordnung oder Verfügung vorgeschrieben – sind nicht nur bei der Inbetriebnahme von Anlagen einzuhalten. Um die Wirkung der Emissionsbegrenzungen auf Dauer sicherzustellen, sind die Emissionen deshalb wo nötig, möglich und zweckmässig über die gesamte Dauer des Gebrauchs, des Betriebs oder der Nutzung von Anlagen gemäss Art. 45 USG periodisch zu kontrollieren oder sogar kontinuierlich zu überwachen. Die Qualität und Effizienz solcher *Kontrollen* werden durch Koordination, durch Zusammenarbeit mit Branchenorganisationen (Art. 41a, Art. 43 USG) sowie durch Information und Beratung (Art. 6 USG) sowie Ausbildung sichergestellt.

Die *Abgaben-, Energie-, Klima-, Landwirtschafts-, Raumplanungs- und Verkehrsgesetzgebungen* (→ Kap. 4.3) arbeiten teils ebenfalls mit den Formen der Emissionsbegrenzung im Sinne des USG. Zudem ergänzen diese Gesetzgebungen die Palette mit *planerischen Instrumenten*, die namentlich für die Steuerung der Entwicklung von Siedlungsraum und Verkehr ausschlaggebend und auf weite Zeiten hinaus wirksam sind (z. B. Planung von Strassen- und Bahnnetzen, Festlegung geeigneter Standorte für verkehrsintensive Anlagen durch die Richtplanung). Entscheide in diesen Regelungsbereichen – namentlich zur Finanzierung grosser Investitionsprojekte – können sich indessen auch negativ auf die Luftqualität auswirken, wie sich etwa aus den Auswirkungen der Umleitung des Gotthard-Verkehrs wegen eines Felssturzes bei Gurtellen im Jahr 2006 ableiten lässt. Sodann komplettieren vielfältige *finanzielle Instrumente* (z. B. CO₂-Abgabe auf Brennstoffen, Förderbeiträge verschiedener Art nach Energie- oder Landwirtschaftsrecht) sowie sogenannte *freiwillige Massnahmen*, namentlich gemäss CO₂-Gesetz, die klassischen Instrumente des USG, wenn sie gezielt zur Reduktion der Luftbelastung eingesetzt werden (Beispiel: höhere LSVA für Fahrzeuge mit höherem Schadstoffausstoss).

Selbstverständlich muss die Rechtsetzung zur Luftreinhaltung immer auch den übrigen Anforderungen an das Bundesrecht genügen. Hier zu erwähnen ist die Verpflichtung zur *Verhinderung technischer Handelshemmnisse* (Art. 4 THG). Deshalb werden technische Vorschriften für nicht stationäre Anlagen, also Fahrzeuge und Geräte, auf jene der wichtigsten Handelspartner der Schweiz abgestimmt. Strengere Vorschriften sind unter den gesetzlich geregelten Bedingungen als Ausnahmen unter anderem im Interesse von Gesundheit und Ökologie möglich.

2.4.1.4 Sanierungspflicht

Einen für den Umweltschutz wichtigen Entscheid fällt der Gesetzgeber, indem er in Art. 16 USG vorschrieb, dass für bestehende Anlagen grundsätzlich die gleichen Vorschriften gelten wie für neue Anlagen.³ Diese Regel kommt nicht nur bei der erstmaligen Einführung von Emissionsbegrenzungen (z. B. Einführung des Gaspendelsystems für Tankstellen), sondern auch dann zum Tragen, wenn die Emissionsbegrenzungen im Rahmen der Vorsorge periodisch an die technische Entwicklung angepasst werden (→ Kap. 2.4.1.3). Sanierungen sind nach USG auch dann Pflicht, wenn der Anlageninhaber von sich aus keine baulichen Änderungen vornehmen will; selbstverständlich sind aber allfällige Bauvorhaben und Sanierungen aufeinander abzustimmen (Art. 18 USG).

Nach Art. 16 Abs. 2 USG ist der Bundesrat ermächtigt, auf Verordnungsebene Differenzierungen vorzusehen, die sich aus verfassungsrechtlichen oder praktischen Gründen ergeben. Meist wird für die Sanierung von ortsfesten Anlagen eine Anpassungsfrist gewährt, die fünf Jahre dauert, wenn keine besonderen Verhältnisse vorliegen wie etwa eine übermässige Immissionsbelastung (Art. 10 LRV). Bei der Einführung der Low-No_x-Technologie für Feuerungen im Jahr 1991 wurde für jene Anlagen, die erst in den Jahren kurz zuvor an die damals geltenden Emissionsbegrenzungsvorschriften angepasst worden waren, eine bis zu zehnjährige Sanierungsfrist gewährt. Immerhin können im Einzelfall Erleichterungen gewährt werden, sofern die Luftbelastung nicht über dem Immissionsgrenzwert liegt (Art. 17 USG). Bei der Einführung von

³ Ausländische Rechtsordnungen kennen oft keine Pflicht, bestehende Anlagen unabhängig von Bauprojekten an neue Vorschriften anzupassen. Die Tatsache allein, dass für Neuanlagen (bereits) strengere Vorschriften gelten als in der Schweiz, heisst deshalb nicht, dass die lufthygienischen Anforderungen gesamthaft betrachtet höher sind. Strengere ausländische Anforderungen an mobile Anlagen sind indessen ein Indiz dafür, dass auch entsprechende schweizerische vorsorgliche Emissionsbegrenzungen nicht als technisches Handelshemmnis (→ Kap. 2.4.1.3) gelten.

Emissionsbegrenzungen für Baumaschinen im Jahr 2008 wurde für grosse (nicht aber kleine) länger genutzte Anlagen – differenziert nach Baujahr und Einsatzort – eine Nachrüstung vorgeschrieben.

Bei mobilen Anlagen wie Motorfahrzeugen und Geräten wird in der Regel auf Sanierungen verzichtet, weil Aufwand und Ertrag (z. B. angesichts relativ kurzer Benützungsdauer) für eine Nachrüstung in einem ungünstigen Verhältnis stehen.

2.4.1.5 Kantonale Massnahmenplanung und Umsetzungsaufgaben

Wenn die Luftbelastung übermässig ist – die Immissionsgrenzwerte also überschritten sind – und zudem von einer Vielzahl von Anlagen oder einer Verkehrsanlage stammt, haben die Kantone gemäss Art. 44a USG als Konzept für die Reduktion der Immissionen Massnahmenpläne zu erarbeiten. Die zur Erstellung eines Massnahmenplanes vorausgesetzten Erhebungen, Abklärungen und Analysen verlangen eine systematische Beobachtung und Erfassung der Luftsituation sowie der sie beeinflussenden Quellen und der technischen Möglichkeiten. Sie stellen hohe fachliche Anforderungen an das Vollzugspersonal der Kantone.

Als Massnahmen kommen neben der Verkürzung von Sanierungsfristen bei bestehenden Anlagen (→ Kap. 2.4.1.4) und der Verschärfung von Emissionsbegrenzungen im Sinne von Art. 11 Abs. 3 USG regelmässig auch solche aufgrund anderer Gesetze zum Zug (→ Kap. 2.4.1.3). Denn Massnahmenplanung erlaubt auch die Identifikation von Massnahmen anderer Bereiche, die sich negativ auf die Luftbelastung auswirken, und führt regelmässig zu Anpassungen unterschiedlichster Erlasse. Bei der Auswahl von Massnahmen zur Reduktion der übermässigen Luftbelastung haben die Kantone ein grosses Ermessen (→ Kap. 4.2).

Die Kantone haben die im Massnahmenplan vorgesehenen Massnahmen jeweils in der entsprechenden Form – durch Verfügung oder Erlass – umzusetzen. Wenn Massnahmen notwendig sind, die in der Kompetenz des Bundes liegen, stellen die Kantone dem Bundesrat entsprechende Anträge.

Bei der Umsetzung des Massnahmenplanes durch die Kantone ist die Anordnung verschärfter Emissionsbegrenzungen sowie der Sanierung von Anlagen im Einzelfall besonders anspruchsvoll und aufwendig. Dies gilt namentlich, wo Massnahmen bei grösseren Quellen mit besonderen Emissionscharakteristika notwendig sind. Wenn es um serienmässig hergestellte Quellen wie Feuerungen geht, lässt sich oft in Zusammenarbeit mit Branchenorganisationen (Art. 41a USG) ein adressatenfreundliches Vollzugskonzept umsetzen, das die Behörden entlastet.

Der Erfolg der Massnahmen ist von den Kantonen regelmässig zu überprüfen und der Massnahmenplan bei Bedarf anzupassen. Dies ist etwa der Fall, wenn neue Immissionsgrenzwerte (z. B. für PM10 im Jahr 1998) eingeführt werden oder sich der ursprüngliche Massnahmenplan beispielsweise wegen zusätzlicher Mobilität als ungenügend erweist.

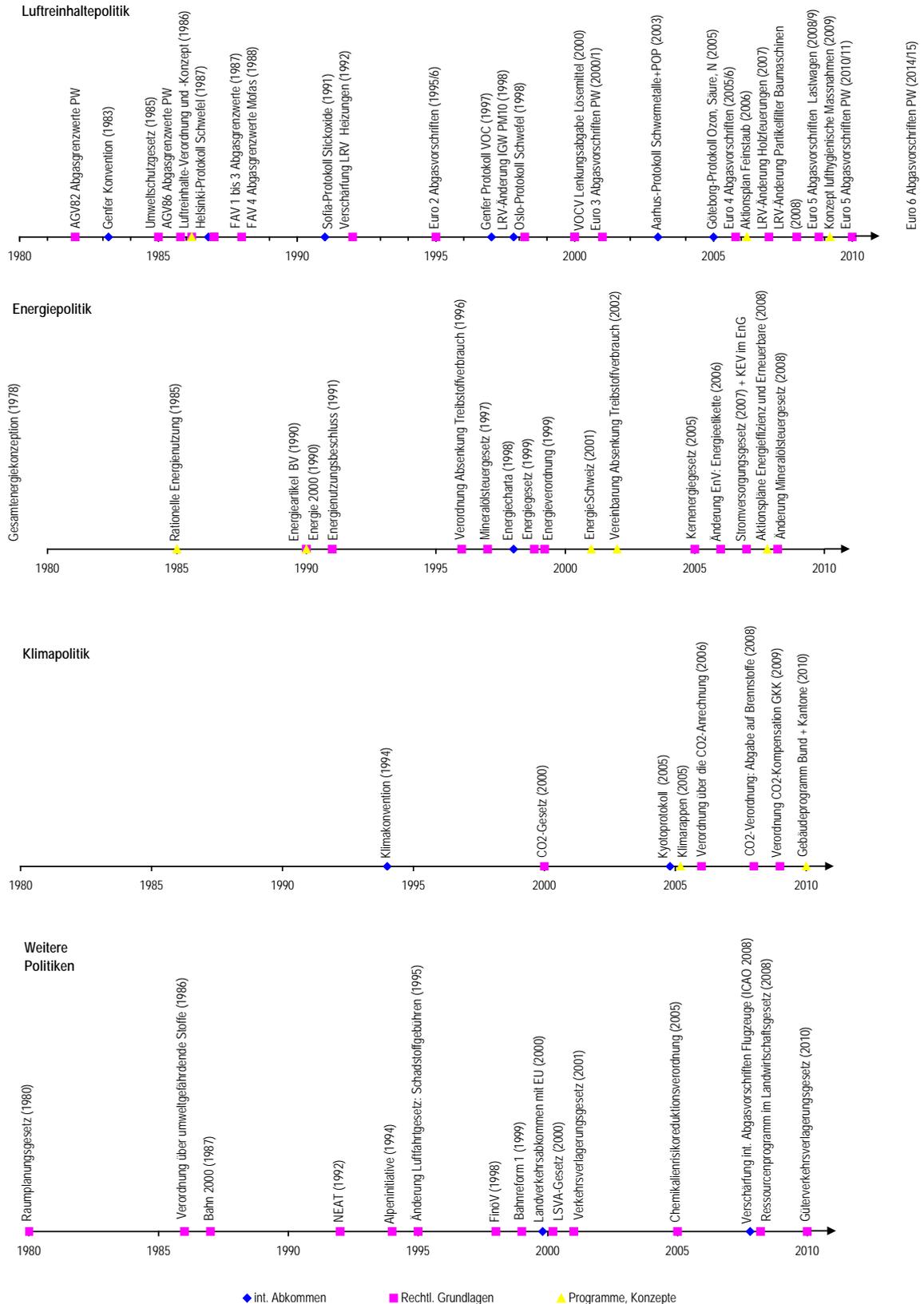
Eine inhaltliche oder verfahrensmässige Koordination der Massnahmenplanung mit der Richtplanung der Kantone ist ausdrücklich weder in der Umwelt- noch in der Raumplanungsgesetzgebung vorgeschrieben.

2.4.1.6 Bundesrätliche Luftreinhaltkonzepte

Im Auftrag des Parlaments hat der Bundesrat 1986 erstmals ein Luftreinhalt-Konzept vorgelegt, um zu zeigen, wie der verfassungsmässige Auftrag, die Luftbelastung auf einen unschädlichen Stand zurückzuführen, erfüllt werden kann. Er hat darin für die hauptsächlichen Schadstoffe Reduktionsziele (Frachten) formuliert und sich – Wirksamkeit und Realisierbarkeit berücksichtigend – mit den möglichen Massnahmen auseinandergesetzt. Eine Fortführung und Erweiterung des ursprünglichen Konzepts hat der Bundesrat mit seinem Bericht vom 11. September 2009 (LRK 2009) verabschiedet. Er enthält für die Verbesserung der Luftqualität wesentliche Massnahmen, deren Umsetzung dieser Bericht voraussetzt (→ Kap. 1.3.1).

2.4.3 Übersicht über wichtige luftrelevante politische Entscheidungen

Abb. 24 Luftrelevante Elemente ausgewählter Politiken im zeitlichen Überblick bis 2009 (Jahr der Inkraftsetzung)



2.4.4 Beurteilung

2.4.4.1 Nur zum Teil erfüllter Verfassungsauftrag

Seit Inkrafttreten des USG konnte in Anwendung des zweistufigen Immissionsschutzkonzepts die Belastung durch die Schadstoffe Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid sowie Blei und Kadmium auf Werte reduziert werden, die zum Teil weit unter den Immissionsgrenzwerten liegen (→ Kap. 2.3.4).

Hingegen werden die Immissionsgrenzwerte für die Schadstoffe Feinstaub, Ozon und Stickstoffdioxid noch immer überschritten, die Reduktionsziele für flüchtige organische Verbindungen (VOC) noch nicht eingehalten und die Depositionen von eutrophierenden und säurebildenden Komponenten liegen über den Critical Loads und Levels (→ Kap. 2.3.5 und 2.3.6). Der Verfassungsauftrag – keine übermässige Belastung durch Luftschadstoffe – ist heute also erst teilweise eingelöst.

Wie die Verfassung gibt das Gesetz keine Frist vor, innert derer das verfassungsmässige Schutzziel zu erreichen ist. Entsprechend setzt auch die LRV keine bestimmten Termine, sondern lediglich zwei Randbedingungen: dass die in die Pläne aufgenommenen Massnahmen in der Regel innert fünf Jahren zu verwirklichen und die Massnahmenpläne selber periodisch anzupassen sind (→ Kap. 2.4.1.5).

Nun ist die Überschreitung von Immissionsgrenzwerten – das gilt es zu betonen – nach dem USG nicht widerrechtlich. Das Konzept von Art. 11 USG verlangt vielmehr, dass in einem solchen Fall die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen verschärft, zusätzliche Massnahmen ergriffen und – wenn, wie meist, mehrere Anlagen beteiligt sind – insbesondere kantonale Massnahmenpläne zum Abbau der schädlichen Luftbelastung erstellt und gegebenenfalls weitere bundesrechtliche Massnahmen ergriffen werden (→ Kap. 2.4.1.5 sowie Kap. 2.4.1.6). Die Immissionsgrenzwerte sind demnach einerseits Werte, die das zu erreichende Ziel der Luftreinhaltung vorgeben (Kap. 2.4.1.2). Andererseits löst ihre Überschreitung verbindlich die zweite Stufe des Immissionsschutzes aus (→ Kap. 2.4.1.1).

2.4.4.2 Grenzen bei der Durchsetzung des Luftreinhaltungsrechts

Das Konzept des USG für die Luftreinhaltung ist primär auf die Optimierung einzelner Anlagen durch Begrenzung ihrer Emissionen ausgerichtet (→ Kap. 2.4.1.3). Eine gewisse Koordination und Gesamtschau soll durch die Massnahmenplanung der einzelnen Kantone (→ Kap. 2.4.1.5) erreicht werden. Gesamtschweizerisch erfolgt keine Koordination der kantonalen Massnahmen, doch wirken die Massnahmen in der Kompetenz des Bundes (→ Kap. 2.4.1.6) auf eine Vereinheitlichung der Anforderungen hin.

Das Ziel der Luftreinhaltung ist eine gesamtschweizerisch unbedenkliche Luftqualität. Die Erreichung dieses Ziels lässt sich indessen mit den zur Verfügung stehenden Instrumenten zur Durchsetzung von Recht nicht erzwingen (→ Kasten).

Ungenügende Möglichkeiten zur Durchsetzung des verfassungsmässigen Luftreinhalte-Ziels

Die korrekte Anwendung des Luftreinhalte-Rechts auf einzelne Anlagen lässt sich mit den Rechtsmitteln des schweizerischen Rechts erfolgreich durchsetzen. Von Anfang an haben zahlreiche Urteile des Bundesgerichts dem Luftreinhalterecht im Einzelfall zum Durchbruch verholfen. Grenzen des anlagebezogenen Ansatzes zeigten sich indessen bereits früh bei den Rechtsmittelverfahren betreffend Verkehrsanlagen (Nationalstrassen, Flughafen). Regelmässig hält das Bundesgericht auch fest, dass es nicht seine Funktion sei, als «Oberplanungsbehörde» zu wirken. Kohärenz in der Luftreinhaltungspolitik lässt sich über Einzelfallentscheide nicht erstreiten.

Den Vollzug erzwingen können betroffene Einzelne nach schweizerischem Recht grundsätzlich, indem sie den Erlass einer Verfügung verlangen und bei Untätigkeit der Behörde eine Rechtsverweigerungsbeschwerde einlegen. Dieses Vorgehen lässt sich indessen nicht auf komplexes Verwaltungshandeln wie die Massnahmenplanung oder auch nicht auf die Rechtsetzung übertragen.

Gerichte werden öfter angerufen, um in konkreten Anwendungsfällen das massgebliche Verordnungsrecht auf seine Übereinstimmung mit dem Gesetz zu überprüfen. So könnte geltend gemacht werden, dass die Emissionsbegrenzungen der Anhänge 1–6 der LRV bezüglich des Standes der Technik oder der wirtschaftlichen Tragbarkeit nicht den Vorgaben von Art. 11 Abs. 2 USG entsprechen. Dies nachzuweisen wäre allerdings sehr anspruchsvoll, und die Gerichte anerkennen im Allgemeinen das Fachwissen des Verordnungssetzers. Im Bereich der Luftreinhaltung wurde das Schutzniveau, wie es mit den Emissionsbegrenzungsvorschriften für Luftschadstoffe oder ausgewählte Anlagen festgelegt wurde, noch in keinem Gerichtsverfahren in Frage gestellt. Auch die Immissionsgrenzwerte gemäss Anh. 7 LRV wurden bislang gerichtlich nicht überprüft, während das Bundesgericht die Immissionsgrenzwerte für den Lärm von Landesflughäfen in einem wegweisenden Entscheid aufhob, weil entgegen den gesetzlichen Vorgaben von Art. 15 USG – die in dieser Hinsicht mit jenen von Art. 14 USG für die Luftreinhaltung identisch sind – wirtschaftliche Überlegungen in deren Festlegung eingeflossen waren.

Gegen Unterlassungen des Gesetzgebers rechtlich vorzugehen ist schwierig. Das Bundesgericht erfüllt verfassungsmässige Gesetzgebungsaufträge nur in Ausnahmefällen, wenn es sie durch die Entscheidung von Streitfällen konkretisieren kann. Dies ist im Bereich der Luftreinhaltung nicht möglich. Mittelbar lässt sich zwar in bestimmten Fällen auch durch Zusprechung von Schadenersatz dem Unterlassen des Gesetzgebers Rechnung tragen, doch würde man damit – zumindest direkt – keine bessere Luftqualität erreichen.

Die Bundesverfassung sieht denn auch kein Recht auf saubere Luft vor. Die von einer Umweltorganisation begleiteten Verfahren, mit denen Einzelpersonen einen solchen Anspruch geltend machten, sind ohne Erfolg geblieben.

Mit einer Aufsichtsbeschwerde an die Bundesversammlung, die kein Rechtsmittel im engeren Sinn darstellt, kann zwar der Bundesrat wegen ungenügender Umsetzung des USG gerügt, jedoch nicht direkt zu einem konsequenteren Handeln verpflichtet werden. In den 1990er-Jahren hatte der WWF eine solche Aufsichtsbeschwerde eingereicht, die zwar schliesslich vom Parlament abgelehnt wurde, aber dennoch einen gewissen faktischen, d. h. politischen, Druck auslöste: Die Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates erstellte einen Prüfbericht, in dem sie die Kohärenz staatlicher Aktivitäten am Beispiel des Vollzugs der Luftreinhaltungspolitik behandelte. Sie schloss ihn mit einer Reihe von Empfehlungen zu organisatorischen Massnahmen (insbesondere auch Koordination), zur besseren Unterstützung des kantonalen Vollzugs, aber auch zum Erlass zusätzlicher Vorschriften. Nur ein Teil dieser Empfehlungen wurde tatsächlich umgesetzt.

Schliesslich bedürfen die Massnahmenpläne – anders als die kantonalen Richtpläne gemäss RPG – keiner Genehmigung durch den Bund. Damit entfallen eine direkte inhaltliche Kontrolle dieser Pläne und die Möglichkeit, auf einer kohärenten Gesamtschau zu bestehen. Inhaltlich ungenügende bzw. unvollständige Massnahmenpläne haben nur insofern rechtliche Konsequenzen, als nach der bundesgerichtlichen Rechtsprechung die Bewilligung stark emittierender Anlagen zu sistieren ist, wenn sie eine ausstehende Massnahmenplanung präjudizieren können.

2.4.4.3 Perspektiven

In den 25 Jahren seit dem Inkrafttreten des USG ist für die Qualität der Luft in der Schweiz viel erreicht worden (→ Kap. 2.3.2). Die Umsetzung des Luftreinhalterechts auf der Grundlage des USG konnte in diesen Jahren weitgehend reibungsfrei etabliert und auch optimiert werden.

Es ist jedoch offensichtlich, dass das verfassungsmässige Ziel der Luftreinhaltung (→ Kap. 2.4.1.1) allein mit der Ausschöpfung des anlagebezogenen Regelungskonzepts nicht erreicht werden kann. In diesem Bericht lotet die EKL deshalb neben Fortentwicklungen im Rahmen des USG (→ Kap. 3.2 und Kap. 4.2) auch weitere Möglichkeiten zur positiven Beeinflussung der Luftqualität aus (→ Kap. 4.3).

Wichtig für die Erreichung des verfassungsmässigen Ziels ist auch die an verschiedenen Stellen angesprochene internationale Zusammenarbeit.

2.4.5 Dokumentation

Brunner U. 2000: Rechtsgutachten [zuhanden des BUWAL] betreffend Grundlagen für die Anordnung verschärfter Emissionsbegrenzungen bei kanzerogenen Luftschadstoffen, Zürich.
www.ekl.admin.ch/de/dokumentation → Publikationen.

Bundesgerichtsurteil 1C_108/2008 vom 3. März 2009 [stellt auch den Entscheid der Vorinstanz, des Bundesverwaltungsgerichts dar].

Bundesrat 1986: Luftreinhalte-Konzept, Bericht vom 10. September 1986, BBl 1986 III 269.

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBl 2009 6585.

BUWAL 1992: Die Bedeutung der Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 180, Bern.

BUWAL 2002: Ammoniak (NH₃)-Minderung bei der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Mitteilungen zur LRV Nr. 13. Bern. www.bafu.admin.ch/luft → Publikationen Luft.

Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates 1994: die Kohärenz staatlicher Aktivitäten – Das Beispiel des Vollzugs der Luftreinhaltepolitik, Inspektionsbericht, BBl 1994 V 835, zusammengefasst in URP 1994 525–532.

Griffel A. 2007: Kleiner Versuch einer umweltrechtlichen Standortbestimmung (2. Teil), URP 2007 771–782.

Kantonale Umweltschutzämter GR, TI, UR und OSTLUFT 2006: Umleitung Gotthard 2006 – Auswirkung der Verkehrsverlagerung auf die Luftbelastung entlang den Alpentransitachsen A2 und A3/A13, Chur / Altdorf / Bellinzona / Zürich.

Martenet V. 2007: Un droit fondamental à un air sain? URP 2007 922–950.

Rausch H., Griffel A., Marti A. 2005: Umweltrecht – Ein Lehrbuch, hrsg. von Walter Haller, Zürich.

Wullschleger S. 1999: Gesetzgebungsaufträge – Normativer Gehalt und Möglichkeiten richterlicher Intervention. Basel / Genf / München.

3 Grenzwerte für die Zukunft

3.1 Wirkungsorientierte Massstäbe zum Schutz von Mensch und Umwelt sind heute und künftig für eine sachgerechte Luftreinhaltungspolitik unerlässlich

3.1.1 Thesen zur Bewertung der Immissionen

Die in Anhang 7 LRV festgesetzten Immissionsgrenzwerte entsprechen im Sinne von Art. 14 USG dem Stand der Wissenschaft und der Erfahrung im Hinblick auf den Schutz vor schädlichen und lästigen Wirkungen der Luftbelastung. Die Ermittlung der Belastung setzt einheitliche, harmonisierte Prüf-, Mess- und Berechnungsmethoden voraus.

Der fortschreitende Stand der Wissenschaft zu neuen Hinweisen über Schadwirkungen ist aufmerksam zu verfolgen. Die EKL wird aufgrund dieser Erkenntnisse gegebenenfalls empfehlen, die wirkungsorientierten Immissionsgrenzwerte zu ändern oder zu ergänzen.

Für die Bewertung von Immissionen sind gemäss den für die Schweiz verbindlichen internationalen Übereinkommen zusätzlich zu den Immissionsgrenzwerten die Beurteilungskriterien der Critical Levels (Konzentrationsgrenzwerte) und Critical Loads (Depositionsgrenzwerte) massgebend. Ihre Überschreitung zeigt übermässige Schadstoffeinträge in Ökosysteme an. Die EKL wird die Aufnahme eines Critical Levels für Ammoniak in die LRV einer vertieften Prüfung unterziehen.

Für kanzerogene Schadstoffe wie z. B. Dieselschmutz oder Benzol empfiehlt die EKL, die Minimierung von Emissionen konsequent durchzusetzen, aber keine Immissionsgrenzwerte festzulegen. Um den verfassungsmässigen Schutz der Bevölkerung zu gewährleisten, sollte das Lebenszeitrisiko höchstens einen Krebsfall pro Million Einwohner betragen.

Zur Ermittlung der Langzeitentwicklung der Luftbelastung sind die bedarfsgerechten Immissions- und Emissionserhebungen weiterzuführen. Im BAFU muss die Fachkompetenz zur Beurteilung der Einwirkungen von Luftschadstoffen aufrecht erhalten bleiben.

3.1.2 Ausgangslage und Handlungsbedarf

In der LRV wurden 1985 und bei einer Revision 1998 Immissionsgrenzwerte für eine Reihe von Leitschadstoffen festgelegt, die im Sinne von Art. 14 USG den damaligen Stand des Wissens und der Erfahrung über die Schädlichkeit und Lästigkeit dieser Stoffe berücksichtigten (→ Kap. 2.4.1.2). Sie entsprechen auch heute den gesetzlichen Vorgaben.

Die Einhaltung dieser Grenzwerte wird mit definierten Messmethoden überwacht, um die zeitliche und räumliche Homogenität der Daten sicherzustellen (→ Kap. 2.3.3). Nur wenn dies zuverlässig sichergestellt ist, können Belastungstrends erkannt und Vergleiche von Belastungen verschiedener Gebiete vorgenommen werden. Dies ist aus der Sicht des Vollzugs des zweistufigen Immissionsschutzes (→ Kap. 2.4.1.1) äusserst wichtig.

Sowohl der Stand des Wissens über Wirkungen wie auch die Möglichkeiten der Messtechnik entwickeln und erweitern sich laufend. So geht beispielsweise heute die Erforschung der gesundheitlichen Auswirkungen von Feinstaub über die Beurteilung von Summenparametern wie PM10 oder PM2.5 hinaus in die Richtung, auch die Einflüsse von Grösse, reaktiver Oberfläche und chemischer Zusammensetzung der

Partikel zu prüfen. Ein aktueller Fokus der Forschung zeichnet sich klar bei den ultrafeinen Partikeln (zum Begriff unten Problemkreis 3), im speziellen bei Partikeln aus Verbrennungsprozessen ab. Die Belastung der Luft mit ultrafeinen Partikeln kann zwar gemessen, aber durch die heutigen massenbezogenen Partikelgrenzwerte (PM10, PM2.5) nicht adäquat beurteilt werden, ebenso wenig wie diejenige von erfahrungsgemäss besonders schädlichen Inhaltsstoffen (z. B. Russ [elementarer Kohlenstoff], PAK, organische Kohlenstoffverbindungen, Schwermetalle).

Immissionsgrenzwerte können nicht ein für alle mal – abschliessend – festgelegt werden (→ Kap. 2.4.1.2). Neue, durch bestehende Grenzwerte noch nicht oder nur ungenügend abgedeckte Wirkungen und Risiken müssen aufgrund kontinuierlicher Beobachtung der Entwicklungen identifiziert und geprüft werden. Sind die Wirkungen und Risiken durch wissenschaftliche Untersuchungen genügend gesichert, können sie durch die Festlegung neuer oder geeignet angepasster Grenzwerte besser beurteilt und anschliessend mit gezielten Massnahmen reduziert werden. Die EKL formuliert ihre Empfehlungen zuhanden des Bundesrates, während die Bundesverwaltung im Wesentlichen für die Aufarbeitung des Standes des Wissens und der Erfahrung sorgt. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Mitwirkung in internationalen Gremien wie der WHO oder UNECE (→ Kap. 2.4.2).

Die schweizerischen Immissionsgrenzwerte sind wirkungsorientiert: Der Schutzgedanke steht im Vordergrund. Unter anderem wird in der Regel nach Kurz- und Langzeitgrenzwerten unterschieden (→ Kap. 2.4.1.2). Denn das USG verlangt den Schutz sowohl vor akuten wie auch chronischen Wirkungen. Die Einhaltung der Kurzzeit-Immissionsgrenzwerte leistet einen Beitrag zum Schutz der empfindlich reagierenden Bevölkerungsgruppen, z. B. von Kindern, was etwa beim Ozon eine besondere Rolle spielt.

Die Immissionsgrenzwerte gemäss Anhang 7 LRV sind grösstenteils Konzentrationsgrenzwerte. Solche sind dort adäquat, wo die Wirkung durch direkten Kontakt des Luftschadstoffs mit einem Lebewesen oder Schutzobjekt auftritt. So sind z. B. die gesundheitsschädlichen Wirkungen von NO₂ durch den entsprechenden LRV-Grenzwert berücksichtigt.

Viele schädliche Wirkungen von Luftschadstoffen basieren auf Stoffflüssen in unterschiedlich empfindliche Ökosysteme wie Böden und Gewässer (Akkumulation, Versauerung, Eutrophierung). Untersuchungen dieser Wirkungen auf Wälder, Hoch- und Flachmoore, artenreiche Trockenwiesen, Seen und Flüsse etc. sowie historische Gebäude im Rahmen der UNECE Working Group on Effects zeigen, dass die Stickstoffeinträge (versauernde und eutrophierenden Wirkungen), Schwermetalleinträge und Einträge von persistenten organischen Verbindungen diese empfindlichen Systeme chronisch schädigen. Die zur Beurteilung dieser Wirkungen in den für die Schweiz verbindlichen Staatsverträgen (→ Kap. 2.4.1.2) festgelegten Critical Loads und Critical Levels haben den Stellenwert von wirkungsorientierten Belastungsgrenzen für Schadstoffdepositionen und -konzentrationen, bei deren Überschreitung mit Schäden an empfindlichen Rezeptoren gerechnet werden muss. Sie werden nach den gleichen Kriterien festgelegt wie die wirkungsorientierten IGW der LRV und sind daher von ihrer Bedeutung her gleichwertig. Critical Loads und Critical Levels können deshalb nach Art. 2 Abs. 5 LRV zur Beurteilung herangezogen werden, ob Immissionen übermässig sind oder nicht. Die international vereinbarten Critical Levels und Critical Loads unterscheiden sich je nach Ökosystemen und umfassen daher eine Vielzahl von Werten, die sich in ihrer Gesamtheit nicht für die Übernahme durch die LRV eignen. Für die Beurteilung der Luftqualität von besonderer Bedeutung ist der Critical Level für Ammoniak zum Schutz höherer Pflanzen. Die EKL wird untersuchen, ob die Übernahme eines Immissionsgrenzwertes für Ammoniak in die LRV zum besseren Schutz der Umwelt und zur Vereinfachung des Vollzugs beitragen könnte. Dabei werden die Konsequenzen für die Überwachung speziell zu berücksichtigen sein; mit international harmonisierten Messverfahren ist eine einheitliche Feststellung der Immissionen und Depositionen sicherzustellen.

Für die künftige Beurteilung von Luftschadstoffen – namentlich im Hinblick auf die Festlegung von Immissionsgrenzwerten – sind zur Erhaltung des Schutzniveaus die folgenden fünf Problemkreise von besonderer Bedeutung. Die EKL wird sie in den kommenden Jahren im Auge behalten.

Problemkreis 1: Wirkungsschwellen

Heute werden für Schadstoffe wie z. B. PM_{2.5}, PM₁₀ oder NO₂ in Bevölkerungsstudien auch unterhalb der IGW Wirkungen beobachtet. Eine Reduktion der Belastung der Bevölkerung ist aus Sicht der öffentlichen Gesundheit daher auch bei Konzentrationen unter dem Grenzwert sinnvoll und entspricht dem Vorsorgeprinzip des USG (→ Kap. 2.4.1.1). Grenzwerte wurden in der LRV dort festgelegt, wo die schädlichen Wirkungen aufgrund von wissenschaftlichen Studien klar belegt sind.

Bei den kanzerogenen Stoffen können sich die Schädigungen übers ganze Leben anreichern. Für Schadstoffe wie z. B. Benzol, Dieseleruss oder Benzo[*a*]pyren empfiehlt die EKL in erster Linie eine konsequente Durchsetzung des Minimierungsgebots, aber keine Immissionsgrenzwerte (→ Kap. 2.4.1.2). Um den verfassungsmässigen Schutz der Bevölkerung zu gewährleisten, dürfen die durch diese Stoffe verursachten Risiken kaum mehr nachweisbar sein. Als Schutzziel ist ein Lebenszeitrisko von höchstens einem Krebsfall pro Million Einwohner anzunehmen.

Problemkreis 2: Differenzierungen bei Immissionsgrenzwerten (IGW)

Ein Trend zu differenzierteren Kriterien ist sowohl in den Richtlinien der EU (z. B. Grenzwerte für PM₁₀ sowie für PM_{2.5}, Richtwerte für Arsen, Kadmium, Nickel und Benzo[*a*]pyren) wie auch der USA (National Ambient Air Quality Standards für PM₁₀ sowie PM_{2.5}) erkennbar.

Zu den Vorgaben der EU

Die EU hat für PM_{2.5} einen (politischen) Zielwert von 25 µg/m³ im Jahresmittel mit einer Frist zur Erreichung bis 2010 festgelegt. Derselbe Wert soll als Grenzwert am 1. Januar 2015 eingehalten werden. Für das Jahr 2020 gilt ein PM_{2.5}-Zielwert von 20 µg/m³. Dieser Wert ist von der Europäischen Kommission aufgrund zusätzlicher Informationen über die Auswirkungen auf die Gesundheit und Umwelt sowie die technische Durchführbarkeit und aufgrund der Erfahrung in den Mitgliedsstaaten im Umgang mit den bestehenden Werten im Jahr 2013 zu überprüfen. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt zum Schutz der Bevölkerung dagegen einen PM_{2.5}-Richtwert von 10 µg/m³ im Jahresmittel. Die Ziel- und Grenzwerte der EU entsprechen damit weder den WHO-Werten noch dem in der Schweizer Umweltschutzgesetzgebung geforderten Schutzniveau.

Die EU schlägt in der Richtlinie 2008/50/EG für PM_{2.5} neben dem Ziel- und Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit zusätzlich ein nationales Ziel für die Reduzierung der PM_{2.5}-Exposition der Bevölkerung vor. So soll z. B. bei einer durchschnittlichen Belastung zwischen 8,5 und 13 µg/m³ im Jahr 2010 die Exposition bis ins Jahr 2020 um 10 %, bei einer Belastung zwischen 18 und 22 µg/m³ um 20 % gesenkt werden. Als Indikator für das Referenzjahr 2010 dient der Mittelwert der Jahre 2008, 2009 und 2010. Die Überprüfung eines so definierten Ziels erfordert mehr Aufwand als die Überprüfung eines Grenzwertes. So müssen repräsentative Messstationen für den städtischen Hintergrund festgelegt und während 3 Jahren Messungen durchgeführt werden.

Die EKL hat 2007 im Bericht «Feinstaub in der Schweiz» dagegen keinen Grenzwert für PM_{2.5} vorgeschlagen, jedoch empfohlen, die Feinstaubsituation weiterhin im Auge zu behalten und in spätestens 5 Jahren wieder zu bewerten. Dasselbe gilt auch für andere Indikatoren wie z. B. PM₁, Russ, Partikeloberfläche oder Partikelanzahl. Die Kommission wies zugleich bezüglich der Massnahmen zur Verminderung der Feinstaubbelastung darauf hin, dass besonders auf eine Reduktion der feineren und feinsten Partikel geachtet werden sollte. Die EKL wird im nächsten Schritt speziell prüfen, ob die Festlegung eines zusätzlichen Expositionsziels für Feinstaub (PM_{2.5}) als Beurteilungsmassstab für die Luftbelastung die Anordnung von Massnahmen zur Reduktion der PM_{2.5}-Belastung der Bevölkerung in der Schweiz unterstützen könnte.

Problemkreis 3: Inhaltsstoffe des Feinstaubs, ultrafeine Partikel, Nanopartikel

Als ultrafeine Partikel oder Nanopartikel werden Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 100 nm bezeichnet. Verbreitet, wenn auch nicht überall konsequent angewandt ist die Bezeichnung «ultrafeine Partikel» für die vorwiegend in die Aussenluft emittierten primären Verbrennungspartikel sowie für feinste Sekundärpartikel, im Unterschied zu den gezielt für technologische Prozesse und Materialien produzierten «Nanopartikeln», welche eher an Arbeitsplätzen und bei bestimmten Applikationen problematisch in Erscheinung treten können. Obwohl ultrafeine Partikel aus Verbrennungsprozessen als Masse kaum ins Gewicht fallen, machen sie anzahlmässig ca. 80 % der Feinstaubpartikel aus. Es sind auch diejenigen Partikel, die bezüglich ihrer Interaktion mit biologischen Systemen besonders kritisch zu beobachten sind. So muss angenommen werden, dass ultrafeine Partikel rasch und problemlos in Zellen eintreten und diese auch wieder verlassen können, dass sie sich schnell durch Gewebe bewegen können und dass sie – und nur sie – nach Einatmung in die Lunge und Deposition auf der inneren Lungenoberfläche ins Blut gelangen können. Mit dem Blut können diese Partikel im ganzen Organismus verteilt werden. Partikel in der Grösse von Mikrometern zeigen kein solches Verhalten.

Obwohl es sich bei den ultrafeinen Partikeln nur um sehr kleine Mengen (d.h. Massen) handelt, können schädliche Wirkungen keineswegs ausgeschlossen werden. Auch über den zeitlichen Faktor möglicher Wirkungen ist momentan noch nichts bekannt. In die Zellen eindringende ultrafeine Partikel scheinen in der Regel stärkere entzündliche und toxische Reaktionen auszulösen als die grösseren Partikel. Zudem wurde über Wirkungen auf genetisches Zellmaterial berichtet. Möglicherweise haben solche kleinste Partikel auch einen Einfluss auf das Immunsystem.

Zurzeit gibt es noch keine wissenschaftlich gesicherten Dosis-Wirkungsfunktionen für ultrafeine Partikel, mit denen ausgesagt werden kann, welche Zahl oder Menge solcher Substanzen bei ganzen Organismen, bei Versuchspersonen oder in der Bevölkerung mit bestimmten Schadwirkungen einhergehen. Die Wirkung könnte auch an anderen Eigenschaften als an der Masse oder Zahl hängen, zum Beispiel am Oxidationspotential der Partikeloberfläche oder an spezifischen chemischen Partikelkomponenten. Die gesundheitlichen Wirkungen, die standardisierte Messbarkeit und die Eignung solcher Eigenschaften der ultrafeinen Partikel für eine gesetzliche Begrenzung werden zurzeit intensiv erforscht. Momentan ist eine diesbezügliche Empfehlung noch nicht möglich.

Problemkreis 4: Ozon

Neue Untersuchungen zu den Wirkungen von Ozon auf die menschliche Gesundheit zeigen, dass die Immissionsgrenzwerte der Schweiz aus wissenschaftlicher Sicht gut begründet sind. Modellrechnungen weisen aber auch darauf hin, dass diese Grenzwerte im Jahr 2020 immer noch deutlich überschritten sein könnten. Ein Szenario der WHO zeigt zum Beispiel, dass auch bei Realisierung aller zurzeit beschlossenen Massnahmen die Zahl der ozonbedingten vorzeitigen Todesfälle in der EU nur sehr wenig – höchstens minus 10–20 % – zurückgeht; dies gilt auch für die Schweiz. Regional fallen die prognostizierten Belastungsrückgänge nach WHO zwar unterschiedlich aus; die Schweiz steht dabei eher besser da. Mit häufigen und deutlichen Überschreitungen des IGW ist weiterhin zu rechnen, besonders wenn durch die prognostizierte Klimaerwärmung vermehrt die spezifischen Bedingungen für die Bildung von Ozon vorherrschen sollten.

Die Schweiz kann das Ozonproblem nicht allein lösen. Massnahmen zur Reduktion der Ozon-Vorläuferschadstoffe sind sehr weiträumig erforderlich. Die EKL hat bereits 2003 Belastung und Trends von Ozon in der Schweiz aufgezeigt und mögliche Massnahmen skizziert.

Eine Änderung des Grenzwertes senkt die Belastung nicht per se. Falls anstelle des aktuellen 1h-Grenzwertes ein 8h-Grenzwert (WHO, EU und US-Norm) empfohlen und festgelegt werden sollte, ist das bisherige Schutzniveau gemäss USG jedenfalls beizubehalten.

In der Schweiz scheinen die akuten, oft reversiblen Wirkungen einer kurzfristig erhöhten Ozonbelastung bedeutender zu sein als mögliche chronische Wirkungen, dies im Gegensatz zu den Wirkungen von Feinstaub. Ein 8h- (oder 1h-)Grenzwert ist ein guter Indikator für diese Wirkungen. Trotzdem ist zu überprüfen, ob zur Beurteilung der Wirkungen von Ozon auf die Vegetation zusätzlich ein Flussmodell und zur Quantifizierung der Ozonwirkungen auf die Bevölkerung ein Summenwert (SOMO35) in Betracht gezogen werden sollte. Solche Indikatoren sind jedoch in der Bevölkerung weitgehend unbekannt und würden kommunikativ beträchtliche Anstrengungen erfordern.

Problemkreis 5: Erhebung der Immissionen und der Emissionen

Für die Ermittlung der Langzeitentwicklung der Schadstoffbelastung sind die langjährigen und konsistenten Messreihen des auf den Bedarf ausgerichteten und eng mit der Luftreinhalte-Strategie und dem Vollzug verknüpften NABEL-Netzes äusserst wichtig.

Ebenso unerlässlich sind die Emissionserhebungen bzw. Schadstoffregister. Sie dienen zur sachgerechten und zuverlässigen Information der politischen Entscheidungsträger sowie der Öffentlichkeit und sind wichtig für die Erfolgskontrolle.

3.1.3 Empfehlungen

Empfehlung 1: Auch künftig wirkungsorientierte, dem Stand der Wissenschaft entsprechende und vollzugstaugliche Immissionsgrenzwerte erlassen

Die Immissionsgrenzwerte der LRV sollen auch in Zukunft auf den Schutz des Menschen und der Umwelt ausgerichtet sein. Neu erkannte Risiken (z. B. ultrafeine Partikel aus Verbrennungsprozessen) müssen aufmerksam verfolgt und die Immissionsgrenzwerte nach Vorliegen von ausreichender wissenschaftlicher Evidenz ergänzt oder angepasst werden. Vor allem bei analytisch komplexen Parametern sind klare Vorgaben für Normverfahren notwendig, welche erst eine einheitliche konsistente Messung und Überwachung sowie eine zuverlässige Beurteilung der Belastungen ermöglichen.

Empfehlung 2: Neben Immissionsgrenzwerten auch ausgewählte Beurteilungskriterien des Genfer Übereinkommens in der LRV verankern

Übermässige Einträge von Stickstoff in Ökosysteme stellen ein grosses ungelöstes Problem dar. Die relevanten Beurteilungskriterien sind nicht durch Immissionsgrenzwerte in der LRV geregelt, sondern in den Genfer Übereinkommen. Diese Critical Levels und Critical Loads entsprechen den wirkungsorientierten IGW der LRV. Die EKL wird prüfen, ob ein Critical Level für Ammoniak zum Schutz naturnaher Ökosysteme als Immissionsgrenzwert in die LRV aufgenommen werden soll, um den Vollzug zu vereinfachen und zu stärken.

Empfehlung 3: Für kanzerogene Luftschadstoffe keine Immissionsgrenzwerte festsetzen, sondern das Minimierungspotenzial konsequent ausschöpfen

Für kanzerogene Luftschadstoffe wie z. B. Dieselschmutz, Benzol oder Benzo[a]pyren empfiehlt die EKL eine konsequente Durchsetzung des Minimierungsgebots, aber keine Immissionsgrenzwerte. Um den verfassungsmässigen Schutz der Bevölkerung zu gewährleisten, dürfen die durch diese Stoffe verursachten Risiken kaum mehr nachweisbar sein. Als Schutzziel ist ein Lebenszeitrisko von höchstens einem Krebsfall pro Million Einwohner anzustreben.

Empfehlung 4: Bedarfsgerechte, eng mit Luftreinhalte-Strategie und -Vollzug verknüpfte Immissions- und Emissionserhebungen weiterführen

Die Weiterführung der langjährigen, konsistenten Messreihen und Erhebungen zur Ermittlung der Langzeitentwicklung der Schadstoffbelastung ist wichtig für die Erfolgskontrolle sowie für die sachgerechte und zuverlässige Information der politischen Entscheidungsträger und der Öffentlichkeit.

Empfehlung 5: Fachkompetenz zur Beurteilung der Einwirkungen von Luftschadstoffen auf Mensch und Umwelt im BAFU aufrecht erhalten

Das BAFU als Fachstelle des Bundes nach Art. 42 Abs. 2 USG muss ein aktuelles, breites und international abgestütztes Wissen zum fortschreitenden Stand der Wissenschaft und der Erfahrung erarbeiten und weiterentwickeln, um gegenwärtige und zukünftige Risiken durch Luftschadstoffe beurteilen zu können und dem Bundesrat bei Bedarf die Einführung neuer Grenzwerte nach Art. 13 und 14 USG vorzuschlagen.

3.1.4 Dokumentation

BUWAL 1992: Die Bedeutung der Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 180, Bern.

BUWAL 2002: Ammoniak (NH₃)-Minderung bei der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Mitteilungen zur LRV Nr. 13. Bern. www.bafu.admin.ch/luft → Publikationen Luft.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1989: Ozon in der Schweiz, Status-Bericht. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 101, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1991: Ausmass und gesundheitliche Auswirkungen von Episoden erhöhter Stickstoffdioxid-Immissionen in der Schweiz. Stellungnahme der EKL, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1993: Ozon in der Schweiz 1993, Stellungnahme der EKL. Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1994: Krebsrisiko von Diesel- und Benzinmotorabgasen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 222, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1996: Schwebestaub. Messung und gesundheitliche Bewertung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 270, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2003: Benzol in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 350, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Sommersmog in der Schweiz, Stellungnahme der EKL. Bern. www.ekl.admin.ch/ → Publikationen.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. Status-Bericht. Schriftenreihe Umwelt Nr. 384, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2007: Feinstaub in der Schweiz. Status-Bericht, Bern.

EU 2005: Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Thematische Strategie zur Luftreinhaltung (Clean Air for Europe CAFE). KOM2005 446 endgültig. Brüssel 21.9.2005.

EU 2008: Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft in Europa. Amtsblatt der Europäischen Union 11.6.2008.

Künzler P. 2005: Weiterentwicklung des Luftreinhalte-Konzepts – Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 379, Bern.

US-EPA 2006: U.S. Environmental Protection Agency, Air and Radiation Office, National Ambient Air Quality Standards (NAAQS).

WHO 2006: WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide – Global Update 2005: WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO 2006a: Health Risks of Particulate Matter from Long-Range Transboundary Air Pollution. WHO, European Centre for Environment and Health, publiziert vom WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO 2008: Health Risks of Ozone from Long-Range Transboundary Air Pollution. WHO, European Centre for Environment and Health, publiziert vom WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

3.2 Technische Möglichkeiten zur Emissionsreduktion sind konsequenter auszuschöpfen

3.2.1 Thesen

Die Vorschriften zur Emissionsbegrenzung bei Anlagen im Rahmen der Vorsorge (Art. 11 Abs. 2 USG) sowie die Anforderungen an Produkte (Art. 26 USG) und ihre periodische Anpassung an den Stand der Technik haben sich grundsätzlich bewährt, müssen aber noch ergänzt und verstärkt werden. Die VOC-Abgabe ist als Ergänzung der Instrumente zur Emissionsbegrenzung (Art. 12 USG) beizubehalten und zu optimieren.

Die Entwicklungen beim Stand der Technik müssen konsequent nachvollzogen werden. Vorschriften für neue Anlagenarten und Produkte sollen frühzeitig erlassen und mit innovationsfördernden Übergangsfristen verbunden werden, namentlich im Fall von Förderprogrammen. Nötigenfalls sollen dem Stand der Technik entsprechende Emissionsbegrenzungen auch unabhängig von den europäischen Regelungen festgelegt werden.

Spezieller zusätzlicher Regelungsbedarf besteht bezüglich diffuser Emissionen sowie ausserordentlicher Betriebszustände stationärer Anlagen und in den Bereichen Landwirtschaft sowie Verkehr.

3.2.2 Ausgangslage und Handlungsbedarf

Das Gesetz stellt als Instrumente im Rahmen der Vorsorge einerseits die Emissionsbegrenzungen im Sinne von Art. 12 USG und im Bereich Luftreinhaltung andererseits die Lenkungsabgaben gemäss Art. 35a – 35b^{bis} USG zur Verfügung; zudem spielen Produktvorschriften aufgrund von Art. 26ff USG eine wichtige Rolle (→ Kap. 2.4.1.3).

Die bisherigen Erfahrungen mit den vom Bundesrat erlassenen Vorschriften fallen grundsätzlich positiv aus. Gute Ergebnisse liessen sich namentlich soweit erreichen, als der Verordnungsgeber:

- in den Anhängen 2 ff. LRV für zahlreiche Anlagentypen die von Art. 12 Abs. 1 USG vorgesehenen Instrumente gezielt auswählte und teils auch kombinierte,
- für VOC, namentlich aus diffusen und kleinen Quellen, das Instrument der Lenkungsabgabe breit und zugleich in differenzierter Weise einsetzte,
- bei den Anforderungen an Stoffe auch Anliegen der Luftreinhaltung berücksichtigte und
- diese Vorschriften zur Begrenzung der Emissionen am fortschrittlichen Stand der Technik ausrichtete sowie mit periodischen Verordnungsänderungen die technische Entwicklung mindestens teilweise nachvollzog.

2005 wurden die getroffenen und die weiter möglichen Massnahmen in einem umfassenden Bericht im Hinblick auf die Weiterentwicklung des erstmals 1986 formulierten Luftreinhalte-Konzepts des Bundes nach ihrer Zieleffizienz beurteilt.

Zieleffizienz

Als zieleffizient werden Massnahmen bezeichnet, die in einer Gesamtbetrachtung für die Erreichung der Emissionsziele als zweckmässig und zielführend zu betrachten sind. Diese Gesamtbetrachtung geht aus von den zahlenmässig festlegbaren Kriterien (Effizienz und Effektivität), würdigt aber auch nicht zahlenmässig festlegbare, qualitative Beurteilungsgrössen und, wo angebracht, Kriterien ausserhalb des Bereichs der Luftreinhaltung (z. B. Klimaschutz, Arbeitsplatzhygiene).

Massnahmen sind dann zieleffizient wenn:

- 1. die Massnahmen genügend Effekt besitzen, um einen merkbaren Beitrag zur Verminderung der Gesamtemission zu leisten;*
- 2. unter diesen Massnahmen diejenigen ausgewählt wurden, deren Umsetzung am wenigsten Aufwand erfordern.*

Quelle: Künzler P. (2005), S. 54

Der Bundesrat hielt unter anderem auf dieser Grundlage in seinem Bericht vom 11. September 2009 (LRK 2009) fest, dass die Zielvorgaben des Berichts über die lufthygienischen Massnahmen des Bundes und der Kantone von 1999 nach wie vor richtig sind. Um sie zu erreichen, müssten die Anstrengungen zur Reduktion der Luftbelastung jedoch konsequent weitergeführt werden. Gemäss Bundesrat sind namentlich die heute absehbaren und bis 2020 zu erwartenden technischen Fortschritte etwa bei den Motorfahrzeugen zur weiteren Senkung der Luftschadstoffbelastung zu nutzen (→ Kap. 1.3.1).

Da die Immissionsziele bei bestimmten Leitschadstoffen noch nicht in greifbarer Nähe sind (→ Kap. 2.3.5 und Kap. 2.3.6), fordert die EKL die Zuständigen auf, künftig alle zieleffizienten Massnahmen zur vorsorglichen Begrenzung von Emissionen zu ergreifen (zur Verschärfung von Emissionsbegrenzungen → Kap. 2.4.1.1). Die Ausrichtung an der Zieleffizienz setzt unter anderem voraus, den Blick bereits beim Erlass vorsorglicher Emissionsbegrenzungen nicht allein auf die technischen Möglichkeiten bei der Reduktion von Emissionskonzentrationen zu fokussieren, sondern immer auch die zu erreichende Reduktion von Emissionsfrachten im Blickfeld zu behalten.

Aus Sicht der EKL zeigt die Rechtsetzung zur vorsorglichen Emissionsbegrenzung (speziell zu deren Vollzug → Kap. 4.2 Schwerpunkt 1) auch gewisse Schwächen. Die notwendigen Regelungen werden sowohl in der LRV wie auch in anderen Erlassen zu treffen sein.

Lücke 1: Fehlende und nicht dem Stand der Technik entsprechende Emissionsbegrenzungen

In der LRV bestehen heute einerseits Lücken bei der Regelung neuer Anlagenarten, andererseits ist Nachholbedarf bei der periodischen Anpassung der Vorschriften im Rahmen der Vorsorge gegeben. Namentlich dort, wo zukunftsorientiert geführte Betriebe eine Vorbildfunktion erfüllen und zeigen, dass strengere Luftreinhaltanforderungen realisierbar sind, sollen Übergangsfristen für neues Recht so kurz angesetzt werden, wie es die verfassungsmässigen Grundsätze erlauben. Dies gilt auch bezüglich der Sanierung von ortsfesten Anlagen.

Für neue Anlagenarten (in den letzten Jahren z. B. Biogasanlagen, moderne Holzfeuerungen) sollte mit dem Erlass von Emissionsbegrenzungen im Rahmen der Vorsorge jeweils nicht zu lange zugewartet werden. Lufthygienische Anforderungen sind besonders frühzeitig festzulegen, wenn bestimmte Anlagenarten durch Massnahmen in anderen Politikbereichen gefördert werden (→ Kap. 4.3.6).

Dass die Emissionsbegrenzungen an den aktuellen Stand der Technik anzupassen sind, zeichnet sich vor allem ab bei Biogasanlagen, Grastrocknungsanlagen, Holzfeuerungen, Kleinmotoren, stationären Motoren inkl. Wärme-Kraft-Kopplung und Gasturbinen sowie bezüglich diffusen VOC-Emissionen bei Industrie- und Gewerbebetrieben ab. Sodann ist die LRV bezüglich der Abfallverwertung in industriellen Anlagen zu ergänzen.

Bei serienmässig hergestellten Anlagen orientieren sich die schweizerischen Regelungen grundsätzlich an den aktuellen Vorschriften der EU (Art. 4 Abs. 2 THG; → Kap. 2.4.1.3 am Ende). Soweit diese strenger sind als die schweizerischen, ist eine Revision der LRV vordringlich. Der Bundesrat sieht bereits vor, 2010 Emissionsbegrenzungen für Arbeitsgeräte einzuführen. Die EU-Anforderungen für Fahrzeuge übernimmt der Bundesrat für die Schweiz in der Regel zeitgleich. In folgenden Fällen sind zieleffiziente Massnahmen angezeigt, die unabhängig von den Vorschriften der EU erlassen werden:

- Wenn der Abbau übermässiger Immissionen nur mit Vorschriften erreicht werden kann, die strenger sind als jene der EU, soll der Bundesrat im Sinne von Art. 4 Abs. 3 und 4 THG strengere, selbstverständlich nicht diskriminierende Vorschriften erlassen (wie beispielsweise 2008 bezüglich Baumaschinen). So gelten bei den Maschinen und strassenzugelassenen Fahrzeugen der Land- und Forstwirtschaft (ca. 90 % des Bestandes) sowie den Motorrädern und Motorrollern in der EU vergleichsweise deutlich weniger strenge Vorschriften als beim Schwerverkehr. Dies ist technisch und ökologisch nicht zu rechtfertigen und stellt zudem eine Ungleichbehandlung dar. Mit strengeren schweizerischen Vorschriften kann ein wesentlicher Beitrag zur Reduktion der Luftbelastung geleistet werden.
- Soweit die Vorschriften der EU hinter dem Stand der Technik nachhinken, können Emissionsminderungen in der Schweiz unter Umständen statt mit strengeren Vorschriften durch zeitlich begrenzte finanzielle Anreize erreicht werden (→ Kap. 4.2 Schwerpunkt 3 und Kap. 4.3.6).

Um die dauerhafte Wirkung der Emissionsbegrenzungen sicher zu stellen, sind schliesslich zusätzliche Vollzugsvorschriften zu erlassen; so besteht beispielsweise für Zweiräder noch keine Abgaswartungspflicht.

Lücke 2: Durch Vorschriften nicht genügend erfasste VOC-Emissionen

Die VOC-Lenkungsabgabe (Art. 35a USG) könnte noch stärker zur Verbesserung der Luftqualität beitragen. Namentlich wurde der gesetzliche Rahmen zur Erhöhung des Abgabesatzes bisher nicht ausgeschöpft (zur Optimierung der VOC-Lenkungsabgabe → Kap. 4.2.2, Schwerpunkt 2).

Im Vollzug müssten die Möglichkeiten zur Fassung diffuser Emissionen besser ausgeschöpft werden. Angesichts der noch abzubauenen VOC-Frachten sind gezielt zusätzliche Vorschriften zu erlassen, insbesondere in Bereichen, in denen das europäische Niveau noch nicht erreicht ist (z. B. Decopaint-Richtlinie). Teilweise lassen sich geeignete technische Normen oder Empfehlungen in Verordnungsrecht überführen. Wichtig sind auch die Begrenzung und Kennzeichnungen von Lösemitteln in Haushalt- und Hobbyprodukten, bei denen die VOC-Abgabe oft finanziell nicht ins Gewicht fällt.

Bei den von der Lenkungsabgabe nicht erfassten VOC-Emissionen (z. B. Tankstellen) besteht ein erhebliches Minderungspotential durch einen konsequenteren Vollzug, der mit Bundesvorschriften über Kontrollen gezielt zu unterstützen ist.

Lücke 3: Fehlende Vorgaben bezüglich ausserordentlicher Betriebszustände

Das Umweltrecht enthält für zahlreiche Anlagentypen zieleffiziente Anforderungen, die sich im Alltag bewähren. Indessen führen noch zu oft ausserordentliche Betriebszustände zu hohem Schadstoffausstoss. Dies gilt besonders für Grossanlagen: Fallen beispielsweise sporadisch Abluftreinigungsanlagen aus (z. B. bei grossen Feuerungen), können in dieser kurzen Zeit grössere Schadstoffmengen in die Luft gelangen als während des ganzen restlichen Jahres mit Regelbetrieb (dass gegebenenfalls auf diesen Emissionen VOC-Abgaben zu leisten sind, reduziert das Emissionsproblem nicht). Bei kleineren Holzfeuerungen wird dem korrekten Betrieb und der Brennstoffqualität (genügende Trockenheit, Schwermetallbelastung von importiertem Holz etc.) zu wenig Beachtung geschenkt, so dass ebenfalls erhebliche Mengen von Schadstoffen freigesetzt werden.

Der Umgang mit ausserordentlichen Betriebszuständen und die Überwachung von Betrieb und Brennstoffqualität sind primär eine Herausforderung für den Vollzug. Bei Grossanlagen sind bezüglich der Systeme zur kontinuierlichen Überwachung punktuelle Ergänzungen in Art. 13 LRV sowie den Anhängen der LRV erforderlich. Bei den kleinen Anlagen müssen die Kantone verstärkt systematische Kontrollen durchführen, damit sie konsequent sachgerecht und mit guter Brennstoffqualität betrieben werden. Die LRV ist sodann mit Vorschriften zu Abnahmemessungen und periodischen Kontrollen zu ergänzen. (Zu den Holzfeuerungen auch → Kap. 4.3.2).

Lücke 4: Bisher nur punktuell geregelte Emissionen aus der Landwirtschaft

Für Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft fehlen bisher spezifische Vorschriften im Rahmen der Vorsorge. Längerfristig ist es nicht zweckmässig, diese Lücke mit Verfügungen aufgrund der Auffangbestimmung von Art. 4 Abs. 1 LRV zu füllen. Denn es sind nicht besondere Einzelfälle, sondern eine Vielzahl gleichgerichteter Situationen zu regeln; unterschiedliche kantonale Vollzugslösungen sind zu vermeiden. Vorläufig werden Massnahmen, die eigentlich vorsorglichen Charakter im Sinne von Art. 11 Abs. 2 USG haben und damit verbindlich vorgeschrieben werden müssten, vor allem auf freiwilliger Basis im Rahmen von landwirtschaftlichen Ressourcenprogrammen getroffen. Bei Intensivtierhaltungen können zwar im Einzelfall sogar verschärfte Emissionsbegrenzungen gemäss Art. 5 oder 9 LRV angezeigt sein, doch ist es aufwändig, solche zu verfügen. Zur Unterstützung des Vollzugs will die EKL prüfen, ob für Ammoniak ein Immissionsgrenzwert festgelegt werden soll (→ Kap. 3.1.2).

In Anhang 2 LRV sind zur Reduktion der Emissionen aus der Landwirtschaft zusätzliche Bau-, Ausrüstungs- sowie Betriebsvorschriften zu erlassen. Sie können auf Arbeiten schweizerischer Forschungsanstalten sowie internationaler Gremien abgestützt werden. Bei der Auswahl und Kombination von Instrumenten sollen primär jene berücksichtigt werden, die wesentliche Frachtreduktionen versprechen. Damit kann die Schweiz auch ihren Verpflichtungen aus dem Göteborg-Protokoll (→ Kap. 2.4.1.3 am Ende) nachkommen. Begleitend sollen die landwirtschaftliche Information und Beratung intensiviert und das Thema in die Aus- und Fortbildung integriert werden. Zur Landwirtschaft im Übrigen → Kapitel 4.3.1.

Lücke 5: Beschränkter Raum für zusätzliche technische Vorschriften zur Reduktion der Emissionen aus dem Verkehr

Die von der EU vorgeschriebenen Verschärfungen der Zulassungsbedingungen für Personenwagen und schwere Nutzfahrzeuge schöpfen den technisch vorgegebenen Handlungsspielraum weitgehend aus. Regelungsbedarf hinsichtlich der Zulassung besteht indessen noch bezüglich der land- und forstwirtschaftlichen Maschinen mit Strassenzulassungen sowie der Motorräder und Motorroller (Lücke 1).

Die mittels technischer Vorschriften erreichten und noch zu erwartenden erheblichen Emissionsreduktionen bei Fahrzeugen werden durch eine Ausweitung der Verkehrsleistung und durch immer höhere Ansprüche bei der Verkehrsflotte teilweise zunichte gemacht. Deshalb sind bei Fahrzeugen zusätzlich zu den Emissionsbegrenzungen auch Massnahmen erforderlich, die auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmenden einwirken (→ Kap. 1.4.1 und Kap. 4.3.6).

3.2.3 Empfehlungen

Empfehlung 6: Die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen konsequenter und mit innovationsfördernden Übergangsfristen an den Stand der Technik anpassen

Die bereits geltenden Emissionsbegrenzungen und Produkthanforderungen sind konsequent in jeweils angemessenen Abständen an die technische Entwicklung anzupassen. Übergangs- bzw. Sanierungsfristen sollen die Erreichung der Reduktionsziele unterstützen, bei bereits früher sanierten Anlagen aber auch einen adäquaten Investitionsschutz gewährleisten. Die VOC-Lenkungsabgabe soll beibehalten werden, da diesem Instrument neben den Emissionsbegrenzungen im Sinne von Artikel 12 USG grosse Bedeutung zukommt. Ihr Satz soll soweit nötig erhöht werden. Wo bezüglich des Standes der Technik Nachholbedarf besteht, sind die notwendigen strengeren Vorschriften bald zu erlassen.

Empfehlung 7: Zusätzliche Vorschriften für bestimmte Anlagen und Produkte erlassen

In den Bereichen Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft und Haushalt sowie bei Zweirädern und Off-Road-Fahrzeugen sind durch den Einsatz geeigneter Instrumente die Anstrengungen zur Minimierung der diffusen Emissionen und der vielen kleinen Quellen zu verstärken. Für neue Anlagenarten oder neuartige Prozesse in herkömmlichen Anlagen sind Vorschriften im Rahmen der Vorsorge jeweils frühzeitig zu erlassen, speziell falls Förderprogramme für diese Anlagen (z. B. Holzfeuerungen) vorgesehen sind. Wenn die Emissionsbegrenzungen und Produkthanforderungen der EU nicht dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, soll der Verordnungsgeber strengere oder ergänzende Vorschriften erlassen, soweit dies zur Reduktion von Emissionen in der Schweiz erforderlich ist. Die Voraussetzungen für Ausnahmen gemäss dem THG sind grundsätzlich erfüllt.

Empfehlung 8: Vorgaben für sporadisch auftretende ausserordentliche Betriebszustände bei Anlagen erlassen und Kontrollen verstärken

Die LRV ist mit zusätzlichen Vorschriften bezüglich der Vermeidung und Bewältigung von ausserordentlichen Betriebszuständen bei Grossanlagen zu ergänzen, und die Vollzugsanstrengungen bei Kleinanlagen mit speziellen Bedienungsbedingungen (z. B. Holzfeuerungen) sind zu verstärken.

Empfehlung 9: Zusätzliche Regelungen zur Emissionsreduktion in den Bereichen Landwirtschaft und Verkehr erlassen

Zusätzliche technische, bauliche und betriebliche Regelungen zur Emissionsbegrenzung sind insbesondere in den Bereichen Landwirtschaft (zur Reduktion der Ammoniakemissionen) sowie Verkehr (zur Reduktion der Feinstaub-, Stickoxid- und VOC-Emissionen) notwendig. Sie müssen in beiden Bereichen durch Massnahmen ergänzt werden, die eine Mengenreduktion bewirken (→ Kap. 4.3.1 und Kap. 4.3.3).

3.2.4 Dokumentation

BAFU 2007: Flüchtige organische Verbindungen (VOC): Anthropogene VOC-Emissionen Schweiz 1998, 2001 und 2004, www.bafu.admin.ch/luft/ → Publikationen.

Brunner A. 2008: Möglichkeiten der Nutzbarmachung von technischen Normen in Rechtssätzen und Vollzugshilfen – Rechtsgutachten erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, www.bafu.admin.ch/recht/ → Rechtsgutachten.

Bundesrat 1999: Bericht vom 23. Juni 1999 über die lufthygienischen Massnahmen des Bundes und der Kantone (99.077), BBl 1999 7735.

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBl 2009 6585.

BUWAL 2003: VOC-Immissionsmessungen in der Schweiz 1991–2001, www.bafu.admin.ch/luft/ → Publikationen.

Cottier T., Schneller L. 2007: Partikel-Emissionsbegrenzung bei Baumaschinen, Handlungsspielräume im Rahmen des schweizerischen Aussenwirtschaftsrechts – Rechtsgutachten im Auftrag des BAFU, www.bafu.admin.ch/recht/ → Rechtsgutachten.

Hauser A. 2009: Diffuse VOC-Emissionen: Zum Zusammenspiel von Lenkungsabgabe, Vorschriften und Vollzug, Umweltrecht in der Praxis 2009 553–562.

Künzler P. 2005: Weiterentwicklung des Luftreinhalte-Konzepts – Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 379, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2010: Dokumentation zum Kolloquium «Erfolgreiche Luftreinhalte-Politik in ausgewählten Ländern» vom 3. Februar 2009 in Bern mit Prof. Miranda Schreurs, Forschungsstelle für Umweltpolitik, Freie Universität Berlin. Interne Dokumentation EKL

Schultze H., Wrage B. 2009: Erfassung diffuser VOC-Emissionen. Stand der Technik bei ausgewählten Prozessen, Vollzugshilfe zur Beurteilung des Erfassungsgrades. Umwelt-Vollzug 916, Bern.

UNECE 2007: Guidance Document on Control Techniques for Preventing and Abating Emissions of Ammonia, revised version (ECE/EB.AIR/WG.5/2007/13), www.unece.org/env/documents/2007/

4 Abbau der noch bestehenden übermässigen Luftbelastung in der Zukunft

4.1 Den künftigen Handlungsbedarf an den Schlüsselgrössen ausrichten

4.1.1 Thesen

Die noch bestehenden übermässigen Immissionen von Feinstaub, Ozon, Stickstoffdioxid, Säure- und Stickstoffeintrag sind auf die zu hohen Emissionen von Stickoxiden, primärem Feinstaub, Ammoniak und VOC zurückzuführen. Diese Schadstoffe sind noch um 20 bis 50 % zu reduzieren; bei krebserregenden Stoffen gilt das Minimierungsgebot.

Je nach Problemschadstoffen können unterschiedliche Hauptverursacher identifiziert werden: Verkehr und Maschinen sowie Energie- und Wärmegewinnung bei den Stickoxiden; Lösemittelverflüchtigung sowie Verkehr und Maschinen bei den NMVOC; Verkehr und Maschinen sowie Produktion und Entsorgung beim Feinstaub; verschiedene Quellen der Landwirtschaft – insbesondere die Nutztierhaltung – beim Ammoniak.

Die Schadstoffbelastung kann einerseits durch Reduktion der Aktivität und andererseits durch Verbesserung bei den Emissionsfaktoren gesenkt werden. Für die verschiedenen hauptsächlichen Verursacherkategorien sind deshalb zahlreiche Einflussmöglichkeiten denkbar. Die konkreten Vorschläge finden sich in Kapitel 3.2 (Emissionsbegrenzungen), Kapitel 4.2 (Bisher Erfolgreiches weiterführen und optimieren) sowie Kapitel 4.3 (Schwerpunkte und Schnittstellen).

4.1.2 Emissionssituation und Handlungsbedarf

4.1.2.1 Übersicht

Die noch bestehenden übermässigen Immissionen von Feinstaub, Ozon, Stickstoffdioxid, Säure- und Stickstoffeintrag (→ Kap. 2.3.5 und 2.3.6) sind auf die zu hohen Emissionen von Stickoxiden, primärem Feinstaub, Ammoniak und flüchtigen organischen Verbindungen zurückzuführen. Alle diese Schadstoffe liegen im Bereich übermässiger Belastungen, d. h. sie unterstehen der zweiten Stufe des Immissionsschutzes (→ Kap. 2.4.1.1) und damit nicht nur vorsorglichen, sondern auch verschärften Emissionsbegrenzungen.

Aus den aktuellen Belastungen und Emissionen sowie der Kenntnis über atmosphärenchemische Prozesse lässt sich abschätzen, um wie viel die gesamtschweizerischen Schadstoffemissionen etwa vermindert werden müssen, damit die Schadstoffbelastung grösserräumig auf das Niveau der heute geltenden Luftqualitätskriterien gesenkt werden kann. In diese Betrachtung ist nicht einbezogen, dass je nach geografischer Verteilung der Emissionen lokal weiterhin übermässige Immissionen auftreten können. Zudem wird davon ausgegangen, dass in den Nachbarländern Emissionsreduktionen in der gleichen Grössenordnung wie in der Schweiz erfolgen. Die Beurteilung, ob die erreichten Emissionsminderungen genügen oder nicht, muss anhand der gemessenen Immissionen, der Immissionsgrenzwerte und Critical Loads erfolgen (→ Kap. 2.4.1.2). Wenn die Immissionsgrenzwerte eingehalten sind, sind nicht mehr verschärfte, sondern nur noch vorsorgliche Emissionsbegrenzungen nötig. Die beiden folgenden Tabellen bzw. Abbildungen zeigen, um wie viel die gesamtschweizerischen Emissionen etwa vermindert werden müssen, damit vom verschärften zum vorsorglichen Vollzug übergegangen werden kann.

Tab. 3 Erforderliche Mindestreduktionen der noch übermässigen Schadstoffe gemäss LRK 2009

Schadstoff	notwendige Mindestreduktion der Emissionen gegenüber 2005	Abgeleitet aus dem Schutzziel
Stickoxide NO _x	ca. 50 %	Critical Load für Säure Immissionsgrenzwert Ozon
flüchtige organische Verbindungen NMVOC	20–30 %	Immissionsgrenzwert Ozon
Feinstaub PM10	ca. 45 %	Immissionsgrenzwert PM10
Ammoniak NH ₃	ca. 40 %	Critical Load für Stickstoff
kanzerogene Stoffe (z. B. Russ)	so weit wie technisch möglich und verhältnismässig	

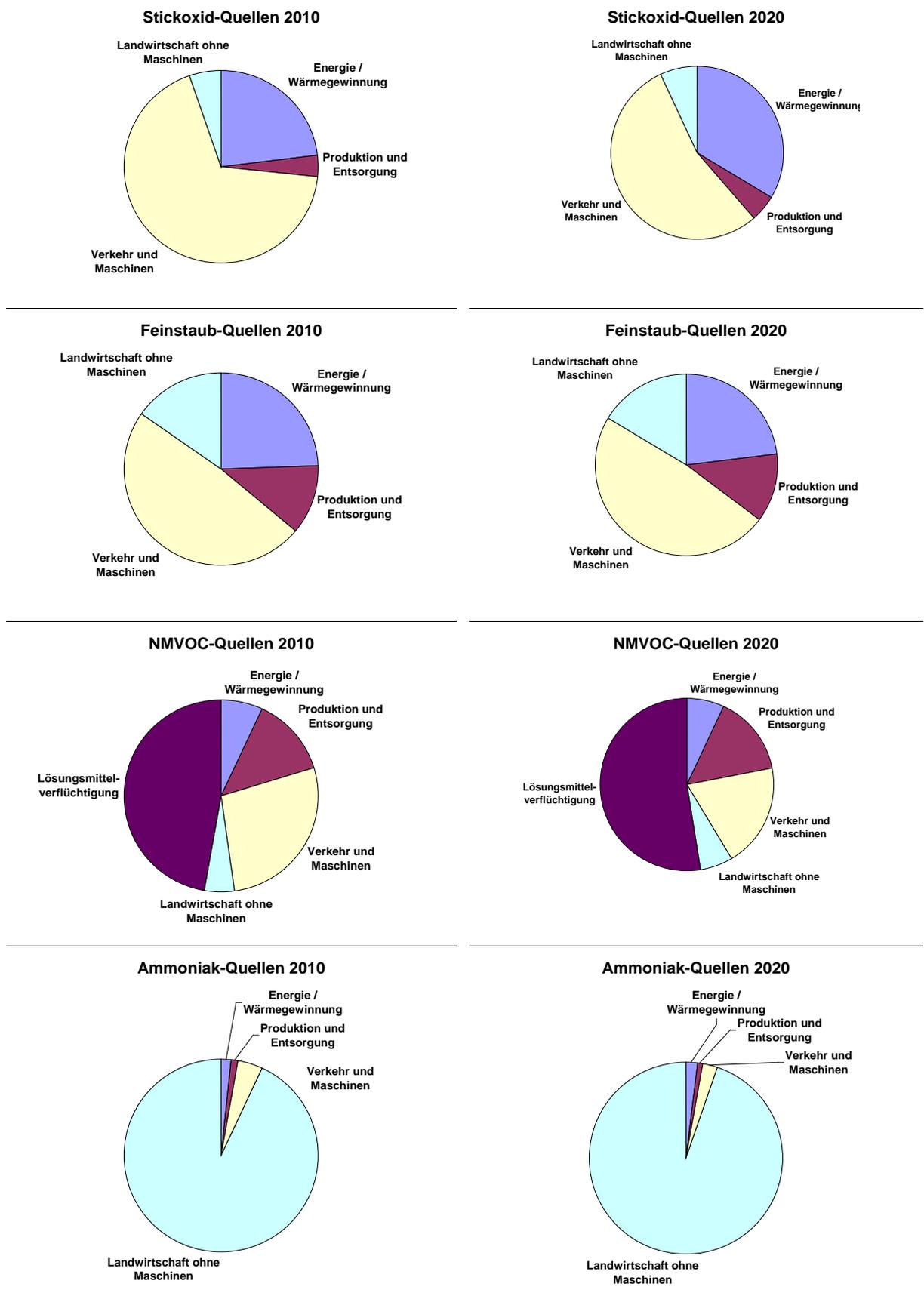
Bei der Ableitung der noch nötigen Emissionsreduktionen wurde berücksichtigt, dass Stickoxide zum Stickstoffeintrag und Ammoniak zur Versauerung beitragen.

4.1.2.2 Hauptemittenten der Problemschadstoffe

Stickoxide entstehen hauptsächlich durch Verbrennungsprozesse zur Energiegewinnung für Wärme (Raumwärme, Prozesswärme, Warmwasser) und Mobilität (Verkehr, Maschinen). **Primärer Feinstaub** entsteht ebenfalls bei der Energiegewinnung, aber auch durch Abrieb und Aufwirbelung auf Strassen, Baustellen, landwirtschaftlichen Flächen etc. Die **NMVOC**-Emissionen hingegen sind zur Hauptsache auf Verdunstungsprozesse (Anwendung von Lösemitteln, Treibstoffumschlag) zurückzuführen. Nur ein geringerer Teil entsteht als Nebenprodukt der Verbrennung in Motoren. **Ammoniak** entsteht zum überwiegenden Teil durch die landwirtschaftliche Tierhaltung. Andere Quellen tragen nur marginal zu den Emissionen bei.

Abb. 25 Verursacher der Emissionen von Problemschadstoffen 2010 und 2020 (projiziert)

Die Grössenverhältnisse der Kuchen zwischen 2010 und 2020 widerspiegeln die Emissionsänderung



4.1.2.3 Schlüsselgrössen für die Schadstoffentwicklung, Einflussmöglichkeiten

Im Allgemeinen lässt sich die Emission als Produkt einer Aktivität (z. B. Anzahl gefahrene Kilometer) und deren Emissionsfaktor (z. B. Gramm NO_x pro Fahrzeugkilometer) darstellen.

$$\text{Schadstoffemission} = \text{Aktivität} \times \text{Emissionsfaktor}$$

Prinzipiell kann eine Schadstoffemission durch Veränderung der Aktivität oder des Emissionsfaktors beeinflusst werden. In Anlehnung an die Quellenaufteilung in der Abb. 25 (Kreisdiagramme) sind im Folgenden für die Hauptverursacherkategorien die Schlüsselgrössen und Einflussmöglichkeiten skizziert.

Verkehr und Maschinen

- Verkehrsleistung
 - Die Verkehrsleistung ist abhängig von der Bevölkerungs-, Raum- und Wirtschaftsentwicklung, vom Verhalten der Individuen und Wirtschaftssubjekte. Die Entwicklung der Verkehrsleistung kann durch Raum- und Verkehrsplanung beeinflusst werden. Durch Zersiedelung und den Bau publikumsintensiver Anlagen sowie den grosszügigen Ausbau von Strassen und ein grosses Parkplatzangebot wird das Wachstum des motorisierten Individualverkehrs gefördert.
- Modal Split
 - Beim Personenverkehr ist der Modal Split (Verteilung des Verkehrsaufkommens auf verschiedene Verkehrsträger) abhängig von öV-Angebot, Preisen und persönlicher Einstellung. Er kann über den Ausbau der Infrastruktur, das Fahrplanangebot, die Preisgestaltung beim öV, Zölle und Abgaben auf Treibstoffe und Information beeinflusst werden. Beim Güterverkehr spielen die Wegekosten, Kapazitäten, Geschwindigkeit und Logistik (z. B. beim Huckepack- oder Containerverlad) eine grosse Rolle.
- Schadstoffe im Abgas
 - Die Konzentration von Schadstoffen im Abgas von Fahrzeugen und Maschinen ist abhängig vom Stand der Technik und den gesetzlichen Vorgaben. Sie lässt sich durch international harmonisierte Abgasvorschriften, strengere nationale Vorschriften, Förderung von Forschung und Entwicklung, finanzielle Anreize für Nachrüstungen und das Angebot von schadstoffarmen Fahrzeugen und Maschinen beeinflussen.

Energie und Wärmegegewinnung

- Energieverbrauch
 - Er ist abhängig von der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung, von der Menge der Warmwasser- und Dampferzeugung, dem beheiztem Raumvolumen und dem Einsatz von Geräten und Maschinen. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Energieeffizienz.
- Energieeffizienz
 - Sie hängt vom Stand der Technik, von der Bausubstanz (Isolation), von den eingesetzten Geräten (z. B. Stand-by-Verluste) und Prozessen ab. Sie lässt sich durch Vorschriften, Energiepreise und Information beeinflussen.
- Energiemix
 - Die Herstellung und Anwendung der eingesetzten Energieträger haben grossen Einfluss auf die Emission verschiedener Luftschadstoffe. Der Energiemix ist abhängig vom Stand der Technik und den Kosten der verschiedenen Energieträger. Er kann beeinflusst werden durch finanzielle Förderung zur vermehrten Anwendung gewisser Energieträger, durch Förderung von Forschung und Entwicklung, Information, Beratung und Ausbildung und Vorschriften (z. B. über den Mindestanteil erneuerbarer Energien bei Neubauten).

- Schadstoffe in Verbrennungsabluft
 - Wie viel Schadstoffe bei der Gewinnung von Nutzenergie entstehen, hängt ab vom eingesetzten Energieträger, vom Stand der Technik, von den gesetzlichen Vorgaben und dem Verhalten der Anwender (z. B. handbesockte Holzfeuerungen). Einflussmöglichkeiten bieten sich durch international harmonisierte Produktvorschriften, nationale Emissionsvorschriften, Förderung von Forschung und Entwicklung, Information und Kontrolle.

Produktion und Entsorgung

- Stoffumsatz
 - Die Menge der in Umlauf gelangenden Stoffe ist abhängig von der wirtschaftlichen Lage und dem Konsumverhalten. Insbesondere die Entsorgung wird beeinflusst durch Vorschriften über Vermeidung, Trennen und Verwerten sowie Verbrennen vor der Ablagerung, sodann durch Vereinbarungen und Information.
- Schadstoffe bei Produktion und Entsorgung
 - Sie sind abhängig vom Stand der Technik und gesetzlichen Vorgaben. Sie werden beeinflusst durch nationale Emissionsvorschriften und Konzepte.

Lösemittelverflüchtigung

- Lösemittelgehalt von Produkten und deren Einsatz
 - Einsatz und Höhe des Lösemittelanteils sind abhängig von gesetzlichen Vorgaben, möglichen Alternativen und Preisen. Es kann Einfluss genommen werden über Vorschriften, finanzielle Anreize und Beratung.
- Lösemittelverluste
 - Die Verluste beim Einsatz von Lösemitteln oder lösemittelhaltigen Produkten sind abhängig vom Stand der Technik und gesetzlichen Vorgaben. Sie lassen sich beeinflussen durch Vorschriften, Abgaben, Förderung von Forschung und Entwicklung, Beratung.

Landwirtschaft (ohne Maschinen)

- Nutztierzahlen
 - Die Nutztierzahlen sind abhängig von den landwirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Sie sind beeinflussbar durch landwirtschaftliche Direktzahlungen und Vorschriften.
- Emission pro Nutztier
 - Sie hängt ab von Tierart, Ernährung und Haltungsart (Stallkonstruktion, Abluftreinigung, Weidegang), die ihrerseits durch gesetzliche Vorgaben, Subventionen, Bau- und Emissionsvorschriften sowie das Ernährungsverhalten der Bevölkerung beeinflusst wird. Entscheidend ist auch die Art der Hofdüngerlagerung und -ausbringung. Die Anwendung emissionsarmer Techniken wird durch Vorschriften, finanzielle Anreize und Information gesteuert.
- Düngereinsatz
 - Art und Menge des zusätzlich zum Hofdünger eingesetzten mineralischen Stickstoff-Düngers

4.1.3 Dokumentation

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBl 2009 6585.

BAFU 2010: Schweizerisches Emissionsinventar für Luftschadstoffe und Treibhausgase EMIS.

Luftschadstoffe: www.ceip.at/submissions-under-clrtap/2010-submissions/

Treibhausgase: www.bafu.admin.ch/climatereporting/00545/index.html?lang=en

BUWAL 2004: Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs 1980–2030. Schriftenreihe Umwelt Nr. 355, Aktualisierung 2010 in Vorbereitung

Künzler P. 2005: Weiterentwicklung des Luftreinhalte-Konzepts – Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 379, Bern.

www.agrammon.ch/ (Betriebliche Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft)

www.bafu.admin.ch/luft/ → Schadstoffquellen.

4.2 Bisher Erfolgreiches weiterführen, wo nötig ausbauen und zur Förderung von Innovationen optimieren

4.2.1 Thesen

Die Vollzugsbehörden begegnen den Herausforderungen der Luftreinhaltung mit grosser Fachkompetenz. Die Auswahl und die Kombination unterschiedlicher, auf die Verursacherkategorien und ihre Aktivitäten zugeschnittener Instrumente zur Emissionsreduktion (Instrumentenmix) haben sich bewährt. Auf dieser Basis soll die Luftreinhaltungspolitik weitergeführt und in einzelnen Punkten optimiert werden.

Künftig sollen Instrumente vermehrt speziell dazu eingesetzt werden, die Einführung neuer oder strengerer Vorgaben zu unterstützen. Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen sind im Einklang mit den Zielen der Luftreinhaltung auszugestalten.

Für den Erfolg der Luftreinhaltungspolitik von ausschlaggebender Bedeutung ist der konsequente Vollzug durch die Kantone und teilweise die Gemeinden. Vermehrt muss regional und sektorübergreifend koordiniert werden. Ebenso wichtig ist es, im internationalen Austausch vom gegenseitigen Wissen zu profitieren und zugleich zu Emissionsminderungen über die Grenzen hinweg beizutragen.

Wenn in meteorologischen Ausnahmesituationen kurzfristig wirkende Massnahmen nötig sind, sollen zugleich Massnahmen mit langfristigen Wirkungen ausgelöst werden.

4.2.2 Ausgangslage und Handlungsbedarf

Die Zusammenstellung der Hauptemittenten von Problemschadstoffen und der Schlüsselgrössen (→ Kap. 4.1) lässt erkennen, dass die Luftqualität ausser durch die Vorschriften des USG (→ Kap. 2.4) auch durch die Regelungen verschiedener anderer Politikbereiche entscheidend beeinflusst wird, insbesondere durch die Energie-, Finanz-, Landwirtschafts-, Raumplanungs- und Verkehrspolitik (→ Kap. 4.3).

In allen Politikbereichen zeigt sich, dass sich bestimmte Faktoren besonders positiv auf die Reduktion der Luftschadstoffbelastung auswirken.

Erfolgsfaktor 1: Gezielte Beeinflussung der Emissionsfaktoren

Grosse Erfolge liessen sich in der Luftreinhaltung vor allen über die Beeinflussung der Emissionsfaktoren erzielen, während es sich als schwierig und wenig ergiebig erwies, die Aktivitätsraten zu beeinflussen (→ Kap. 4.1). Fortschritte bei der Reduktion von Emissionen wurden primär mit Vorschriften erreicht, die auf den besten Stand der Technik verpflichten (Beispiel: Öl- und Gasfeuerungen, Schwefelgehalt von Heizöl). Diesen Anspruch erfüllte die LRV in ihrer ursprünglichen Fassung vom 16. Dezember 1985. Die Anpassungen von Ende 1991 setzten die fortschrittliche Praxis fort, während spätere Revisionen teils eher zögerlich und weniger auf Innovation ausgelegt waren. Bei den Motorfahrzeugen entschied man sich nach der Einführung der Katalysatorpflicht für Neuwagen im Jahr 1986 aus Gründen der europapolitischen Kompatibilität, die schweizerische Schrittmacherfunktion durch einen Gleichschritt mit der EU zu ersetzen, der zu wesentlichen Verbesserungen geführt hat und mit der Lancierung besonders verbrauchs- und schadstoffarmer Fahrzeuge noch zunehmen wird.

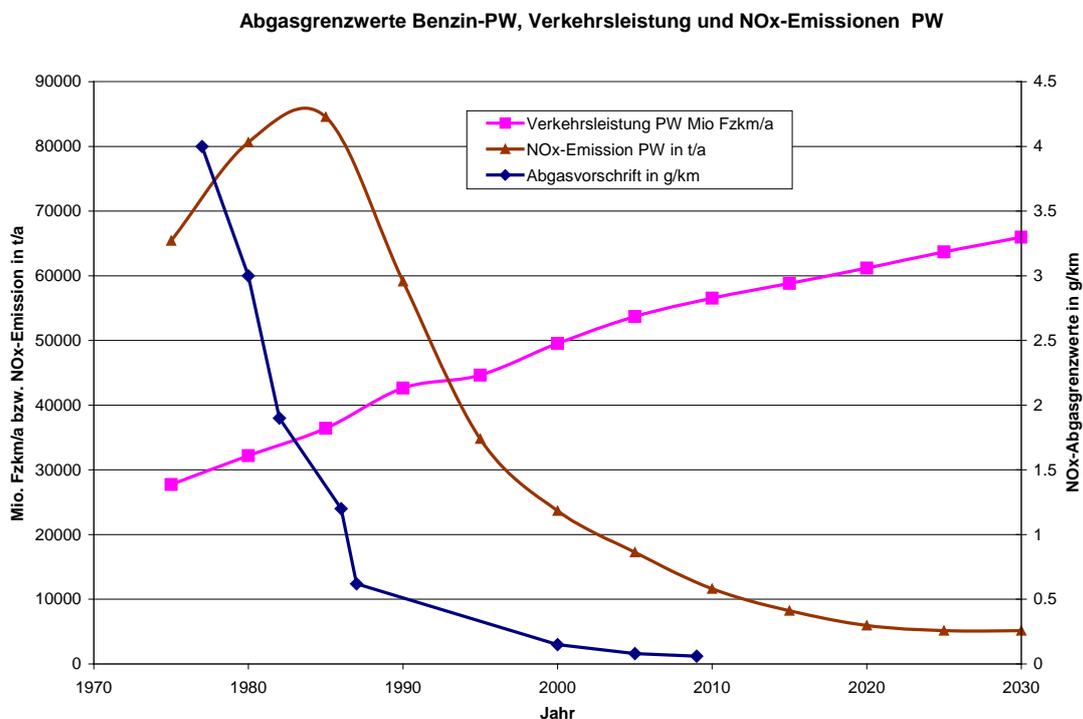
Als wirkungsvoll ist auch der – Emissionsbegrenzungsvorschriften ergänzende – gezielte Einsatz der Lenkungsabgabe auf VOC-haltigen Stoffen (Beispiele: alternative Lösungen in den Bereichen Farbe und Lacke, Druckereien sowie Oberflächenbehandlung) zu beurteilen, während die Lenkungsabgabe auf dem Schwefelgehalt in Brenn- und Treibstoffen nur flankierend zu den Emissionsbegrenzungen gemäss Art. 12 USG von Bedeutung ist.

Auf Zielvorgaben kombiniert mit sogenannten freiwilligen Massnahmen zu bauen, bewirkt indessen nur wesentliche Emissionsreduktionen, wenn die Nichterreichung der Ziele mit Sanktionen verbunden wird. Weil auf subsidiär zu erlassende verpflichtende Vorschriften verzichtet wurde, blieb beispielsweise die Zielvereinbarung mit den Autoimporteuren zur Reduktion des spezifischen Treibstoffverbrauchs neuer Personenwagen ohne Erfolg.

Dank der teilweise massiven Verminderung der Emissionsfaktoren durch die Entwicklung hocheffizienter technischer Lösungen konnten die Emissionen in gewissen Bereichen sogar trotz Aktivitätszuwachs gewaltig gesenkt werden. Als Beispiel sei die Verminderung der Abgasemissionen von Stickoxiden durch Personenwagen mit Benzinmotor angeführt.

Abb. 26 Die Abnahme der Emissionen folgte zeitlich verzögert auf die Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Neuwagen

Obwohl sich die Fahrleistung der Personenwagen von 1980 bis 2030 gemäss den Modellierungen verdoppelt, nehmen die Stickoxidemissionen um fast 95 % ab. Hauptsächlich verantwortlich ist die massive Verschärfung der Abgasvorschriften, welche für benzinbetriebene Personenwagen eine Verminderung der Stickoxide im Abgas von 98.5 % gegenüber 1977 verlangt.



Erfolgsfaktor 2: Koordiniertes Handeln auf der richtigen Ebene

Emissionen entstehen lokal, verbreiten sich über die Atmosphäre jedoch weiträumig und über Grenzen hinweg. Durch die bestehende gesetzliche Aufgabenteilung haben die verschiedenen Körperschaften jeweils unterschiedliche Kompetenzen zur Regelung der Schadstoffemissionen. Es ist wichtig, dass auf *allen Ebenen* die Möglichkeiten zur Schadstoffminderung ausgeschöpft werden und dass Bund, Kantone und Gemeinden in Konzeption, Vollzug und Information zusammenarbeiten und die Luftreinhaltung auch je als sektorübergreifende Aufgabe wahrnehmen.

Der *Bund* leistet seinen Beitrag im Geltungsbereich des USG hauptsächlich durch Rechtsetzung (→ Kap. 2.4.1.3) und nur in besonderen Fällen auch durch Vollzugsmassnahmen (z. B. Erhebung von Lenkungsabgaben). In den anderen Regelungsbereichen (etwa Energie oder Verkehr) nimmt der Bund zusätzlich mit wesentlichen Förderbeiträgen oder Infrastrukturleistungen Einfluss. Bei der Erfüllung dieser Aufgaben muss er im Hinblick auf kohärentes staatliches Handeln die Vorgaben und Anliegen der Luftreinhaltung vermehrt berücksichtigen.

Ausschlaggebender Faktor bei der Umsetzung der durch den Bund erlassenen Vorschriften ist der Einsatz der *Kantone* (und teilweise der Gemeinden). Dabei spielen sowohl die Fachkompetenz wie auch die Kapazitäten der kantonalen Vollzugsorgane eine eminente Rolle. Einen besonderen Einsatz verlangt der Vollzug, wo aufgrund der übermässigen Belastung Massnahmenpläne (→ Kap. 2.4.1.5) zu erstellen und verschärfte Emissionsbegrenzungen (→ Kap. 2.4.1.1) anzuordnen sind. In diesem Rahmen ist besonders auf Koordination – innerhalb des Kantons und mit Nachbarkantonen – zu achten und nach Lösungen zu suchen, mit denen die Beiträge verschiedener Politikbereiche zu sektorübergreifend konsistenten Massnahmenpaketen geschnürt werden.

Eine grosse Bedeutung kommt auch der *internationalen Zusammenarbeit* zu, insbesondere mit der UNECE und der EU. Aus dieser Kooperation gewinnt die schweizerische Luftreinhaltungspolitik vielfältige wertvolle Informationen und Anregungen, z. B. über Entwicklungen im Bereich der Regulierung oder über Erfahrungen mit neuen Technologien. Die Schweiz kann ihrerseits ihr Wissen und ihre Erfahrungen in diese Gremien einbringen und damit zur Weiterentwicklung der Luftreinhaltungspolitik beitragen. Da die Immissionslage in der Schweiz auch durch die Entwicklung der Luftreinhaltungsanstrengungen von Nachbarländern bestimmt wird, ist die Bedeutung des Fachaustausches über die Grenzen hinweg nicht zu unterschätzen.

Erfolgsfaktor 3: Kluge Instrumentenwahl

In den auf die Luftqualität einwirkenden Politikbereichen wurde und wird eine breite Palette von Instrumenten eingesetzt. Je nach Ausgangslage und Problemstellung eignen sich die einen oder anderen Instrumente besser (→ Kasten).

Instrumente der Luftreinhaltungspolitik: Typologie gemäss Kaufmann-Hayoz et al. (2001)

Gebote und Verbote: Sie reduzieren die Emissionen gezielt und effektiv vor allem über die Verminderung der Emissionsfaktoren oder die Erhöhung der Energieeffizienz. Beispiele sind Abgas- und Emissionsvorschriften für Fahrzeuge und stationäre Anlagen, Vorgaben über die Qualität von Brenn- und Treibstoffen, Vorschriften über die Wärmedämmung von Gebäuden.

Marktwirtschaftliche Instrumente: Sie können sowohl die Emissionsfaktoren als auch die Aktivitätsraten beeinflussen und namentlich dazu beitragen, dass die Aktivitäten in einer umweltgerechteren Art ausgeübt werden. Beispiele sind die Lenkungsabgabe auf VOC, emissionsabhängige Landegebühren für Flugzeuge und die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe mit Emissionszusatz.

Infrastruktur- und Serviceinstrumente: Die zur Verfügung stehende Infrastruktur und die damit verknüpften Dienstleistungen beeinflussen das Verhalten der Bevölkerung und damit die Art, in der eine Aktivität ausgeübt wird. Wichtige Beispiele sind das Nationalstrassennetz sowie der Ausbau des öffentlichen Verkehrs oder die NEAT. Die Mobilitätsinfrastruktur beeinflusst die Luftqualität in vielfältiger, noch zu wenig untersuchter Weise. Zwar können Service- und Infrastrukturangebote dazu führen, dass Mobilität in einer umweltschonenderen Weise ausgeübt wird, doch führt das verbesserte Angebot auch zur Zunahme der Gesamtaktivität.

Vereinbarungen: Vereinbarungen zwischen staatlichen und privaten Akteuren können zu einer Verminderung der Emissionen führen, welche über die aktuellen vorsorglichen Vorschriften hinausgeht. Damit Vereinbarungen erfolgreich sind, müssen alle beteiligten Emittenten eingebunden, die Einhaltung der Regeln überwacht werden und bei Verstössen Sanktionsmöglichkeiten bestehen. Ein Beispiel ist die NO_x-Branchenvereinbarung mit der Zementindustrie.

Kommunikationsinstrumente: Information, Beratung und Ausbildung fördern das Problembewusstsein und versehen Öffentlichkeit, Politik und Wirtschaft mit Wissen über geeignete Handlungsmöglichkeiten. Sie dienen auch der Erfolgskontrolle. Beispiele sind Berichte über den Stand und die Entwicklung der Luftqualität, Ozon-Info, Interkantones Interventionskonzept Feinstaub, Unterlagen für Schulen oder EnergieSchweiz im Energiebereich.

Förderung von Forschung und Entwicklung: Das Wissen um Entstehung, Verhalten und Wirkung von Luftschadstoffen, sowie die Entwicklung emissionsarmer Technologien und Geräte spielen eine wichtige Rolle bei der Gestaltung von Politik und Regelwerken. Die öffentliche Hand fördert und finanziert Forschungsprogramme, Entwicklung von Prototypen und Pilotanlagen. Das hauptsächliche Ziel beim Einsatz dieser Instrumente ist es, den technischen Fortschritt zu fördern und zu nutzen. Sie geben in unterschiedlicher Weise Anreize zur Entwicklung emissionsarmer und sparsamer Techniken, Geräte und Produkte und tragen zum Durchbruch innovativer Entwicklungen bei. Sie schaffen und erhalten das Bewusstsein für die Wichtigkeit der Luftreinhaltung und den Wert sauberer und gesunder Luft und ermöglichen die Erfolgskontrolle.

Die EKL hat sich einen Überblick über den aktuellen internationalen Wissensstand zum erfolgreichen Einsatz verschiedener Instrumente in der Luftreinhaltungspolitik verschafft. Besonders interessiert sind die Erfahrungen mit marktwirtschaftlichen Instrumenten, die allenfalls die vom USG bereits eingesetzten Lenkungsabgaben ergänzen könnten, wie etwa der kontingentierte Emissionshandel (→ Kasten).

Kontingentierte Emissionshandel

Der Cap-and-Trade-Ansatz, bei dem für Emissionen in bestimmter Weise definierte Höchstmengen (Cap oder Plafond) festgelegt und in diesem Rahmen handelbare Rechte zum Ausstoss von Teilmengen freigegeben werden (Trade), kann als kontingentierter Handel mit Emissionen bezeichnet werden. Er eignet sich, wenn lediglich relativ wenige Grossemittler vorhanden sind; bei einer Vielzahl von Kleinemittlern wird der Aufwand hingegen übermässig gross.

Die vergleichende Betrachtung zeigt, dass der kontingentierte Handel langfristig gesehen weniger Emissionsreduktionen bewirkt, als wenn spezifische Anforderungen an Stoffe, Produkte und Anlagen vorgeschrieben werden. Denn durch den Emissionshandel werden zwar die besonders effizienten Massnahmen bevorzugt, die Emissionen aber nicht zwingend reduziert. Ob Emissionen abgebaut werden, hängt vorerst vom gewählten Plafond (Cap) bei Einführung des kontingentierten Handels ab. Aus politischen Gründen wird dieser erfahrungsgemäss zu hoch angesetzt. Zur mittelfristigen Reduktion von Emissionen lässt sich dieses Instrument jedoch in zweierlei Weise einsetzen: Zum einen kann die Höchstmenge der erlaubten Emissionen (Gesamtplafond) im Laufe der Jahre – möglichst nach einem vorbestimmten Fahrplan – so stark reduziert werden, dass sich der Handel als Motor für den Einsatz technologischer Innovationen auswirkt. Zum anderen können nach einer zeitlich begrenzten Phase des Emissionshandels die von Pionierunternehmen erreichten Emissionsreduktionen als neue Standards allgemein verbindlich vorgeschrieben werden.

In der Schweiz sind die Voraussetzungen für die Wirksamkeit dieses Ansatzes bei den klassischen Luftschadstoffen (ohne CO₂) kaum erfüllt. Ein kontingentierter Handel käme am ehesten bei den Zementwerken in Frage. Deren Emissionsreduktionen werden heute indessen durch eine Rahmenvereinbarung mit den Sitzkantonen geregelt (→ Kasten S. 81).

Aus der vergleichenden Betrachtung ergeben sich wichtige Hinweise auf Optimierungsmöglichkeiten. So wirken marktwirtschaftliche Instrumente wie beispielweise Lenkungsabgaben namentlich mittelfristig bei der Einführung neuer beziehungsweise strengerer Anforderungen. Sie verlieren dagegen im Laufe der Zeit häufig ihre Lenkungs kraft. Das heisst nicht, dass sie in einem solchen Fall ersatzlos aufzuheben sind. Vielmehr ist zu prüfen, ob die Abgabensätze oder die Anforderungen periodisch zu erhöhen sind. Auch wenn die Luftreinhaltungsziele erfüllt sein sollten, helfen sie mit, die Emissionen tiefer zu halten und sichern somit die Zielerfüllung längerfristig. Alternativ können Lenkungsabgaben später durch die Vorgabe allgemein verbindlicher Anforderungen ersetzt werden.

Vor diesem Hintergrund kommt die EKL zur Beurteilung, dass sich die schweizerische Instrumentenpalette durch eine bemerkenswerte Vielfalt und eine weitgehend zweckmässige Auswahl der Instrumente auszeichnet. Weder sind systematische Lücken noch dogmatisch bedingte Einschränkungen (z. B. Ausschluss marktwirtschaftlicher Instrumente) vorhanden.

Um die noch bestehenden Defizite der Luftreinhaltungspolitik bzw. die noch übermässige Luftschadstoffbelastung (→ Kap. 2.3.7) abzubauen, soll nach der Beurteilung der EKL in erster Linie das bisher Bewährte weitergeführt und ausgebaut werden. Doch besteht punktuell noch ein nennenswerter Spielraum für Verbesserungen bei der Ausgestaltung und beim Einsatz von Instrumenten. Auch zukünftig ist fallweise die am besten geeignete Instrumentenkombination zur Emissionsminderung zu nutzen. Da sich die Reduktion der Emissionsfaktoren als besonders erfolgreicher Beitrag zur Reduktion der Luftschadstoffbelastung erwiesen hat, muss sich die Luftreinhaltungspolitik vermehrt danach ausrichten, technische Innovationen anzustossen und geeignete Rahmenbedingungen für ihre Übernahme durch den Markt zu schaffen sowie das dauerhafte vorschriftsgemässe Funktionieren von Anlagen sicherzustellen.

Die Schlüsselgrössen der Luftbelastung (→ Kap. 4.1) werden einerseits durch die Massnahmen im Bereich der vorsorglichen Begrenzungen von Luftschadstoffemissionen aufgrund des USG (→ Kap. 3.2) beeinflusst. Ebenso wichtig sind andererseits die Beiträge anderer Politikbereiche, die separat zu behandeln sind: Energie und Klima (→ Kap. 4.3.2), finanzielle Förderung und fiskalische Rahmenbedingungen (→ Kap. 4.3.6), Landwirtschaft (→ Kap. 4.3.1), Lärmschutz (→ Kap. 4.3.5), Raumplanung und Infrastruktur (→ Kap. 4.3.4) sowie Verkehr (→ Kap. 4.3.3).

Allgemein sehen wir wesentliche Verbesserungspotenziale in den folgenden vier Schwerpunkten unterschiedlicher Art.

Schwerpunkt 1: Vollzug

Vollzug verlangt dauerhafte Konsequenz, die nur mit ausreichendem fachlich kompetentem Personal gewährleistet werden kann. Für die Erreichung der Luftreinhaltungsziele ist die *Ausstattung der Fachstellen*, die in enger Kooperation mit anderen Stellen wie den Baubewilligungsbehörden arbeiten müssen, deshalb von ausschlaggebender Bedeutung. Auch wenn inzwischen vieles zur Routine geworden ist, muss aufgrund der fortschreitenden technischen Entwicklung doch immer wieder neuen Herausforderungen begegnet werden.

Heute ist beim Vollzug zudem besonders wichtig, für *Kohärenz* bei der Umsetzung des Luftreinhalteungsrechts und zwischen der Luftreinhaltungspolitik sowie anderen Bereichen staatlichen Handelns (→ Kap. 4.3) zu sorgen. Herausgefordert sind zum einen die Luftreinhaltungsfachstellen selber – mit allen ihren Mitarbeitenden. Zum anderen müssen jedoch die übergeordneten Instanzen und der Bund der Kohärenz spezielle Aufmerksamkeit widmen, sei es bei politischen Entscheiden oder im Rahmen ihrer Aufsichtstätigkeit.

Bei der *vorsorglichen Emissionsbegrenzung* ist im Rahmen der Bewilligungsverfahren von Neuanlagen nicht nur den gewerblichen und industriellen Anlagen Beachtung zu schenken, sondern auch den landwirtschaftlichen Bauten (→ Kap. 4.3.1) sowie den Anlagen zur biologischen Abfallverwertung, namentlich zur Kompostierung oder Biogasproduktion (→ Kap. 3.2).

In Regionen, in denen die Luftbelastung noch übermässig ist, verlangt die Anordnung *verschärfter Emissionsbegrenzungen* besondere Anstrengungen. Es ist namentlich daran zu erinnern, dass verschärfte Emissionsbegrenzungen nötigenfalls bereits zusammen mit Massnahmen der Vorsorge und nicht erst zeitlich verschoben zu verfügen sind.

Sodann gehört zum Vollzug weiterhin eine konsequente *Kontrolltätigkeit*, um den korrekten Betrieb von Anlagen auf Dauer sicherzustellen. Bei dieser Überwachungsaufgabe, die wo immer möglich mit Kontrollen aufgrund anderer Regelungen zu koordinieren ist, sind entsprechend den technischen Entwicklungen jeweils Schwerpunkte zu setzen. So haben sich die Kontrollen von Öl- und Gasfeuerungen gut etabliert und wesentlich zur Verbesserung der Luftqualität beigetragen. Heute sind Abnahme- und periodische Kontrollen von Holzfeuerungen (inklusive Brennstoffqualität) besonders wichtig, sodann die Kontrollen bei der offenen Verbrennung von Wald-, Feld- und Gartenabfällen, bei der Minimierung der Ausfälle von Abluftreinigungsanlagen sowie bei der Fassung und Reinigung diffuser Emissionen.

Im Rahmen der *Massnahmenplanung* überprüfen die Kantone periodisch das Erreichte und entscheiden über die zusätzlich notwendigen Massnahmen. Sie sollten diese konzeptionellen Arbeiten vermehrt dazu nutzen, die Massnahmen verschiedener luftrelevanter Aufgabenbereiche zu koordinieren. Zudem können die spezifischen kantonalen oder regionalen Probleme Anlass sein, auch neuartige Lösungen auszuarbeiten: Der föderalistische Vollzug kann auf diese Weise quasi als Labor für später bundesweit einzusetzende Massnahmen dienen.

Bei dieser Gelegenheit ist der allgemeine gesetzliche Auftrag in Erinnerung zu rufen, die Umweltbelastung zu erheben (vgl. die Ausführungen zum NABEL und zu Emissionserhebungen → Kap. 2.3.3 und Kap. 3.1.2 Problemkreis 5) und die *Ergebnisse der Umweltpolitik zu überprüfen* sowie nach verschiedenen Kriterien zu evaluieren (Art. 44 Abs. 1 USG). Diese Aufgabe ist ausser vom Bund auch von den Kantonen zu leisten. Die Kantone kommen dieser Pflicht teils im Zusammenhang mit der Erhebung der Emissionen und der Nachführung der Massnahmenpläne (Art. 44 und Art. 44a USG in Verbindung mit Art. 33 Abs. 3 LRV) nach. Erwünscht sind indessen zusätzlich Untersuchungen, die punktuell die Wirksamkeit bestimmter Instrumente oder Massnahmen unter die Lupe nehmen sowie die Kohärenz der staatlichen Anstrengungen zur Reduktion der Luftbelastung prüfen. Dabei muss der Bund eine Führungsrolle wahrnehmen und mit den Kantonen zusammenarbeiten.

Schwerpunkt 2: Ausgestaltung und Einbindung der VOC-Lenkungsabgabe

Der VOC-Abgabe kommt im Hinblick auf die notwendige Reduktion der flüchtigen organischen Verbindungen (→ Kap. 2.3.5.2) eine grosse Bedeutung zu. Für gewisse Stoffe lässt sich das Instrument noch optimieren. So sollte die Lenkungs kraft der VOC-Abgabe mit ihrer dynamischen Wirkung verstärkt zur Förderung von Innovationen genutzt werden, ohne dass dabei die Rechtssicherheit leiden muss. Dazu ist regelmässig zu prüfen, ob die technischen und betrieblichen Entwicklungen (Art. 4 Abs. 2 LRV) es erlauben, die Abgabensätze zu erhöhen bzw. die Anforderungen im Sinne der Vorsorge (Art. 11 Abs. 2 USG) neu festzulegen. Zu prüfen ist sodann, ob Lenkungsabgaben nach einer gewissen Zeit – wenn für Lenkungs massnahmen nur noch unwesentliche Spielräume bestehen – durch die Vorgabe allgemein verbindlicher Anforderungen ersetzt werden sollen, die im Vollzug weniger aufwendig sind.

Schweizerische Konzepte für den kontingentierte Handel mit Luftschadstoffemissionen stehen dagegen als Instrumente nicht im Vordergrund.

Schwerpunkt 3: Einsatz und Ausgestaltung finanzieller Instrumente

Während das USG selber ausser den Lenkungsabgaben gemäss Art. 35a–35b^{bis} USG keine finanziellen Instrumente einsetzt, spielen in Politikbereichen wie namentlich Energie, Landwirtschaft und Verkehr Förderbeiträge, steuerliche Vergünstigungen und Ähnliches eine immer wichtigere Rolle. Förderbeiträge entsprechen – anders als Lenkungsabgaben (ausserhalb des USG-Bereichs trägt namentlich die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe LSVA zur Reduktion der Luftschadstoffe bei) – dem Verursacherprinzip zwar nicht. Die EKL begrüsst solche Massnahmen dennoch unter der Voraussetzung, dass sie zwei Bedingungen erfüllen: Sie sind *erstens* wegen ihres Widerspruchs zum Verursacherprinzip auf Einführungsphasen zu beschränken, und sie dürfen *zweitens* den Anforderungen der Luftreinhaltung nicht zuwider laufen, sondern sollen sie beschleunigt durchzusetzen helfen.

Finanzielle Instrumente kommen namentlich in Frage bei der Einführung von Technologien, die flächendeckend angewandt Verbesserungen mit sich bringen (z. B. Förderung des Schleppschlaucheinsatzes im Rahmen landwirtschaftlicher Ressourcenprogramme). Analog können sie beispielsweise als Übergangsmassnahme dienen, solange die massgeblichen Emissionsbegrenzungen der EU nicht streng genug sind (ein Beispiel wäre die differenzierte Rückerstattung der Mineralölsteuer beim Einbau von Partikelfiltern für Traktoren und der Nachrüstung von Bussen).

Vor allem aber ist zu verlangen, dass die oft namhaften Förderbeiträge nicht nur an die (selbstverständliche) Einhaltung der lufthygienischen Anforderungen geknüpft werden, sondern für Anlagen eingesetzt werden, die ein besonders gutes Emissionsverhalten zeigen. Aus der Sicht des fördernden Politikbereichs handelt es sich bei Aspekten der Luftreinhaltung zwar lediglich um Nebenwirkungen. Doch ist es weder ökologisch noch – auch für den fördernden Politikbereich – wirtschaftlich effizient, suboptimale Technologien finanziell zu unterstützen (Beispiele wären Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter, Holzfeuerungen ohne Feinstaubabscheidung), da so früher oder später teure Anpassungsmassnahmen ausgelöst werden. Subventionstatbestände sollten im Übrigen regelmässig auf unerwünschte lufthygienische Nebenwirkungen hin untersucht werden.

Für die *Anforderungen* an Fördermassnahmen in einzelnen Bereichen → Kapitel 4.3.1 sowie 4.3.2 und für die *Funktion* von Fördermassnahmen in einer ökologisierten Finanz- und Steuerordnung → Kapitel 4.3.6.

Schwerpunkt 4: Zeitlich begrenzte und sporadisch auftretende Überbelastungen in die langfristige Luftreinhaltungs-Strategie einbinden

Im Sommer wie im Winter werden auch künftig bei bestimmten meteorologischen Bedingungen besonders hohe Schadstoffbelastungen mit starker Überschreitung von Immissionsgrenzwerten nach staatlichem Handeln rufen.

Zum einen sind umsetzungsreife Vorstellungen dazu erforderlich, wie solche Situationen kurzfristig zu bewältigen sind. Die Informationskonzepte von Bund und Kantonen bzw. das Interventionskonzept der Konferenz der kantonalen Bau-, Planungs- und Umweltdirektorenkonferenz (BPUK) von 2007 für Smog-episoden sind in den Augen der EKL gute Beispiele dafür, auch wenn sie sich bisher noch kaum bewähren mussten.

Zum anderen kann nicht deutlich genug betont werden, dass sich alle Massnahmen, welche die Dauerbelastungen vermindern, auch positiv auf temporär auftretende Belastungsspitzen auswirken. Die Verminderung der Dauerbelastungen ist deshalb die auf mittlere Frist hinaus wirksamste Massnahme zur Verminderung von Belastungsspitzen. Sie ist und bleibt für die Erreichung der Luftreinhaltungs-Schutzziele von grösserer Bedeutung als das Ergreifen kurzfristiger Massnahmen.

Zugleich lohnt es sich, Phasen erhöhter öffentlicher Aufmerksamkeit aufgrund von meteorologisch bedingten Situationen als Schwungrad für die Umsetzung von Luftreinhaltmassnahmen zu nutzen, die im Wesentlichen Verhaltensänderungen dauerhafter Art verlangen. Beispielsweise sollte der Bund, wenn er Gelder zur Förderung des öffentlichen Verkehrs spricht, von den Kantonen verlangen, dass sie Aktionen zur Förderung des Umsteigens auf den öffentlichen Verkehr oder des richtigen Umgangs mit Holzfeuerungen vorbereiten, die insbesondere bei Smogepisoden ausgelöst werden können. Solche Massnahmen sind vorausschauend zu planen, da sie sorgfältig in das zunehmend komplexere rechtliche Umfeld eingepasst werden müssen. Als gutes Beispiel für die rasche Reaktion auf eine Wintersmogepisode sei der Aktionsplan gegen Feinstaub von 2006 erwähnt.

4.2.3 Empfehlungen

Empfehlung 10: Emissionsbegrenzungen konsequent durchsetzen und periodisch auf ihre Einhaltung sowie Wirkung überprüfen

Die Luftreinhaltvorschriften entfalten ihre Wirkung nur, wenn die Vorschriften sowohl zur Emissionsbegrenzung im Rahmen der Vorsorge wie auch der verschärften Stufe konsequent vollzogen und ihre Einhaltung periodisch kontrolliert werden. Zudem sind ausgewählte Elemente der Luftreinhaltungspolitik auf ihre Wirkung zu überprüfen.

Empfehlung 11: Die Einführung neuer lufthygienischer Anforderungen mit geeigneten Instrumenten speziell unterstützen

Die Rechtsetzung zur Luftreinhaltung sollte neue oder strengere Anforderungen an die Emissionsbegrenzung vermehrt mit finanziellen und marktwirtschaftlichen Instrumenten kombinieren. So lassen sich die Umstellungen, die zu einer Reduktion von Luftschadstoffemissionen führen sollen, unterstützen und beschleunigen. Insbesondere ist die dynamische Wirkung von Lenkungsmassnahmen noch stärker zu nutzen.

Empfehlung 12: Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen mit den Zielen der Luftreinhaltung in Einklang bringen

Werden in anderen Politikbereichen (z. B. Energie, Landwirtschaft, Verkehr) Fördermassnahmen ergriffen, ist die Ausrichtung dieser Beiträge nur für die Spitzenreiter der verfügbaren Technik vorzusehen.

Empfehlung 13: Kurzfristige Massnahmen in den langfristigen Kontext einbinden

Um temporär auftretende Belastungsspitzen zu verhindern, sind in erster Linie dauerhaft wirksame Massnahmen zur Reduktion des Schadstoffausstosses und damit der Grundbelastung zu ergreifen. Unterstützend sollen Spitzenbelastungen bei besonderen meteorologischen Bedingungen dazu genutzt werden, mit gut vorbereiteten Aktionen zusätzlich langfristig wirksame Verhaltensänderungen auszulösen.

Empfehlung 14: Die internationale Zusammenarbeit zum Nutzen der schweizerischen Luftreinhaltungspolitik weiterführen

Da Luftschadstoffe vor Grenzen nicht Halt machen, ist es wichtig, im internationalen Austausch vom gegenseitigen Wissen zu profitieren und zugleich zu Emissionsminderungen über die Grenzen hinweg beizutragen.

4.2.4 Dokumentation

BAFU 2007: Flüchtige organische Verbindungen (VOC): Anthropogene VOC-Emissionen Schweiz 1998, 2001 und 2004, www.bafu.admin.ch/luft/ → Publikationen.

Brunner A. 2008: Möglichkeiten der Nutzbarmachung von technischen Normen in Rechtssätzen und Vollzugshilfen – Rechtsgutachten erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, www.bafu.admin.ch/recht/ → Rechtsgutachten.

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBI 2009 6585.

Bundesrat 2010: Bericht über die Wirkung der Umwelttechnologieförderung gemäss Art. 49 Absatz 3 des Umweltschutzgesetzes für die Jahre 2002–2006, BBI 2010 1325.

BUWAL 2003: VOC-Immissionsmessungen in der Schweiz 1991–2001, www.bafu.admin.ch/luft/ → Publikationen zur Luftbelastung.

BUWAL/WSL 2005: Waldbericht 2005 – Zahlen und Fakten zum Zustand des Schweizer Waldes. Bern/Birmensdorf.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2010: Dokumentation zum Kolloquium «Erfolgreiche Luftreinhalte-Politik in ausgewählten Ländern» vom 3. Februar 2009 in Bern mit Prof. Miranda Schreurs, Forschungsstelle für Umweltpolitik, Freie Universität Berlin. Interne Dokumentation EKL.

Finanzdirektion des Kantons Bern 1998: Handbuch zur Erfolgskontrolle von Staatsbeiträgen des Kantons Bern.

Hauser A. 2009: Diffuse VOC-Emissionen: Zum Zusammenspiel von Lenkungsabgabe, Vorschriften und Vollzug, Umweltrecht in der Praxis 2009 553–562.

Jänicke M., Kunig Ph., Stitzel M. 2003: Umweltpolitik – Lern- und Arbeitsbuch. Politik, Recht und Management des Umweltschutzes, 2. Auflage, Bonn.

Jänicke M., Weidner H. 1995: Successful Environmental Policy – A Critical Evaluation of 24 Cases, Berlin.

Kaufmann-Hayoz R. et al. 2001: A Typology of Tools for Building Sustainability Strategies, in: Kaufmann-Hayoz R., Gutscher H. (editors), Changing Things – Moving People, Basel / Boston / Berlin.

Künzler P. 2005: Weiterentwicklung des Luftreinhalte-Konzepts – Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 379, Bern.

Mauch C., Balthasar A. 2005: Machbarkeitsstudie «Evaluation der bisherigen Umweltpolitik» – Schlussbericht. Umwelt-Materialien Nr. 202, Bern.

Ostrom Elinor 1990: Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action, Cambridge UK.

Schweizerische Bau-, Planungs- und Umweltdirektorenkonferenz (BPUK) 2007: Informations- und Interventionskonzept bei ausserordentlich hoher Luftbelastung vom 18. Oktober 2007 / 12. Februar 2008.

UVEK 2006: Aktionsplan gegen Feinstaub, abrufbar von www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=5681

4.3 Fokus auf Schwerpunkten und Schnittstellen

4.3.1 Luftreinhaltungsanforderungen müssen auch in der Landwirtschaftspolitik eingehalten werden

4.3.1.1 Thesen

Eine substantielle Reduktion der Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft ist nicht nur nötig, sondern auch machbar. Die LRV ist durch Anforderungen an die Abluftreinigung zu ergänzen und der wirksame Vollzug der LRV bei Massnahmen baulicher und betrieblicher Natur durch eine enge Zusammenarbeit der Landwirtschafts- mit den Umweltbehörden sicherzustellen.

Der grosse Informationsbedarf der Behörden, Landwirte und Stallbauer speziell bezüglich der Ammoniakminderung erfordert vermehrte Anstrengungen bei der anwendungsorientierten Forschung und Beratung.

Bei der Ammoniakminderung kommt dem landwirtschaftlichen Direktzahlungssystem eine zentrale Rolle zu. Im Rahmen seiner Weiterentwicklung (AP 2017) sind nicht nur direkte Anreize zur Emissionsreduktion zu schaffen, sondern auch versteckte Anreize zu eliminieren, die zu einem Emissionsanstieg führen. Für gewisse Regionen ist die Frage nach Möglichkeiten und Konsequenzen einer Reduktion des Tierbestandes im Hinblick auf regionale sowie standortunabhängige gesamtökologische Verbesserungen näher zu untersuchen.

4.3.1.2 Ausgangslage und Handlungsbedarf

Der Bericht «Umweltziele Landwirtschaft» zeigt die ökologischen Ziele, die sich aus den rechtlichen Grundlagen des Umweltschutzes sowie der gegenwärtig beobachteten Umweltbelastung ergeben. Im Bereich Luftreinhaltung ist der grösste Handlungsbedarf bei der Reduktion von Ammoniak- und Russmissionen festzustellen. Während die Schweiz den Ausstoss von Stickoxiden im Vergleich zu anderen Ländern stark vermindert hat, kann sie beim Ammoniak erst geringe Emissionsreduktionen ausweisen. Ausserdem zählt sie zu den europäischen Ländern mit der grössten Emissionsdichte von Ammoniak aus der Landwirtschaft. Die notwendige Absenkung der Ammoniakemissionen wird vom Bundesrat auf 40 Prozent beziffert.

Im Bereich Landwirtschaft werden die Schlüsselgrössen im Hinblick auf die Reduktion der Luftbelastung zum einen durch das Umweltrecht und zum anderen durch das Landwirtschaftsrecht beeinflusst.

Luftreinhaltung in der Landwirtschaft aufgrund des Umweltrechts

- Bei den Emissionsbegrenzungen gemäss USG und LRV sind einerseits vorsorgliche Massnahmen und andererseits Verschärfungen auf der Basis eines Massnahmenplans zu unterscheiden (→ Kap. 2.4.1.1). In den Berichten des Bundesrates in Sachen Dünger und Pflanzenschutzmittel bleibt der Verweis auf den Vollzug der LRV unbestimmt. Massnahmen im Rahmen der Vorsorge können aufgrund von Emissionsgrenzwerten gemäss Anhang 1 LRV (gefasste Ammoniakemissionen) angeordnet werden, indirekt auch über die Mindestabstandsvorschriften von Anhang 2 LRV sowie aufgrund von Art. 4 LRV für Situationen, bei denen die LRV keine explizite Begrenzung vorsieht. Dies betrifft vor allem die diffusen Ammoniakemissionen, z. B. aus offenen Güllelagern oder offenen Ställen, welche stark vom Luftwechsel bestimmt werden. Die Anforderungen gemäss den Anhängen 1 und 2 LRV bewirken aber nur in den seltenen Fällen, in denen sie die Installation einer Abluftreinigungsanlage zur Folge haben, eine Emissionsreduktion. Wirkungsvoller sind die Anforderungen in einigen kantonalen Massnahmenplänen, ab einer bestimmten Tierzahl Abluftreinigungen einzubauen.

Damit diese bei Grossanlagen systematisch im Rahmen der Vorsorge (und nicht nur aufgrund der Massnahmenplanung) angeordnet werden können, sind spezifische Emissionsbegrenzungen für die Ammoniakemissionen von grossen Tierhaltungsanlagen in Anhang 2 LRV aufzunehmen. Bei wesentlichen baulichen Defiziten sind Sanierungsverfahren gemäss Art. 16 USG einzuleiten.

- Neben diesen technischen Massnahmen sind Massnahmen beim Tierbestand zu prüfen. Im Hinblick auf die Erreichung einer für die natürliche Umwelt verträglichen Deposition von Stickstoffverbindungen sind die Möglichkeiten und Konsequenzen einer über Art. 14 Abs. 4 GSchG hinaus gehenden Begrenzung des Tierbestandes in den hauptverantwortlichen Quellenregionen näher zu untersuchen. Eine Verminderung der durch die Tierhaltung verursachten Emissionen würde in diesen Regionen die gesamte ökologische Bilanz verbessern. Standortunabhängig würde sie zudem eine Verminderung der Treibhausgase (→ Kap. 4.3.2) bewirken. Dass das Anliegen auch wesentliche Fragen des Konsumverhaltens berührt, stellt hohe Anforderungen an die Politikgestaltung.
- Schliesslich zeigt eine Beurteilung des gegenwärtigen Standes der Emissionsbegrenzung im Allgemeinen, dass die Anordnung emissionsbegrenzender Massnahmen bei landwirtschaftlichen Anlagen in den verschiedenen Kantonen sehr unterschiedlich vollzogen wird. Zu den Gründen → Kasten.

Vollzug der Luftreinhaltungsanforderungen in der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist ein Wirtschaftszweig, der grosse finanzielle Beiträge erhält und für den in jedem Kanton eine Vollzugsbehörde für die staatliche Finanzierung vorhanden ist (in der Regel handelt es sich um das Landwirtschaftsamt). Diese Behörde erachtet sich oft als für den Kontakt mit der Landwirtschaft allein zuständige Amtsstelle, sieht aber in der Luftreinhaltung funktionsgemäss keine Priorität. Die Zusammenarbeit zwischen Umwelt- und Landwirtschaftsbehörden ist in den 26 Kantonen sehr unterschiedlich ausgestaltet, und dementsprechend unterschiedlich sind auch die Art und die Wirksamkeit des Vollzugs der Umweltschutzvorschriften.

Die für die Anordnung emissionsbegrenzender Massnahmen zuständige Behörde verfügt bisher nicht über klare und leicht verständliche rechtliche Vorgaben. So sind beim Ammoniak die Grenzwerte von Anhang 1 LRV nur für wenige Grossanlagen anwendbar und führen nicht regelmässig zur Installation von Abluftreinigungsanlagen. Die Bezugnahme auf einen internationalen Leitfaden in Verbindung mit der Aufgangbestimmung von Art. 4 LRV ist rechtlich zwar korrekt, für den praktischen Vollzug aber nicht sehr zweckmässig. Empfehlungen des Cerc'l'Air sind hilfreich für die Lufthygiene-Fachstellen, entfalten aber zu wenig Wirkung bei anderen Behörden, die je nach Kanton für den Vollzug eine wesentliche Rolle spielen (z. B. Landwirtschaftsämter). Die Vollzugshilfe für den Umweltschutz in der Landwirtschaft, die zurzeit durch das BAFU und das BLW gemeinsam erarbeitet wird, soll einen wesentlichen Beitrag zur Lösung dieses Problems leisten.

Die Sicherstellung des Vollzugs durch die Luftreinhaltung-Fachstellen im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens ist bei grossen Vorhaben wichtig, insbesondere wenn Emissionsminderungsmassnahmen wie z. B. Abluftwäscher erforderlich werden. Angesichts der grossen Zahl von Landwirtschaftsbetrieben ist die Umsetzung von baulichen Massnahmen über das Baubewilligungsverfahren für neue und geänderte Anlagen und insbesondere das Sanierungsverfahren für Altanlagen sehr aufwendig. Dies gilt verstärkt, wenn der Vollzug allein bei den Luftreinhaltung-Fachstellen liegt. Denn diese verfügen nicht über die Ressourcen, um flächendeckend innert vernünftiger Frist Emissionsbegrenzungen anzuordnen. Es ist deshalb unerlässlich, auch die Verfahren für die Gewährung von Investitionsbeiträgen für die Prüfung dieser Vorhaben unter dem Gesichtspunkt der Ammoniakminderung zu nutzen und die zuständige Landwirtschaftsbehörde damit zu beauftragen.

Luftreinhaltung in der Landwirtschaft im Rahmen des Landwirtschaftsgesetzes (LwG)

Das Landwirtschaftsrecht setzt mit Art. 70 Abs. 4 LwG für die Ausrichtung von Direktzahlungen zwar voraus, dass die Vorschriften des USG und damit auch der LRV eingehalten werden. Diese Anforderung entfaltet allerdings mangels Konkretisierung auf Verordnungsstufe (DZV, LRV) praktisch keine Wirkung.

Der Bundesrat hat im Rahmen der Agrarpolitik 2011 die Aufnahme von lufthygienischen Anforderungen in den ökologischen Leistungsausweis (ÖLN, Art. 70 Abs. 2 LwG) abgelehnt. Er hat entschieden, stattdessen das Instrument des Ressourcenprogramms gemäss Art. 77a LwG für die Verminderung der Ammoniakemissionen einzusetzen. In den Jahren 2009–2015 ist mit der Realisierung freiwilliger emissionsmindernder Massnahmen im Rahmen der Ressourcenprogramme Ammoniak zu rechnen, welche von einem Teil der Kantone auf Grund eines Massnahmenplans umgesetzt werden.

Künftig ist darauf zu achten, dass die Direktzahlungen keine Anreize enthalten, welche zu einem Emissionsanstieg führen. Insbesondere ist eine stärkere Entkoppelung der Zahlungen von der Produktion notwendig (z. B. Verzicht auf tiergebundene Beiträge). Der Grundsatz des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) ist beizubehalten, und die Emissionsminderung von Ammoniak muss darin integriert werden. Bis zur Verwirklichung dieses Anliegens sind Ressourcenprogramme weiterzuführen und befristete Ressourceneffizienzbeiträge für Bauten und Maschinen vorzusehen, welche der Emissionsminderung dienen.

Weitere Massnahmen

Die Information und Beratung der Landwirte zum effizienten Einsatz des Stickstoffs und damit auch zur Verminderung der Ammoniakemissionen ist noch nicht ausreichend entwickelt. Insbesondere sind die Anstrengungen der zuständigen Forschungsanstalten zur Erarbeitung und zur Vermittlung des notwendigen Wissens für Stallarchitekten und Landwirte zu verstärken. Auch zur Frage der optimalen Ausbringtechnik in Abhängigkeit von Güllezusammensetzung, Gelände- und Bodenbeschaffenheit (Schleppschlauch, Schleppschuh etc.) besteht bei den Anwendern Informationsbedarf.

Bezüglich der Russemissionen der Landwirtschaft hat der Bundesrat angekündigt, für neue Fahrzeuge Regelungen wie bei den Baumaschinen vorzubereiten und später das weitere Vorgehen festzulegen.

4.3.1.3 Empfehlungen

Empfehlung 15: Luftreinhaltung in die Agrarpolitik integrieren

Die nächste Fassung der Agrarpolitik (AP 2017) muss die im Direktzahlungsbericht des Bundesrates 2009 entwickelten Grundsätze für die künftige Ausrichtung von Bundesbeiträgen konsequent umsetzen.

Empfehlung 16: Im kantonalen Vollzug Ammoniakminderung durchsetzen

Die Umsetzung baulicher und betrieblicher Massnahmen zur Ammoniakminderung bei der Quelle soll möglichst bereits bei den Verfahren zur Gewährung von Investitionsbeiträgen vorgeschrieben werden. Zur Stärkung des Vollzugs sind spezifische Emissionsbegrenzungen für Ammoniakemissionen von grossen Tierhaltungsanlagen in Anhang 2 LRV aufzunehmen.

Empfehlung 17: Kantonale Vollzugsstrukturen verbessern

In den Kantonen ist im Hinblick auf die Stärkung und verbesserte Kohärenz des Vollzugs die Zusammenarbeit zwischen den Umwelt- und den Landwirtschaftsbehörden zu verstärken.

Empfehlung 18: Anstrengungen in der landwirtschaftlichen Forschung und Beratung verstärken

Forschungs- und Beratungseinrichtungen müssen die Behörden, Landwirtschaft und Stallbauunternehmen unter Berücksichtigung der Entwicklungen im In- und Ausland mit den notwendigen Grundlagen und Kenntnissen ausstatten.

Empfehlung 19: Stellenwert des Tierbestandes für die Minderung der Ammoniakemissionen berücksichtigen

Im Hinblick auf die Erreichung einer für die natürliche Umwelt verträglichen Deposition von Stickstoffverbindungen sind die Möglichkeiten und Konsequenzen einer Begrenzung des Tierbestandes in den hauptverantwortlichen Quellenregionen näher zu untersuchen.

Für Emissionsreduktionen bei landwirtschaftlichen Fahrzeugen → Kapitel 3.2, für den Einsatz finanzieller Instrumente → Kapitel 4.3.6.

4.3.1.4 Dokumentation

BAFU / BLW 2008: Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0820, Bern.

Bundespräsident Leuenberger 2006: Schaffung von günstigen Rahmenbedingungen zur Minderung der Ammoniak-Emissionen beim Umgang mit Hofdüngern im Rahmen der kantonalen Massnahmenpläne Luftreinhaltung, Brief vom 7. Juli 2006 an die Kantone Zürich, beider Basel und der Ostschweiz. Bern.

Bundesrat 2003: Bericht über die Reduktion der Umweltrisiken von Düngern und Pflanzenschutzmitteln vom 21. Mai 2003 (94.3005).

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBI 2009 6585.

Bundesrat 2009a: Bericht über die Reduktion von Einwirkungen von Düngerüberschüssen und Pflanzenschutzmitteln auf die Umwelt (Bericht in Erfüllung des Postulates UREK-SR 03.3590) vom 13. März 2009, abrufbar von www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/15167.pdf

Bundesrat 2009b: Weiterentwicklung des Direktzahlungssystems, Bericht vom 6. Mai 2009 in Erfüllung der Motion der Kommission für Wirtschaft und Abgaben des Ständerates vom 10. November 2006 (06.3635), BBI 2009.

Konferenz der Landwirtschaftsämter der Schweiz KOLAS 2006: Empfehlungen zur Reduktion der Ammoniakverluste in der Landwirtschaft, Bericht vom 28. Juni 2006.

UNECE 2007: Internationaler Leitfaden über Techniken zur Vermeidung und Verringerung von Ammoniakemissionen vom 16. Juli 2007 (ECE/EB.AIR/WG.5/2007/13; Original: englisch)

4.3.2 Auf die Synergien von Luftreinhaltung und Klima- sowie Energiepolitik setzen und Konflikte vermeiden

4.3.2.1 Thesen

Zwischen Luftreinhaltung und Klimaschutz bestehen ausgeprägte Synergien: Die Reduktion des Verbrauchs an Treib- und Brennstoffen führt in der Regel zu einer Verminderung von Luftschadstoffemissionen; die Minderung der Russ- und Ozonbelastung trägt ihrerseits mit rascher Wirkung zum Klimaschutz bei. Die schweizerische Luftreinhaltungspolitik hat bereits bisher wichtige Leistungen erbracht.

Die Synergien zwischen Luftreinhalte- und Energie- sowie Klimapolitik sind durch entsprechende Massnahmen im Inland zu nutzen. Massnahmen zur Reduktion von Russ, troposphärischem Ozon und Methan sind kurz- bis mittelfristig wirksame «win-win»-Massnahmen und sollten deshalb prioritär umgesetzt werden.

In bestimmten Fällen treten allerdings Zielkonflikte auf. Vereinzelt sind Vorschriften der LRV anzupassen. Im Übrigen sollte sich der Einsatz von öffentlichen Fördergeldern im Energiebereich auf Massnahmen konzentrieren, welche sowohl in Bezug auf das Klima als auch auf die Luftqualität eine positive Bilanz aufweisen.

4.3.2.2 Ausgangslage und Handlungsbedarf

Energieproduktion führt speziell bei der Nutzung fossiler Energieträger zu Luftverschmutzung. Luftverschmutzung und Klimaerwärmung weisen viele Berührungspunkte auf. So stammen Luftschadstoffe und Treibhausgase mehrheitlich aus denselben Emissionsquellen. Es gibt zudem zahlreiche Wechselwirkungen,

und zwar sowohl positiver als auch negativer Art. Allerdings bewegen sich Klima- und Luftreinhaltungspolitik auf unterschiedlichen Ebenen: Während die Luftreinhaltungspolitik hauptsächlich national ausgerichtet ist, müssen sich die Massnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen im internationalen Kontext bewähren.

Im Wesentlichen bestehen zwischen der Klimapolitik und der Luftreinhaltung Synergien. Doch ist nicht alles, was der Bekämpfung der Klimaerwärmung dient, auch gut für die menschliche Gesundheit, die Tiere und die Vegetation. Im Zusammenhang mit der CO₂-Reduktion erweist sich der Feinstaub als besonders problematischer Schadstoff für die Luftqualität in der Schweiz. Für das Klima sind neben dem CO₂ aber auch weitere Treibhausgase relevant, die von der schweizerischen Gesetzgebung im Rahmen der Klimakonvention nicht direkt erfasst werden.

Über die Weiterentwicklung des schweizerischen Klimarechts lässt sich zurzeit keine Aussage machen: Die Revision des CO₂-Gesetzes steht noch aus. Wir greifen nachfolgend die wichtigsten Zusammenhänge zwischen der Klimapolitik – die eng mit der Energiepolitik verzahnt ist – und der Luftreinhaltung ohne Bezugnahme auf die Behandlung der CO₂-Vorlage auf.

Energieproduktion

Kapitel 4.1 über Handlungsbedarf und Schlüsselgrössen zeigt unter anderem die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen der Verkehrsleistung, dem Energieverbrauch und der Erzeugung von Luftschadstoffen auf. Zusammengefasst ergibt sich die Aussage, dass der Verbrauch von Brenn- und Treibstoffen gegenwärtig den Grossteil der übermässigen Luftbelastungen verursacht.

Die Klimagase Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) sowie der Luftschadstoff Ammoniak (NH₃) stammen zum grössten Teil aus der Landwirtschaft (→ Kap. 4.3.1). Da die grosstechnische Erzeugung von Ammoniak aus Luftstickstoff grosse Mengen an fossilen Brennstoffen erfordert und der Futtermittelimport Treibstoffe benötigt, ist auch ein Teil der hohen Emissionen von Ammoniak mit dem Einsatz fossiler Energie verbunden.

Luftschadstoffe und Klimaerwärmung, Luftreinhaltung und Klimaschutz

Auf der einen Seite trägt ein Teil der Luftschadstoffe zur Klimaerwärmung bei. Es handelt sich namentlich um Ozon – dessen Vorläufer Methan und flüchtige organische Verbindungen (VOC) eingeschlossen – sowie Russ. Über indirekte Pfade beeinflusst eine Reihe weiterer Luftschadstoffe das Klima. Eine Änderung der klimatischen Bedingungen wirkt sich ihrerseits auf die Luftschadstoffe aus, insbesondere auf die Bildung von Photooxidantien wie Ozon.

Auf der anderen Seite leistet die Luftreinhaltung namentlich durch die Reduktion von Russ und Ozon einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz. Nicht nur ist die Schweiz heute bei der Russreduktion führend (Dieselpartikelfilter für Baumaschinen, emissionsarme Holzfeuerungen). Sie hat darüber hinaus schon früh mit dem Erlass der LRV im Jahr 1985 und mit zahlreichen weiteren Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität – zu nennen sind Tempo 80/120, die LRV-Vorschriften über Abgasverluste von Feuerungen, der Energienutzungsbeschluss mit den Bestimmungen zur verbrauchsabhängigen Heizkostenabrechnung, die auch Methan erfassenden Abgasgrenzwerte sowie die LSVA – Energieeinsparungen und die Verminderung von Klimagasen bewirkt.

Massnahmen und Techniken zur CO₂-Verminderung basieren auf unterschiedlichen Ansätzen und haben unterschiedliche lufthygienischen Konsequenzen. Um Synergien zwischen Klima- und Luftreinhaltung zu nutzen, sollten die auch für die Luftreinhaltung als günstig beurteilten Massnahmen priorisiert werden. Damit ist auch gesagt, dass aus der Sicht der Luftreinhaltung den klimaschonenden Massnahmen im Inland der Vorzug zu geben ist.

In nicht abschliessender Weise werden nachfolgend die wichtigsten Möglichkeiten der CO₂-Minderung – als Energieeinsparung und als klimaschonende Energieproduktion – sowie weiterer Beiträge zur Reduktion von Treibhausgasen aus lufthygienischer Sicht bewertet. Als Grundlage dienen anerkannte Ökobilanzierungsmethoden.

Massnahmengruppe 1: CO₂-Minderung durch Energieeinsparungen

CO₂-Vermeidung lässt sich zum einen durch Energieeinsparungen erreichen. Die Verminderung des Energieeinsatzes stellt grundsätzlich aus lufthygienischer Sicht die bestmögliche Politik zur Verminderung von Treibhausgasemissionen dar. Verminderungen können mit unterschiedlichen Ansätzen erreicht werden. Grössere Effizienz ist aus lufthygienischer Sicht allerdings nicht in allen Fällen positiv zu bewerten, da beispielsweise bei höheren Betriebstemperaturen und Betriebsdrücken von Motoren und Turbinen vermehrt Emissionen auftreten (→ Kasten).

Zur Minderung des Energieverbrauchs aus lufthygienischer Sicht

Aus der Sicht der Luftreinhaltung positiv sind insbesondere die folgenden Massnahmen zur Minderung des Energieverbrauchs im Hinblick auf die Herabsetzung des CO₂-Ausstosses:

- verbesserte Gebäudehüllen
- Öl- und Gasfeuerungen mit guter Brennwerttechnik
- Verminderung des Güter- und Personenverkehrs auf der Strasse
- Verminderte Fahrzeuggewichte, kleinere Motorenleistung
- Verkehrsverlagerung von der Strasse auf die Schiene

Hingegen erweisen sich Motoren, die eine grössere Effizienz mit hohen Betriebsdrücken erreichen, wegen zusätzlicher Emissionen (Stickoxide und Feinstaub) als ungünstig; durch Nachreinigung können diese Effekte immerhin reduziert werden. Varianten der Energieeinsparung, die keine technischen Korrekturen erfordern, sind vorzuziehen.

Massnahmengruppe 2: CO₂-Minderung durch klimaschonende Energieproduktion

Soweit Energie nicht eingespart werden kann und deshalb Energie produziert werden muss, lässt sich CO₂-Vermeidung zum anderen durch klimaschonende Energiegewinnung erreichen. Auch die verschiedenen Arten der Energieerzeugung sind aus lufthygienischer Sicht unterschiedlich zu beurteilen (→ Kasten).

Zur Energiegewinnung mit Festbrennstoffen sind Vorbemerkungen angebracht:

- Festbrennstoffe wie Holz weisen im Vergleich zu flüssigen Stoffen oder Gasen ungünstige Voraussetzungen bezüglich Reinheit und Homogenität auf. Die Verbrennung von Feststoffen stellt deshalb besonders hohe Anforderungen an die Bereitstellung des Brennstoffs (Restfeuchte), an die Konstruktion und an den Betrieb von Verbrennungsanlagen. Die kontrollierte mechanische Beschickung der Anlage ist wesentlich aufwendiger als die Kontrolle der Gas- oder Ölzufuhr. Festbrennstoffe produzieren Stäube (insbesondere Feinstäube und Nanopartikel), Kohlenmonoxid, flüchtige organische Verbindungen, NO_x und krebserzeugende PAK. Auch flüssige oder gasförmige Energieträger aus Biomasse enthalten in der Regel wesentlich mehr Verunreinigungen als fossile Brennstoffe.
- Aus diesem Grund verlangt Biomassenverbrennung den Einsatz von vorkonditionierten Brennstoffen, eine sorgfältige Beschickung mit Brennmaterial sowie in der Regel eine effiziente Nachreinigung der Abgase. Mittlere und grosse Anlagen erlauben eine zuverlässigere Konditionierung und Kontrolle der Brennstoffe vor Ort; für sie erlaubt der Stand der Technik strengere Emissionsgrenzwerte. Doch ist die Technik zur sauberen Verbrennung von Biomasse auch bei grösseren Anlagen heute noch wesentlich weniger weit fortgeschritten als bei fossilen Brennstoffen.

Klimaschonende Energieerzeugung aus lufthygienischer Sicht

Positiv zu beurteilen sind aus der Sicht der Luftreinhaltung namentlich die folgenden Arten der Energieproduktion:

- Warmwasserproduktion durch Kollektoren auf Hausdächern
- Wärmerückgewinnung aus Abluft und Abwasser
- passive Sonnenenergienutzung bei Gebäuden
- Gasheizungen
- Stromproduktion mittels nichtfossiler Quellen (Sonne, Wind, Wasser, Erdwärme, Gezeiten, Uran)

Ungünstig sind dagegen aus lufthygienischer Sicht

- die energetische Nutzung von Holz und anderer fester Biomasse, da eine Schadstoffreduktion durch richtige Brennstoffaufbereitung und wirksame Nachreinigung der Rauchgase erforderlich ist,
- die Vergärung von Abfällen aus Gartenbau und Haushalten, da Massnahmen zur Reduktion der Emissionen von NH_3 und Methan sowie zur Vermeidung von Gerüchen notwendig und
- die Vergärung von Gülle und Kosubstraten, da zur Reduktion der Schadstoffemissionen (u.a. NH_3 und Methan) und der Gerüche eine Kapselung der ganzen Anlage inklusive Anlieferung und Lager notwendig ist. Im weiteren sind die NO_x -Emissionen, die aus der Verbrennung von Methan zur Stromerzeugung entstehen, zu minimieren. Zudem sind die Gärrückstände emissionsarm auszubringen.

Diese Übersicht zur Energieerzeugung bedarf ergänzender Anmerkungen:

- Erstens erfordert die Erstellung der Bauten, Maschinen, Halbleitern etc. wie auch die Bereitstellung oder Anreicherung der in den Anlagen eingesetzten Brennstoffmaterialien und Treibstoffe zum Teil einen beträchtlichen Energieeinsatz, das heisst viel «graue» Energie. Diese ist ihrerseits mit Emissionen von Treibhausgasen ebenso wie von Luftschadstoffen verbunden.
- Zweitens ist die speziell für die thermische Verwertung angebaute Biomasse oft nicht nachhaltig erzeugbar.
- Drittens ist die Kernenergie keine nachhaltige Form der Energieerzeugung, da sie spaltbare Naturstoffe verwertet.

Massnahmengruppe 3: Minderung von Nicht- CO_2 -Treibhausgasen und Luftreinhaltung

Neben CO_2 tragen verschiedene weitere Stoffe massgeblich zur Klimaerwärmung bei. Zahlreiche Massnahmen gemäss LRV, vor allem jene zur Russreduktion, leisten bereits heute einen wesentlichen Beitrag zur Verminderung solcher Klimagase (→ Kasten).

Wechselwirkungen zwischen der Reduktion von Nicht- CO_2 -Treibhausgasen und Luftreinhaltungsmassnahmen

Synergien bestehen namentlich bezüglich

- der Verminderung von klimaverändernden Russemissionen: Russ ist krebserzeugend (Anh. 1 Ziff. 82 LRV) und trägt zur Feinstaubbelastung der Luft («Wintersmog») bei; Emissionsvorschriften der LRV und Abgasvorschriften für Fahrzeuge vermindern die Russemissionen.
- der Verminderungen des Treibhausgases Ozon (O_3): Ozon als Luftschadstoff schädigt die Vegetation und beeinträchtigt die menschliche Gesundheit («Sommersmog»). Die Emissionsvorschriften der LRV und weitere lufthygienische Massnahmen vermindern die Emissionen der Vorläuferstoffe der Ozonbildung (VOC, NO_x , CO, CH_4).
- der Verminderung des Treibhausgases Methan (CH_4): Methan trägt zur globalen Hintergrundbelastung durch Ozon bei. Die Vorschriften der LRV und Abgasvorschriften für Fahrzeuge vermindern Methanemissionen (noch ohne Methan aus der Landwirtschaft).

Bei weiteren Stoffen bestehen kaum Wechselwirkungen, doch können auf der Massnahmenebene Konflikte auftreten. Sodann gibt es Fälle, wo der Vollzug der LRV-Vorschriften zu unter Umständen beträchtlichen Mehremissionen von Treibhausgasen führt. Hier besteht Handlungsbedarf: Es sind alternative Lösungen zur Begrenzungen der Luftschadstoff-Emissionen zu suchen.

(Potenzielle) Konflikte zwischen Luftreinhaltung und Klimaschutz

- *Reduktion von Luftschadstoffemissionen mittels hohen Energieaufwandes und unter Inkaufnahme von CO₂-Emissionen (z. B. thermische Nachverbrennung bei schwach konzentrierten Luftschadstoffen oder zur Abdeckung von Emissionsspitzen): meist durch Einsatz von Biofiltern vermeidbar.*
- *Lachgas (N₂O): Die LRV hat wenig Einfluss auf die Verminderung von Lachgasemissionen. Ammoniakmindernde Massnahmen bei Hofdüngerlagern und Ställen sind so auszugestalten, dass keine zusätzlichen Lachgasemissionen entstehen (z. B. feste Abdeckungen bei Güllelagern anstelle von Schwimmdecken, Abluftreinigungsanlagen, die kein N₂O produzieren)*
- *Synthetische Treibhausgase (fluorhaltige Verbindungen): Keine LRV-Begrenzungen, sondern Regelungen in der ChemRRV.*

4.3.2.3 Empfehlungen

Empfehlung 20: Synergien zwischen Energiepolitik und Luftreinhaltung durch Massnahmen im Inland nutzen

Die Verminderung der Treibhausgase und der Luftschadstoffe ist wichtig. Die Verminderung des Energieeinsatzes für Heizung, Kühlung und Belüftung von Gebäuden und beim Verkehr (Fahrzeuggewichte und Reduktion der gefahrenen Kilometer) liegt sowohl im Interesse des Klimaschutzes als auch der Luftreinhaltung. Diese Synergien sollten durch entsprechende Massnahmen im Inland, die der Luftqualität in der Schweiz zugute kommen, genutzt werden.

Empfehlung 21: Bei den Massnahmen mit Synergiewirkung prioritär solche zur Reduktion von Russ, troposphärischem Ozon und Methan treffen

Massnahmen zur Reduktion von Russ, troposphärischem Ozon und Methan sind kurz- bis mittelfristig wirksame «win-win»-Massnahmen für die Luftreinhaltungs- sowie die Klimaschutzpolitik. Weil auf diese Weise sowohl die Gesundheit als auch das Klima geschützt wird, sollten sie prioritär umgesetzt werden.

Empfehlung 22: Die LRV hinsichtlich klimaschädlicher Emissionsreduktionsmassnahmen anpassen

Wo Emissionsbegrenzungsvorschriften der LRV zu einem vermehrten Ausstoss von Klimagasen führen, sind die Regelungen zu überarbeiten.

Empfehlung 23: Bei der Förderung im Energiebereich Konzentration auf Massnahmen, die auch eine positive Bilanz hinsichtlich Luftreinhaltung aufweisen

Der Einsatz von öffentlichen Fördergeldern im Energiebereich ist auf Massnahmen zu konzentrieren, welche sowohl in Bezug auf das Klima als auch in Bezug auf die Luftqualität eine positive Bilanz aufweisen. Dies gilt im Besonderen für die thermische Nutzung von Biomasse.

4.3.2.4 Dokumentation

Dones R., Bauer C., Bolliger R., Burger B., Faist Emmenegger M., Frischknecht R., Heck T., Jungbluth N., Röder A. 2007: Life Cycle Inventories of Energy Systems – Results for Current Systems in Switzerland and other UCTE Countries. Final report ecoinvent data v2.0, No. 5. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.

ecoinvent Zentrums: Datenbank www.ecoinvent.ch

Swedish Environmental Protection Agency 2009: Air Pollution and Climate Change – Two sides of the same coin? Ed. h. Pleijel, www.naturvardsverket.se/sv/Nedre-meny/Webbokhandeln/ISBN/1200/978-91-620-1278-6/

4.3.3 Bei Fahrzeugtechnik und Verkehrsplanung die Anliegen der Luftreinhaltung berücksichtigen (Verkehrspolitik)

4.3.3.1 Thesen

Fahrzeug- und motorentechnische Massnahmen werden heute – ausser bei den Zweiradfahrzeugen – europäisch vorangetrieben. Durch verschiedene Anreize kann die Erneuerung des Fahrzeugparks indirekt beschleunigt werden. Das Erreichen der Ziele von Luftreinhaltung und Klimapolitik verlangt jedoch zusätzlich Änderungen des Verhaltens der Bevölkerung wie vermehrtes Benutzen von Langsamverkehr und öffentlichem Verkehr. Zur Steuerung sind Massnahmen der Infrastruktur- und der Steuerpolitik einzusetzen.

4.3.3.2 Ausgangslage und Handlungsbedarf

Trotz grossen motorentechnischen Verbesserungen stellt der motorisierte Verkehr nach wie vor eine der wichtigsten Quellen von Luftschadstoffen dar. Dank der erreichten Fortschritte der Luftreinhaltung treten heute Überschreitungen der Grenzwerte der LRV in der Schweiz bei Luftschadstoffen wie NO₂ und PM10 nur noch örtlich oder zeitlich auf Inversionslagen beschränkt auf (→ Kap. 2.3.6 und Kap. 2.3.7).

Nach wie vor müssen jedoch örtliche Überschreitungen der Grenzwerte für NO₂ und PM10 speziell im näheren Umfeld von stark befahrenen Verkehrsachsen registriert werden. Im Unterschied zu den NO₂-Belastungen treten die Belastungen durch PM10 deutlich weniger lokalisiert auf und können innerhalb der Agglomerationszentren ganze Siedlungsbereiche betreffen. Ihrer Bekämpfung kommt aus gesundheitlichen Gründen (→ Kap. 2.2.1.1) eine grosse Bedeutung zu.

Zunehmend in den Vordergrund treten dabei die Emissionen von Russ. Er wird hauptsächlich von den Dieselmotoren ohne effiziente Filtertechnologien ausgestossen. Es sind sowohl gesamtschweizerisch wirksame Massnahmen wie auch gezielt lokale Massnahmen zu ergreifen.

Dagegen trägt der schienengebundene Verkehr nur wenig zur Belastung der Luft bei. Dies gilt wegen der verhältnismässig kurzen Verweildauer in niedrigen Lagen und der international vorangetriebenen Anstrengungen zur Reduktion des Treibstoffverbrauchs auch für Flugzeuge (die allerdings wesentliche Emittenten von NO_x und CO₂ in die Atmosphäre sind). Hingegen trägt der von Flugverkehrsanlagen ausgelöste motorisierte Strassenverkehr in den entsprechenden Gebieten erheblich zur Luftbelastung bei.

Für die EKL stehen hinsichtlich der Luftreinhaltung beim Verkehr vier Problemkreise im Vordergrund. Die beiden auf die Technik bezogenen Fragen werden hier behandelt, während die Steuerung der Verkehrsmittelwahl und des Verkehrsflusses im Kapitel über die Infrastrukturpolitik (Kap. 4.3.4.) thematisiert werden.

Motoren- und Fahrzeugtechnik: Technische Vorschriften

In der EU werden laufend technische Verbesserungen von Ottomotoren wie Dieselmotoren vorgeschrieben. Diese finden ihren Ausdruck in Revisionen der Zulassungsnormen für Fahrzeuge bzw. Motoren, welche durch Konformitätsprüfungen zu erbringen sind. Die Schweiz passt ihre eigenen Vorschriften im autonomen Nachvollzug an diejenigen der EU an. So wurde auf den 1. September 2009 der Euro5-Standard für Personenwagen und leichte Nutzfahrzeuge und damit faktisch die Partikelfilterpflicht eingeführt. Weitere Verbesserungen stehen in Aussicht, und wegen der Bekämpfung der Klimaerwärmung ist in den nächsten Jahren mit der breiten Verwirklichung alternativer Motorentechniken (Elektro- und Hybridmotoren) zu rechnen.

Beim Import von Fahrzeugen und Motoren ist die Schweiz durch das Verbot technischer Handelshemmnisse sowie allenfalls durch die vorgesehene autonome Einführung des Cassis-de-Dijon-Prinzips gebunden (→ Kap. 2.4.1.3 am Ende). Diese Ausgangslage schränkt ihren Handlungsspielraum bei Massnahmen bezüglich Fahrzeugen und Motorentechnik rechtlich insofern ein, als Abweichungen in Form von strengeren schweizerischen Vorschriften zu begründen und durch spezielles Verordnungsrecht umzusetzen sind. Die Vorschriften der EU für Zweiradfahrzeuge entsprechen allerdings nicht den gleich hohen Anforderungen

wie jene für die anderen Fahrzeuge; strengere Emissionsanforderungen sollten deshalb autonom erlassen werden (→ Kap. 3.2 Lücke 1).

Um sicher zu stellen, dass die realen Schadstoffemissionen den Werten der Konformitätsprüfung entsprechen und tatsächlich im erwarteten Mass zurückgehen, sind zusätzliche Massnahmen erforderlich. Dazu dienen einerseits Vollzugsmassnahmen wie die Abgaswartungspflicht und die stichprobenweise Kontrolle der Fahrzeuge im Verkehr (→ Kap. 4.2) und andererseits spezielle technische Ausstattungen wie On-Board-Diagnose-Systeme.

Anreize zum Ersatz von (älteren) Fahrzeugen mit hohen Schadstoffemissionen durch schadstoffarme (neuere) Fahrzeuge

Die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) mit emissionsabhängigem Zusatz wirkt auf die Erneuerung des Fahrzeugparks hin. Durch eine weitere Differenzierung zugunsten von Fahrzeugen mit Partikelfiltern könnte die Wirkung bezüglich Russ verstärkt werden.

Noch immer sind die kantonalen Motorfahrzeugsteuern nur zum Teil unter Berücksichtigung ökologischer Kriterien ausgestaltet. Die Ausrichtung der Besteuerung an den durch die Motorfahrzeuge verursachten Umweltbelastungen hat eine steuernde Wirkung, die im Sinne der Ökologisierung des Finanz- und Steuerrechts (→ Kap. 4.3.6) zu nutzen ist. Entsprechende Anstrengungen wurden in den letzten Jahren in einer ganzen Zahl von Kantonen unternommen. Diese Vorlagen haben es in kantonalen Volksabstimmungen allerdings oft schwer.

Einen nicht finanziellen Ansatz zur Förderung der Erneuerung des Fahrzeugparks verfolgen eine Anzahl europäischer Länder mit sogenannte Low Emission Zones (LEZ, in Deutschland «Umweltzonen»). In solchen Zonen sind nur Fahrzeuge zugelassen, die bestimmten technischen Emissionsstandards entsprechen. Einzelne schweizerische Städte prüfen die Einführung dieser Massnahme im Rahmen von Versuchen, die allerdings neue Vorschriften des Bundesrechts (namentlich über die Signalisation) voraussetzt. Kantonale und kommunale Behörden gehen vielerorts mit dem guten Beispiel voran und bevorzugen bei der Beschaffung emissionsarme Fahrzeuge (Dieselmotoren mit Partikelfiltern oder Gasmotoren).

4.3.3.3 Empfehlungen

Die EKL verzichtet auf spezifische Empfehlungen zum Kapitel Verkehr:

- Bezüglich der Motoren- und Fahrzeugtechnik folgt die Schweiz heute den Vorgaben der EU im Rahmen des freiwilligen Nachvollzugs des EU-Rechts. Angesichts der aktiven Rolle, welche die EU in den letzten Jahren in diesem Bereich gespielt hat, kann sich die EKL auf die Empfehlungen zu den Zweiradfahrzeugen in Kap. 3.2 beschränken.
- Die Ausrichtung der kantonalen Motorfahrzeugsteuern an Umweltkriterien wird im Zusammenhang mit der Ökologisierung des Finanz- und Steuersystems in Kap. 4.3.6 behandelt.

4.3.3.4 Dokumentation

ASTRA 2009: PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART); erhältlich unter: <http://partnershop.vss.ch>, Berichtsnummer 1268.

Gehrig R., Hill M., Lienemann P., Zwicky C. N., Bukowiecki N., Weingartner E., Baltensperger U. & Buchmann B. (2007): Contribution of railway traffic to local PM10 concentrations in Switzerland. Atmospheric Environment 41(5): 923–933.

Künzler P. 2005: Weiterentwicklung des Luftreinhalte-Konzepts – Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 379, Bern.

Low Emission Zones: www.lowemissionzones.eu/

4.3.4 Infrastrukturentscheide und -politik besser auf die Ziele der Luftreinhaltung abstimmen und die Luftreinhaltungsinstrumente besser auf den Raum beziehen

4.3.4.1 Thesen

Die mangelhafte Koordination zwischen der Infrastrukturpolitik und den Vorgaben der Luftreinhaltung und des Klimaschutzes ist eines der Haupthindernisse für einen nachhaltigen Erfolg von Luftreinhaltung und Klimaschutz. Sie verhindert namentlich, dass die ausgeprägten Synergien zwischen den Zielsetzungen der Raumplanung und denjenigen der Luftreinhaltungs- und Klimapolitik zum Tragen kommen.

Besonderes Augenmerk verlangen Massnahmen gegen die Zersiedelung und neue Schnittstellen beim Strassennetz. Dem soll mit Wirkungskriterien für die Planungen sowie einer Genehmigungspflicht für den Teil Nationalstrassenverkehr der kantonalen Massnahmenpläne begegnet werden. Zudem sollen die mit den Agglomerationsprogrammen eingeleiteten Entwicklungen weitergeführt und ausgeweitet werden.

4.3.4.2 Ausgangslage und Handlungsbedarf

Infrastrukturentscheide beeinflussen in wesentlicher Weise das Verkehrsaufkommen.

Mit einer günstigen Verteilung von Siedlung und Arbeitszonen lassen sich die Fahrleistungen des Verkehrs unter Kontrolle halten. Bei verstreuten Siedlungsgebieten bestehen nur stark eingeschränkte Möglichkeiten für Erschliessungen mit öffentlichem Verkehr. Dies betrifft speziell den Schienenverkehr, der aus der Sicht der Luftreinhaltung besonders günstig ist.

Zersiedelung hat zur Folge, dass die erforderlichen Fahrleistungen vor allem mit Privatfahrzeugen erbracht werden müssen. Eine nachhaltig erfolgreiche Luftreinhaltungs- und Klimapolitik (→ Kap. 4.3.2) setzt deshalb voraus, dass die Zersiedelung der Schweiz in Grenzen gehalten wird. Gelingt dies nicht, dürfte es auf dem gegenwärtigen Stand der Fahrzeugtechnik (→ Kap. 3.2.2 Lücke 1) nicht möglich sein, die örtlichen Überlastungen der Luft durch Feinstaub, in bestimmten Fällen auch durch Stickstoffoxide, zu verhindern. Dasselbe gilt auch für die periodisch auftretenden Luftbelastungen durch Ozon, Stickstoffoxide und PM10 (Sommersmog und Wintersmog).

Die EKL identifiziert in der Infrastruktur- und Raumplanungspolitik vor allem Defizite beim Instrumentarium, das eine wirksamere Ausrichtung auf die Anforderungen der Luftreinhaltung ermöglichen würde. Instrumente, wie sie im Rahmen der jüngeren Agglomerationspolitik gezielt eingesetzt werden, sollen künftig noch stärker und breiter genutzt werden.

Richtplanung

Im Rahmen der Bewertung der Agglomerationsprogramme hat das Bundesamt für Raumentwicklung ARE den Zusammenhängen von Zersiedelung und Luftbelastung Rechnung getragen. Unter anderem wurde ein umfassender Satz von Wirkungskriterien festgelegt. Aus der Sicht des Umweltschutzes sind die Wirkungskriterien WK1 «Qualität im Verkehrssystem verbessert», WK2 «Siedlungsentwicklung nach innen gefördert» sowie WK4 «Umweltbelastung und Ressourcenverbrauch vermindert» von besonderer Relevanz. Ein besonderes Prüfungsverfahren beurteilt die Erfüllung dieser Kriterien.

Solche Wirkungskriterien sollten in der Raumplanung und insbesondere in der Richtplanung allgemein eingesetzt werden; auf diese Weise würden sie auch für die Luftreinhaltung nutzbar. Im Übrigen soll der Bund bei der Prüfung von kantonalen Richtplänen bezüglich der Förderung des Langsamverkehrs und des öffentlichen Verkehrs dieselben Massstäbe anlegen, wie sie bei den formellen Zweckmässigkeitsprüfungen von Strassenprogrammen und Agglomerationsprogrammen zur Anwendung gelangen.

Wirkungskriterien für Massnahmenpläne zur Luftreinhaltung

Bei den kantonalen Massnahmenplänen zur Luftreinhaltung bestehen – ähnlich wie bei den Richtplänen – grosse Unterschiede von Kanton zu Kanton. In inhaltlicher Sicht stellt das LRK 2009 eine strategische Vorgabe des Bundes dar, an der sich in Zukunft die einzelnen kantonalen Massnahmenpläne zur Luftreinhaltung orientieren können. Dies sollte zu einer besseren inhaltlichen Vergleichbarkeit der Massnahmenpläne beitragen.

Die Unterschiede der kantonalen Massnahmenpläne manifestieren sich speziell bei ~~zunehmend~~ zunehmender – Koordination der Massnahmenpläne zur Luftreinhaltung mit den kantonalen Richtplänen. Analog zu den geforderten Wirkungskriterien für die Agglomerationsplanung soll deshalb das BAFU auch für die Massnahmenplanung Wirkungskriterien festlegen.

Kantonale Massnahmenpläne und Bundeskompetenz für Nationalstrassen

Der Übergang des Nationalstrassennetzes in die Verantwortung des Bundes dürfte zusätzliche Koordinationsanforderungen für die Luftreinhaltungspolitik entstehen lassen. Neu liegt das Nationalstrassennetz als Netz von nationaler Bedeutung (Grundnetz) vollständig in der Kompetenz des Bundes und ist durch diesen zu betreiben, auszubauen und zu finanzieren. In einigen Regionen der Schweiz werden zusätzliche Verbindungen – ausschliesslich bereits bestehende Hauptstrassen – ins Netz von nationaler Bedeutung aufgenommen. Noch nicht erfasst sind allfällige Anpassungen in den Agglomerationen (neue Agglomerationsverkehrsachsen und Strassen zur Engpassbeseitigung). Zum Nationalstrassennetz tritt das Ergänzungsnetz hinzu. Dieses entspricht im Wesentlichen dem heutigen schweizerischen Hauptstrassennetz und liegt in der Kompetenz der Kantone. Der Bund beteiligt sich aber in Form von Globalbeiträgen an den Aufwendungen der Kantone für den Betrieb, Unterhalt und Ausbau.

Die neuen Kompetenzen geben dem Bund bezüglich Strassenbau und -betrieb Entscheidungsmöglichkeiten, welche das örtliche Verkehrsaufkommen und die Siedlungsentwicklung massgeblich beeinflussen. Das verlangt zum einen, die Abläufe so zu gestalten, dass BAFU und ARE lufthygienische und raumplanerische Überlegungen rechtzeitig in die Planungen des ASTRA einbringen können. Der Bund greift aber auch direkt in die Handlungsbereiche der kantonalen Raumplanung und der kantonalen Massnahmenpläne zur Luftreinhaltung ein. Als Folge entstehen neue Schnittstellen und Koordinationsbedürfnisse zwischen Bund und Kantonen. Dem ist zum anderen durch Koordination der Massnahmenpläne speziell im Bereich Nationalstrassen Rechnung zu tragen. Dies soll durch Einführung einer Genehmigungspflicht für diesen Teilbereich der Massnahmenplanung erreicht werden.

Förderung des Umsteigens auf ÖV und Langsamverkehr

In der Schweiz wurde das Umsteigen auf den öffentlichen Verkehr in den letzten Jahrzehnten durch die Aufwertung der Bahnnetze und die Verdichtung der Fahrpläne gezielt und massiv gefördert. Im Rahmen der Agglomerationsprogramme setzt der Bund zudem systematisch auf den Ausbau des öffentlichen Verkehrs und des Langsamverkehrs in den dichter besiedelten Bereichen der Schweiz. Diese Aktivitäten fanden ihren Ausdruck in einer Reihe von technischen Normen, Planungshilfen und Beispielsammlungen. Die Massnahmen sind weiter voranzutreiben.

Steuerung des Verkehrsflusses, Verstetigung des Verkehrs

Der Verkehrsablauf auf stark befahrenen Strassen im Siedlungsgebiet zeichnet sich typischerweise durch häufige Verzögerungs- und Beschleunigungsmanöver mit entsprechend höheren Schadstoffemissionen aus. Die Verzögerungen und Beschleunigungen sind umso ausgeprägter, je unterschiedlichere Verkehrsteilnehmende im Strassenraum präsent sind und je grössere Geschwindigkeitsdifferenzen auftreten. Die schweizerischen Normenwerke definieren Betriebs- und Gestaltungsmaßnahmen, die einen möglichst stetigen Verkehrsfluss sicherstellen. Wie Messungen belegen, lassen sich durch Verstetigung des Verkehrs Luftschadstoffemissionen und Emissionen von CO₂ deutlich – um 20 bis 30 % – vermindern.

4.3.4.3 Empfehlungen

Empfehlung 24: Griffige Wirkungskriterien für kantonale Richtpläne schaffen, die auch die Anliegen der Luftreinhaltung berücksichtigen

Vom BAFU zu erarbeitende Wirkungskriterien ähnlich denjenigen der Agglomerationsprogramme sollen zu einer gegenüber heute verbesserten Kohärenz von Umweltschutz, insbesondere Luftreinhaltung und Klimapolitik, sowie Raum- und Verkehrsplanung führen.

Die Globalbeiträge des Bundes für die Strassen des Ergänzungsstrassennetzes müssen neu / künftig von der in den kantonalen Richtplänen erreichten Qualitätsstufe der Wirkungskriterien abhängig gemacht werden.

Empfehlung 25: Kantonale Luft-Massnahmenpläne bezüglich des Nationalstrassenverkehrs durch den Bund überprüfen

Bei Neuplanungen oder Kapazitätserweiterungen von Nationalstrassen sollen alle vom Projekt betroffenen Kantone ihre Massnahmenpläne zur Luftreinhaltung anpassen und dem BAFU als federführende Stelle zur Genehmigung einreichen. Durch den Bund zu prüfen ist, ob die verschiedenen kantonalen Massnahmenpläne hinsichtlich des Verkehrs und der Siedlungsentwicklung aufeinander abgestimmt sind und ob sie den massgeblichen Wirkungskriterien genügen.

Empfehlung 26: Mit den Agglomerationsprogrammen eingeleitete Entwicklungen weiterführen und ausweiten

Mit den Agglomerationsprogrammen erhielten die Anstrengungen zum Ausbau des öffentlichen Verkehrs und zur Förderung des Langsamverkehrs wesentliche Impulse. Zugleich haben die Fachverbände der Strassenplaner Normen in Kraft gesetzt, die einen stetigen Verkehrsfluss durch bauliche und betriebliche Massnahmen im Strassenraum fördern. Diese Aktivitäten sind aus lufthygienischer Sicht positiv zu bewerten; der eingeschlagene Weg soll weiter verfolgt werden.

4.3.4.4 Dokumentation

ARE 2007: Weisung über Prüfung und Mitfinanzierung der Agglomerationsprogramme.
www.are.admin.ch/themen → Agglomeration.

ARE 2008: Prüfung der Agglomerationsprogramme, Dezember 2008, Bern.

ARE 2008: Strategie Nachhaltige Entwicklung ARE. Leitlinien und Aktionsplan 2008–2011; Technischer Teil Massnahmenblätter; www.are.admin.ch → Publikationen Nachhaltige Entwicklung.

ASTRA 2007: Der Langsamverkehr in den Agglomerationsprogrammen, Arbeitshilfe. Materialien Langsamverkehr Nr. 112, Bern.

ASTRA 2008: Anpassung Bundesbeschluss über das Nationalstrassengesetz; Bericht für die Vernehmlassung (www.admin.ch/dokumentation/gesetz/ → Vernehmlassungen).

ASTRA/Velokonferenz Schweiz 2008: Veloparkierung, Empfehlungen zu Planung, Realisierung und Betrieb – Handbuch Vollzugshilfe Langsamverkehr Nr. 7, Bern.

BAFU 2007a: Zahlungsbereitschaft für eine verbesserte Umweltqualität am Wohnort; Schätzungen für die Städte Zürich und Lugano für die Bereiche Luftverschmutzung, Lärmbelastung und Elektrosmog von Mobilfunkantennen, Umwelt-Wissen 17/07, Bern.

BUWAL 2002: Wegleitung für Strassenplanung und Strassenbau in Gebieten mit übermässiger Luftbelastung, Vollzug Umwelt. Revidierte Neuauflage auf 2010 in Vorbereitung.

Infras 2007: PM10-Emissionen Verkehr; Teil Schienenverkehr, Schlussbericht zuhanden des BAFU. Bern; www.bafu.admin.ch/luft → Schadstoffquellen, Verkehr.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS 1995: Leichter Zweiradverkehr – Grundlagen (SN 640060). Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS 1999: Entwurf des Strassenraumes – Vorgehen für die Entwicklung von Gestaltungs- und Betriebskonzepten (SN 640210). Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS 2009: Fussgängerverkehr – Grundnorm (SN 640070). Zürich.

4.3.5 Luftreinhaltung und Lärmschutz müssen sich gegenseitig noch besser unterstützen

4.3.5.1 Thesen

Die Interessen von Luftreinhaltung und Lärmschutz verlaufen namentlich bezüglich der Belastung durch den Strassenverkehr weitgehend parallel: So führen betriebliche Massnahmen im einen Bereich zu Synergien im anderen Bereich. Dagegen sind bauliche Massnahmen zur Eindämmung der Ausbreitung von Lärm, aber auch Ausrüstungsmassnahmen von Strassen oder Fahrzeugen für die Luftreinhaltung im Allgemeinen ohne Belang; eine Ausnahme stellen bessere Reifen dar.

4.3.5.2 Ausgangslage und Handlungsbedarf

Für die Bekämpfung des Lärms gilt wie bei der Luftreinhaltung im Grundsatz das zweistufige Immissionschutzkonzept (→ Kap. 2.4.1.1). Dies gilt insbesondere für die Emissionsbegrenzungen für Lärm bei Fahrzeugen im Rahmen der Bau- und Ausrüstungsvorschriften. Allerdings weicht das Gesetz beim Lärm in wesentlicher Weise von diesem Konzept ab. Zwei Ausnahmen sind besonders wichtig: Zum einen ermöglicht das USG, wenn es um Anlagen im öffentlichen Interesse wie etwa Strassen, Bahnen oder Flughäfen geht, bei bestehenden und auch bei neuen Anlagen das Überschreiten der Immissionsgrenzwerte. Werden die Alarmwerte oder bei neuen Anlagen die Immissionsgrenzwerte überschritten, müssen zum anderen bei den betroffenen Liegenschaften auf Kosten der Anlageninhaber Schallschutzfenster eingebaut werden. Das USG fügt für den Lärmschutz als Ersatzmassnahme für die fehlgeschlagene Begrenzung des Lärms also eine dritte Massnahmenstufe hinzu.

Die Lärmbelastung der Schweizer Bevölkerung ist in den dicht besiedelten Gebieten sowie entlang der Hauptverkehrsachsen in den Alpen ein flächendeckendes Problem. Die dominante Lärmquelle ist der Strassenverkehr. 16 Prozent der Bevölkerung oder 1,2 Millionen Personen sind am Tag schädlichen oder lästigen Lärmimmissionen ausgesetzt, etwa 1 Million Personen in der Nacht. 90 Prozent des störenden Strassenverkehrslärms konzentriert sich auf die Städte und Agglomerationen der Schweiz. Der Flugverkehr führt in der Umgebung der Flughäfen zu lokal begrenzten schädlichen oder lästigen Lärmbelastungen; betroffen sind weniger als 100'000 Personen. Das gleiche gilt sinngemäss bezüglich des Bahnlarms, der allerdings in der Nacht doppelt so viele Menschen stört als am Tag. Die folgenden Ausführungen fokussieren auf den Strassenverkehr (zum Flugverkehr → Kap. 4.3.6.2 Schwerpunkt 4; der Bahnverkehr ist lufthygienisch kein Schwerpunktproblem).

Im Wesentlichen unterstützen sich Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität und zur Reduktion des Lärms beim Strassenverkehr gegenseitig am stärksten, wenn sie den *Betrieb der Strassen* betreffen. So bewirken Tempoverminderungen und die Verstetigung des Verkehrsablaufs direkt eine Verminderung des Verkehrslärms. Dasselbe gilt für einen Fahrstil, der starke Beschleunigungen und unnötige Anfahrmanöver durch vorausschauendes Fahrverhalten vermeidet («Eco-Drive»). Schliesslich haben insbesondere Massnahmen zur Förderung des Langsamverkehrs und in geringerem Masse das Umsteigen auf den öffentlichen Verkehr neben einer Verbesserung der Luftqualität auch eine Verminderung der Lärmbelastung zur Folge.

Anforderungen an die Emissionsbegrenzung bei Fahrzeugen, die neue Technologien wie Elektro- oder Hybridmotoren voraussetzen, wirken sich auch bezüglich Lärm positiv aus (→ Kap. 3.2 und Kap. 4.3.3). Bauliche Massnahmen zur Lärmbegrenzung an der Strasse oder den Fahrzeugen, wie verbesserte Strassenbeläge und leise Reifen oder andererseits Lärmschutzwände oder Schallschutzfenster, haben indessen nur geringfügige Auswirkungen auf die Emissionen von Luftschadstoffen. Aus der Sicht der Luftreinhaltung sind deshalb die betrieblichen Massnahmen an der Quelle vorzuziehen. Immerhin bergen leise Reifen in Kombination mit Produkten, die gleichzeitig den Rollwiderstand minimieren auch ein Potenzial zur Einsparung von Treibstoff und damit auch von Luftschadstoffen.

Nicht zu vernachlässigen ist die Tatsache, dass hohe Lärmbelastungen neben anderen Standortfaktoren ein wichtiger Motor für die Flucht der Bevölkerung aus den Städten und Agglomerationen in weniger dicht

besiedelte Gegenden sind. Mit dieser Zersiedlung der Schweiz wird das Wachstum des motorisierten Individualverkehrs mit seinen negativen Auswirkungen auf die Luftqualität und die Lärmbelastung wesentlich vorangetrieben: Die Lärmbelastung erfasst weitere Flächen des Landes und die Luft wird durch den zusätzlichen Verkehr stärker belastet. Diese Entwicklung kann sich als *Circulus Vitiosus* erweisen. Lösungen sind hier im Rahmen der Gesamtverkehrsstrategien und der Raumentwicklung zu suchen und nicht ausschliesslich bei der stärkeren Begrenzung von Luftschadstoff- oder Lärmemissionen.

4.3.5.3 Empfehlung

Empfehlung 27: Synergien zwischen Anforderungen der Luftreinhaltung und des Lärmschutzes durch nichttechnische Massnahmen nutzen

Um ausgeprägte Synergien zwischen den Anforderungen der Luftreinhaltung und des Lärmschutzes zu nutzen, sollten bevorzugt nichttechnische Massnahmen, die auf den Betrieb der Strassen und die Verminderung der Fahrleistungen des motorisierten Verkehrs hin zielen, eingesetzt werden. Als technische Massnahme kann der Einsatz von besseren Reifen, die nicht nur leiser, sondern auch energiesparend und deshalb weniger luftbelastend sind, eine Verbesserung bringen.

Für weitere lärmbezogene Empfehlungen → Kap. 3.2, Kap. 4.3.2 und Kap. 4.3.3.

4.3.5.4 Dokumentation

BAFU 2009: Lärmbelastung in der Schweiz. Bern. www.bafu.admin.ch/publikationen → Lärm.

BAFU 2009a: Umweltmonitoring MFM-U. Jahresbericht 2008 der Luft- und Lärmmessungen. Bern. www.bafu.admin.ch → Publikationen.

4.3.6 Die Luftreinhaltung durch Ökologisierung der Finanz- und Steuerordnung mitlenken

4.3.6.1 Thesen

Mittelfristig ist das schweizerische Steuersystem zu ökologisieren. Als erste Schritte in diese Richtung sollen die heutigen Lenkungsabgaben optimiert, andere bestehende Abgaben durch ökologische Komponenten angereichert und kontraproduktive Steuerbegünstigungen abgeschafft werden.

Um den Konsumenten die richtigen Signale zu vermitteln, sind die Preise für die Benützung der staatlich zur Verfügung gestellten Infrastrukturen und Dienstleistungen unter Berücksichtigung der externen Kosten festzulegen.

Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen (z. B. Energie, Landwirtschaft, Verkehr) sollen für die Einführung neuer Technologien genutzt und im Einklang mit den Luftreinhaltezielen ausgerichtet werden.

4.3.6.2 Ausgangslage und Handlungsbedarf

Für das Umweltschutzrecht ist das *Verursacherprinzip* (Art. 74 Abs. 2 zweiter Satz BV bzw. Art. 2 USG) ein zentraler Grundsatz. Dieses Prinzip kommt ausserhalb des Geltungsbereichs des USG nur teilweise zur Wirkung. Dadurch wird die Luftreinhaltung geschwächt.

Verursacherprinzip im USG

Das Verursacherprinzip des schweizerischen Rechts bezieht sich ausschliesslich auf die Tragung der Kosten von gesetzlich vorgeschriebenen Massnahmen (Verursacherprinzip im engen Sinn). Im Bereich der Luftreinhaltung müssen die Inhaber von Anlagen die Massnahmen zur Emissionsbegrenzung (→ Kap. 2.4.1.3) selber finanzieren und können die Kosten nicht auf das Gemeinwesen abwälzen.

Die staatlichen Ausgaben für die Luftreinhaltung – namentlich Aufwendungen für die Erstellung der Massnahmenpläne oder das NABEL-Messnetz – nehmen sich im Vergleich zu anderen Umweltaufgaben relativ bescheiden aus.

Hier besteht kein Handlungsbedarf.

Internalisierung externer Kosten (Verursacherprinzip im weiten Sinn)

In einem weiteren, insbesondere in den Wirtschaftswissenschaften verwendeten Sinn erfasst das Verursacherprinzip auch die Internalisierung von externen Kosten. Mit anderen Worten sollen auch die Nutzung und die Belastung der Umwelt ihren Preis haben. Dieser Grundsatz kommt in den Diskussionen über die Finanzierung grosser Infrastrukturen und der zugehörigen Dienstleistungen, beispielsweise beim Verkehr, regelmässig ins Spiel, wird aber in anderen Bereichen noch zu wenig thematisiert. Anders als bei den nach dem Verursacherprinzip gemäss Art. 2 USG getragenen Kosten der Emissionsbegrenzung besteht bei den externen Kosten eine vielfache Unterdeckung. Würden diese vermehrt internalisiert, sollte sich dies in höheren Preisen auswirken und müsste gemäss den Regeln der Wirtschaftswissenschaft zu einer spürbaren Reduktion der Luftverschmutzung führen. Hier besteht nach Ansicht der EKL Handlungsbedarf.

Externe Kosten der Luftverschmutzung

Nicht internalisiert werden heute unter anderem die durch die übermässige Luftschadstoffbelastung (insbesondere aus dem Verkehr und der Landwirtschaft) entstehenden Schäden an Gesundheit, Vegetation und Gebäuden. Auch wenn über die Zurechnung von Kosten im Einzelnen unterschiedliche Auffassungen bestehen, herrscht Einigkeit darin, dass allein die durch den Verkehr bedingte Luftverschmutzung jährlich Gesundheitskosten von mindestens 1'954 Mio. CHF (Stand 2005), Gebäudeschäden in der Höhe von mindestens 289 Mio. CHF sowie Ertragsausfälle in der Land- und Waldwirtschaft (ohne Berücksichtigung weiterer Schäden an der Vegetation) von ca. 65 Mio. CHF bewirkt. Dazu kommen nicht gedeckte Klimakosten, die pro Jahr rund 560 Mio. CHF (kurzfristige Betrachtungsweise) bis 1'960 Mio. CHF (langfristige Betrachtungsweise) ausmachen. Weitere externe Kosten stammen aus den Bereichen Industrie / Gewerbe / Dienstleistungen, private Haushalte und Landwirtschaft.

Einsatz finanzieller und steuerlicher Instrumente

In den vorstehenden Kapiteln (→ Kap. 4.3.1 und 4.3.2) wurden verschiedentlich finanzielle oder abgabenrechtliche Instrumente erwähnt. Einige von ihnen stehen im Einklang mit dem Verursacherprinzip im weiten Sinn (z. B. Lenkungsabgaben), während andere ihm widersprechen (Fördermassnahmen). Ein Teil dieser Instrumente wird mit Erfolg zugunsten der Reduktion von Luftschadstoffen eingesetzt (Beispiele: VOC-Abgabe, LSVA). Ein anderer Teil dagegen wirkt dem Ziel, die Luftqualität zu verbessern, nicht zuletzt durch die konkrete Ausgestaltung entgegen (z. B. Förderung von Holzfeuerungen mit vergleichsweise hohen Emissionen, Steuerabzüge für den Arbeitsweg). Vom Staat vorgezeichnete Geldflüsse tragen in solchen Fällen dazu bei, die Anstrengungen der Luftreinhaltungspolitik zu untergraben. Zwar sind bei der Vielfalt staatlicher Ziele Konflikte zwischen Zielen unvermeidlich, doch ist mehr Kohärenz beim Einsatz finanzieller Instrumente im Interesse der Gesundheit von Mensch und Umwelt – und damit der Zukunft – ein Gebot der Stunde.

Steuern

Die staatlichen Aufgaben werden durch die Erhebung von Steuern finanziert. Seit Jahren wird auch in der Schweiz über die Ökologisierung des Abgabensystems diskutiert. Im Sinne der Motion Studer betreffend ökologische Steuerreform (06.3190) wird der Bundesrat eine Vorlage zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für einen nachhaltigeren Umgang mit den Ressourcen ausarbeiten. Dieses Rechtsetzungsprojekt ist aus der Sicht der EKL sehr wichtig.

Ökologische Steuerreform

Durch die Internalisierung externer Kosten – indem die Ressourcennutzung und allenfalls Schadstoffemissionen steuerlich belastet werden – wird das Steuersystem dazu genutzt, auf ein nachhaltiges Wirtschaften hin zu lenken. Produzenten und Konsumenten erhalten über die Ausgestaltung des Steuersystems die richtigen Verhaltenssignale, um knappe Ressourcen langfristig optimal einzusetzen. Werden als «Grobsteuerung» die Rahmenbedingungen in diesem Sinn neu bestimmt, müssen zur «Feinsteuerung» nicht mehr so viele detaillierte, z. B. technische Vorgaben erlassen werden. Im Gegenzug zu dieser Belastung von natürlichen Ressourcen würde die heute vergleichsweise hohe steuerliche Belastung der Arbeit abgebaut.

Von einem solchen Steuersystem – geeignete Ausgestaltung vorausgesetzt – erwarten die Wirtschaftswissenschaften eine sogenannte doppelte Dividende, nämlich als «grüne Dividende» eine Verbesserung der Situation der Umwelt als «blaue Dividende» eine höhere Beschäftigung. Erhöhte Kostenwahrheit setzt sodann realistischere Preissignale.

Verschiedene europäische Länder (Deutschland, England, skandinavische Staaten) haben ihre Steuersysteme in den letzten Jahren – unterschiedlich stark – in diese Richtung angepasst. Die Auswirkungen gelten als positiv, nicht zuletzt weil die neu ausgerichteten Steuersysteme technische Innovationen begünstigen.

Ökologisierte Steuersysteme lassen sich, wie die Erfahrungen gezeigt haben, so konzipieren, dass sie auch sozial verträglich sind. Statt die ökologisch begründeten Belastungen systemwidrig nach sozialen Kriterien auszugestalten, sind personenbezogene Kompensationen vorzusehen.

Der Weg zu einer ökologischen Steuerordnung dürfte eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen. Immerhin könnten Entwicklungen in der Klimapolitik (→ Kap. 1.4.2) Anlass dafür sein, auf diesem Weg mit grösseren Schritten voranzugehen. Einzelmassnahmen, die einen Beitrag zur Ökologisierung des Steuersystems leisten und damit Fehlanreize korrigieren, lassen sich bereits kurzfristig bzw. etappenweise ergreifen, ohne dass damit spätere grundsätzliche Weichenstellungen in Frage gestellt werden.

Grundsätzliche Veränderungen lassen sich in der Schweiz mit ihren direkt-demokratischen Entscheidungsstrukturen nicht einfach erreichen. Das Ziel zu erreichen dürfte ein schrittweises, «modulares» Vorgehen, einen dezidierten Verzicht auf eine Erhöhung des Steueraufkommens sowie eine sicht- und spürbare soziale Abfederung der verstärkt am Verursacherprinzip und am Ressourcenverbrauch ausgerichteten Steuerordnung voraussetzen.

Mit finanziellen Instrumenten lässt sich zwar anders als mit technischen Vorschriften nicht präzise steuern, doch können Rahmenbedingungen geschaffen werden, die ökologisch sinnvolles Verhalten nicht uninteressant machen oder gar bestrafen, sondern möglichst mit entsprechenden Anreizen unterstützen und verstärken. Die EKL in dieser Hinsicht die folgenden Schwerpunkte:

Schwerpunkt 1: Förderbeiträge (auch) an den Erfordernissen der Luftreinhaltung ausrichten.

Während das USG selber ausser den Lenkungsabgaben gemäss Art. 35a–35b^{bis} USG keine finanziellen Instrumente einsetzt, spielen in Politikbereichen wie namentlich Energie, Landwirtschaft und Verkehr Förderbeiträge, steuerliche Vergünstigungen und Ähnliches eine immer wichtigere Rolle. Förderbeiträge entsprechen – anders als Lenkungsabgaben (ausserhalb des USG-Bereichs namentlich LSVA) – dem Verursacherprinzip zwar nicht. Die EKL begrüsst solche Massnahmen dennoch unter der Voraussetzung, dass sie zwei Bedingungen erfüllen: Sie sind erstens wegen ihrer Widerspruchs zum Verursacherprinzip auf Einführungsphasen zu beschränken, und sie dürfen zweitens den Anforderungen der Luftreinhaltung nicht zuwider laufen, sondern sollen sie beschleunigt durchzusetzen helfen.

- Finanzielle Instrumente können die Einführung von Technologien, die flächendeckend angewandt grosse lufthygienische Verbesserungen mit sich bringen (z. B. Förderung des Schleppschlaucheinsatzes im Rahmen landwirtschaftlicher Ressourcenprogramme), unterstützen. Analog können sie als Übergangsmassnahme dienen, solange Emissionsbegrenzungen der EU nicht streng genug sind (ein Beispiel wäre die differenzierte Rückerstattung der Mineralölsteuer beim Einbau von Partikelfiltern für Traktoren).

- Die oft namhaften Förderbeiträge aufgrund von Spezialerlassen wie dem Energie- oder Landwirtschaftsgesetz müssen im Einklang mit den lufthygienischen Zielen eingesetzt werden. Denn es ist weder ökologisch noch wirtschaftlich effizient, nicht optimale Technologien mit staatlichen Mitteln finanziell zu fördern (Beispiele wären Dieselfahrzeuge ohne Russfilter und Entstickung bzw. Holzfeuerungen ohne stabilen emissionsarmen Betrieb), da so früher oder später teure Anpassungsmassnahmen ausgelöst werden.

Subventionstatbestände sollten im Übrigen regelmässig auf unerwünschte lufthygienische Nebenwirkungen hin untersucht werden.

Schwerpunkt 2: Bei staatlichen Investitionen bzw. Infrastrukturen und Dienstleistungen das Verursacherprinzip (im weiteren Sinn) verstärkt umsetzen

Im Zusammenhang mit den vom Staat finanzierten Infrastrukturen ist es wichtig, die externen Kosten konsequenter zu berücksichtigen und in die Preisgestaltung einzubeziehen. Im Vordergrund stehen die grossen Verkehrsanlagen, doch gilt es auch im Kleinen (z. B. Fahrzeugabstellplätze für staatliche Angestellte) konsequenter zu handeln.

Schwerpunkt 3: Mittelfristig statt Arbeit die Nutzung natürlicher Ressourcen durch Steuern belasten

Beim Steuersystem steht die Verlagerung der Belastung von der Arbeit auf die Energie im Vordergrund. Teurere Energie hätte eine Reduktion der Verschwendung und damit des Verbrauchs sowie der Produktion von Energie zur Folge. Beides resultiert direkt in einer Reduktion der Luftbelastung (→ Kap. 4.3.2). Über höhere Preise kann zudem die Ausweitung des Verbrauchs mit den durch Effizienzsteigerung gewonnen Mitteln («rebound») aufgefangen werden.

Als weitere steuerlich zu belastende Ressource kommt der Boden in Frage, da er in der Schweiz besonders knapp ist. Ein durch Abgaben induzierter verstärkt haushälterischer Umgang mit dem Boden wirkt der Zersiedelung entgegen und führt damit direkt zu einer Reduktion der Luftbelastung (→ Kap. 4.3.4 und Kap. 4.3.3). (In diesem Zusammenhang könnte auch die für die Luftreinhaltung nicht essentielle Ressource Biodiversität ins Steuersystem eingebunden werden.)

Schadstoffemissionen werden heute wie erwähnt fiskalisch durch Lenkungsabgaben erfasst. Das Steuersystem als Ganzes an der Schadstoffproduktion – also an Emissionen – auszurichten, ist aus praktischen und politischen Gründen nicht anzustreben.

Schwerpunkt 4: Bestehende Abgaben und insbesondere Lenkungsabgaben stärker nutzen und noch spezifischer auf die Luftreinhaltung ausrichten

Bei den bereits eingesetzten Lenkungsabgaben, namentlich auf VOC sowie auf dem Schwerverkehr, sind aus der Sicht der Luftreinhaltung vor allem noch Optimierungen bei der Abgabenhöhe und ihrer Differenzierung möglich.

Neu sollten zudem die Motorfahrzeugsteuern dafür herangezogen werden, die Luftqualität günstig zu beeinflussen. Neben Differenzierungen der Abgabenhöhe nach Umweltbelastungspunkten UBP oder ähnlichen Bemessungsmodellen ist auch das holländische Modell der Motorfahrzeugsteuer als Verbrauchssteuer in Betracht zu ziehen. Damit würde aus der Motorfahrzeugsteuer eine Mobilitätssteuer.

Schliesslich ist daran zu erinnern, dass der Flugverkehr seinen Anteil an den externen Kosten noch immer nicht trägt. In dieser Hinsicht sind weiterhin Anstrengungen des Bundes auf dem internationalen Parkett erforderlich.

Schwerpunkt 5: Kurzfristige Anpassungen des Steuersystems – kontraproduktive besondere Steuerregelungen abschaffen

Heute wirken sich vor allem bestimmte Abzüge im System der direkten Steuern von Bund und Kantonen negativ aus: Indem sie längere Arbeitswege attraktiv machen, tragen Abzüge für den Arbeitsweg sowie Massnahmen zur Förderung des Wohneigentums wesentlich zur Zersiedelung des Landes bei (→ Kap. 4.3.4); solche Steuerabzüge sollten durch eine Revision des Steuerharmonisierungsgesetzes abgeschafft werden. Als kontraproduktiv erweisen sich auch die spezialgesetzlichen steuerlichen Begünstigungen von Infrastrukturunternehmungen und der Flugleistungen.

Wird auf ökologisch kontraproduktive Steuerbegünstigungen verzichtet, lassen sich Mindereinnahmen, die sich aus ökologisch sinnvollen Massnahmen ergeben (z. B. zu erwartende Reduktion der Einnahmen zweckgebundener Abgaben wie der Mineralölsteuer) mindestens teilweise ausgleichen.

4.3.6.3 Empfehlungen

Empfehlung 28: Abgaberecht ökologisieren

Mittelfristig ist das schweizerische Steuersystem als Ganzes zu ökologisieren; Energie und Boden sollen primär besteuert werden. Als erste Schritte in diese Richtung sollen die bestehenden Lenkungsabgaben noch spezifischer auf Aspekte der Luftreinhaltung ausgerichtet, bestehende Abgaben wie die kantonalen Motorfahrzeugsteuern durch ökologische Komponenten angereichert und kontraproduktive Begünstigungen bei den direkten Steuern aufgehoben werden.

Empfehlung 29: Das Verursacherprinzip konsequenter umsetzen und namentlich die externen Kosten der Luftverschmutzung in die Preise internalisieren

Um den Konsumenten die richtigen Signale zu vermitteln, sind die Preise namentlich für die Benützung der staatlich zur Verfügung gestellten Infrastrukturen und Dienstleistungen unter Berücksichtigung der externen Kosten festzulegen.

Empfehlung 30: Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen zur schnelleren Einführung neuer Technologien nutzen und mit den Zielen der Luftreinhaltung in Einklang bringen

Werden in anderen Politikbereichen Fördermassnahmen ergriffen, sind sie auf die Phase der Einführung neuer Technologien und auf lufthygienische optimierte Lösungen auszurichten.

4.3.6.4 Dokumentation

ARE und BAFU 2008: Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz. Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten. Schlussbericht, Bern.

Frey R.L. 2007: Grundzüge eines ressourcenoptimalen Steuersystems für die Schweiz. Gutachten zuhanden des Bundesamtes für Umwelt BAFU, Umwelt-Wissen 10/08, Bern www.bafu.admin.ch/publikationen → Wirtschaft.

Minsch J., Eberle A., Meier B., Schneidewind U. 1996: Mut zum ökologischen Umbau– Innovationsstrategien für Unternehmen, Politik und Akteurnetzwerke, Basel, Boston, Berlin.

Ott W., Baur M., Iten R., Vettori A. 2005: Konsequente Umsetzung des Verursacherprinzips, Umwelt-Materialien Nr. 201, Bern. www.bafu.admin.ch/publikationen → Wirtschaft.

Projektgruppe Stickstoffhaushalt Schweiz 1996: Strategie zur Reduktion von Stickstoffemissionen, Schriftenreihe Umwelt Nr. 273, Bern.

Pusch Praktischer Umweltschutz Schweiz 2010: Von der Finanzkrise zur grünen Marktwirtschaft, Thema Umwelt 1/2010: Zürich.

Studer Heiner 2006: Motion 06.3190 n (Nationalrat). Ökologische Steuerreform.

Umweltbundesamt 2008: Umweltschädliche Subventionen in Deutschland, Dessau-Rosslau.

5 Schlusswort

Seit dem Inkrafttreten des USG und der LRV Mitte der 1980er-Jahre hat sich die Luftqualität in der Schweiz spürbar verbessert. Die Belastung mit Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Schwermetallen liegt heute zum Teil weit unter der Schwelle der Schädlichkeit. Bis zum Jahr 2020 sollten die Immissionsgrenzwerte auch beim Stickstoffdioxid und die Reduktionsziele bei den flüchtigen organischen Verbindungen eingehalten werden können. Die Bevölkerungsexposition wird weiter abnehmen. Hingegen bietet die zusätzliche Reduktion beim Feinstaub, beim Ammoniak und – weiterhin – beim Ozon noch grössere Herausforderungen.

Als Grundlage für ihre eigene künftige Tätigkeit und als Grundlage für die Gestaltung der Luftreinhaltungspolitik durch die verschiedenen Akteure hat die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene einen Bericht erarbeitet, der Thesen zu 12 Themen formuliert und 30 Massnahmen empfiehlt, um den identifizierten Herausforderungen zu begegnen.

Bei den Massnahmen im Rahmen des USG gilt es, das bisher Erfolgreiche weiter zu führen, auszubauen und zu optimieren, also beispielsweise neue Erkenntnisse über die Wirkung von Luftschadstoffen zu verarbeiten, die technischen Entwicklungen für strengere Emissionsbegrenzungen zu nutzen, aber auch den Vollzug auf Problembereiche und Problemstoffe zu fokussieren. Auf Bundes- und Kantonsebene kann die Luftreinhaltung auf kompetente und engagierte Fachleute zählen. Ihr Einsatz ist für die Erreichung der gesetzlichen Vorgaben ebenso unerlässlich wie die politische Abstützung der Anliegen und eine ausreichende personelle und finanzielle Ausstattung.

Für den verstärkten Einbezug der Anforderungen der Luftreinhaltung in benachbarten Politikbereichen werden nicht nur zusätzliche Anstrengungen erforderlich sein. Nötig ist vor allem, dass über Sektoren hinweg gemeinsam mit Fachleuten anderer Bereiche Ziele definiert und Massnahmen entwickelt sowie umgesetzt werden. Zu stärken ist nicht zuletzt das Bewusstsein, dass es bei der Reinhaltung der Luft um den Schutz eines «Lebens-Mittels» geht, das der Mensch wie kein anderes permanent benötigt. Ein solches Vorgehen verlangt sowohl auf der Seite der Fachleute der Luftreinhaltung wie bei den Fachleuten der anderen Bereiche Offenheit, Lernbereitschaft und Lernfähigkeit sowie Engagement. Der breitere Ansatz bedarf jedoch vor allem einer klaren Grundlage in der Gesetzgebung. Um die noch anstehenden Probleme der Luftreinhaltung in den Griff zu bekommen, sind gesetzliche Vorgaben zur angemessenen Berücksichtigung der lufthygienischen Anforderungen namentlich im Agrarrecht, im Energie- und Klimarecht sowie im Infrastrukturbereich unerlässlich. Dies wirkt sich positiv aus, weil mit einer gesteigerten Kohärenz des staatlichen Handelns weniger negative Nebenfolgen von – aus lufthygienischer Sicht – ungünstigen Massnahmen zu beheben sind. Die EKL hält es sodann für notwendig, kontinuierlich auf konsistentere finanzielle und steuerliche Rahmenbedingungen hinzuarbeiten. In der Folge könnte teilweise auf technische Detailvorschriften verzichtet werden, was den staatlichen Vollzugsaufwand reduzieren würde.

Der Verordnungsgeber erliess parallel zur Inkraftsetzung des USG auf den 1. Januar 1985 eine dem Konzept der optimalen Technologie im Sinne von Art. 11 Abs. 2 USG verpflichtete Luftreinhalte-Verordnung und eine Reihe von Spezialverordnungen. Die Wirkung der damit angeordneten Emissionsbegrenzungen – Benzin ohne Blei, Heizöl ohne Schwefel, Katalysatorpflicht für Personenwagen sowie starke Reduktionen beispielsweise von Schwermetallen bei Kehrlichtverbrennungsanlagen – ist in den Grafiken zur Entwicklung der Luftbelastung in Kap. 2.3 auf Anhieb sichtbar. Mensch und Umwelt profitieren heute von diesen Anstrengungen, wie von zwei vom Nationalfonds unterstützten Forschungsprogrammen (SAPALDIA/SCARPOL) gezeigt werden konnte..

Es sind immer zahlreiche Faktoren, die zu solchen politischen Erfolgen beitragen. Dass Mitte der 1980er-Jahre die Weichen so klar zugunsten einer wirkungsorientierten Luftreinhaltungspolitik gestellt wurden, geht sicher unter anderem auch auf bedrohliche Ereignisse und Erscheinungen wie die Waldschäden der 1980er Jahre («Waldsterben») oder die Unfälle in Seveso, Schweizerhalle sowie Tschernobyl zurück. Die

politischen Entscheide basierten aber ebenso auf breit angelegten und fundierten Abklärungen, wie sie etwa im LRK von 1986 ihren Niederschlag fanden.

Die heutige Situation ist anders. Die Luftreinhaltungspolitik muss nicht erst eingeführt werden. Sie steht hingegen in einem komplexeren politischen Umfeld. Die Vernetzungen mit anderen Politikbereichen sind stark, die Abhängigkeit von internationalen Entwicklungen – Schadstofftransport, Klimapolitik auf globaler Ebene – ist gross. In dieser Situation soll der vorliegende Bericht Orientierung vermitteln: Er zeigt, was bisher erreicht wurde, identifiziert Schlüsselgrössen und streicht heraus, wo die EKL für die Zukunft die wichtigsten Herausforderungen und Lösungsansätze sieht.

Die Kommission wird sich nun die Themen zur Bearbeitung vornehmen, die in ihren Aufgabenbereich fallen (→ Kap. 3.1). Sie hofft, dass die hier präsentierte Auslegeordnung die Diskussion über verschiedenste Aspekte der Luftreinhaltung bereichert und in der Folge den anderen Akteuren wichtige Anstösse vermittelt sowie zu mehr Kooperation und Kohärenz der staatlichen Politik auf allen Ebenen beiträgt.

Dieser Bericht richtet sich vor allem an die Behörden und zeigt auf, welche staatlichen Handlungsweisen die Luftqualität verbessern können. Es ist aber zu betonen, dass die Entscheidungen der Bevölkerung – bezüglich Raumtemperatur, Verkehrsmittelwahl usw. – für die Luftreinhaltung ebenfalls wichtig sind. Durch aktive Information über den Stand der Umweltbelastung und die individuellen Möglichkeiten der Belastungsreduktion können die Behörden die Einzelnen darin unterstützen, ihre Mitverantwortung für die Umwelt wahrzunehmen.

6 Abkürzungen

AOT40	Accumulated Ozone above the Level of 40 ppb
AP 2017	Agrarpolitik (des Bundes) 2017
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAT	Best available technology
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
BV	Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (SR 101)
Cercl'Air	Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute
ChemRRV	Verordnung vom 18. Mai 2005 zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung) (SR 814.81)
DZV	Verordnung vom 7. Dezember 1998 über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung) (SR 910.13)
EMIS	Schweizerisches Emissionsinventar für Luftschadstoffe und Treibhausgase
EVA	Economically Viable Application (wirtschaftlich tragbar)
EVABAT	Economically Viable Application of Best Available Technology (wirtschaftlich tragbarer bester verfügbarer Stand der Technik)
Göteborg-Protokoll	Protokoll vom 30. November 1999 zum Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung, betreffend die Verringerung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon (mit Anhängen) (SR 0.814.327)
Hrsg.	Herausgeber
IGW	Immissionsgrenzwert
KeeF	Kriterien für energieeffiziente und emissionsarme Fahrzeuge
KOLAS	Konferenz der Landwirtschaftsämter der Schweiz
LEZ	Low Emission Zones («Umweltzonen»)
LRK 2009	Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBI 2009 6585.
LRV	Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (SR 814.318.142.1)
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
LwG	Bundesgesetz über die Landwirtschaft vom 29. April 1998 (SR 910.1)
NABEL	Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe
NMVOC	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
ÖLN	Ökologischer Leistungsnachweis
öV	Öffentlicher Verkehr
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PM	Particulate matter
RPG	Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz) (SR 700)
SAPALDIA	Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults. Schweizer Kohorten Studie Luftverschmutzung und Atemwegserkrankungen bei Erwachsenen

SCARPOL	Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with respect to Air Pollution, Climate and Pollen. Schweizer Studie über Atemwegsbeschwerden und Allergien bei Schulkindern: Der Einfluss der Umweltfaktoren Luftqualität, Klima und Pollen
SOMO35	Sum of Maximum 8-hour Ozone Levels over 35 ppb
SSV	Signalisationsverordnung vom 5. September 1979 (SR 741.21)
THG	Bundesgesetz über die technischen Handelshemmnisse vom 6. Oktober 1995 (SR 946.51)
TSP	Total Suspended Particles (Totaler Schwebestaub)
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
UNECE Genfer Übereinkommen	Genfer Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung von 1979 (SR 0.814.32)
USG	Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (SR 814.01)
UVEK	Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VOC	Flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds)
VOCV	Verordnung über die Lenkungsabgabe auf flüchtigen organischen Verbindungen vom 12. November 1997 (SR 814.018)
WHO	World Health Organisation (Weltgesundheitsorganisation)
WK	Wirkungskriterien (gemäss Agglomerationsprogrammen)
WKK	Wärme-Kraft-Koppelung

7 Dokumentation

7.1 Nach Kapiteln

Zu Teil 1 – Einleitung

Ammann L. 2000: Historisches Screening institutioneller Regime der Ressource Luft (1870–2000), Arbeitspapier IDHEAP, Lausanne.

BAFU 2008: Die Umweltpolitik des Bundes – Grundsätze für die Umsetzung und die Weiterentwicklung, 23. Mai 2008, verfügbar auf www.bafu.admin.ch/org/ziele/index.html?lang=de.

BAFU / BFS 2009: Umwelt Schweiz 2009, Bern.

Bundesamt für Statistik (BFS) 2001: Bodennutzung im Wandel – Arealstatistik Schweiz. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (BFS) 2005: Mobilität in der Schweiz – Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (BFS): www.bfs.admin.ch/ → Themen.

Bundesrat 1986: Verfügung über die Einsetzung der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene vom 2. Juli 1986.

Bundesrat 2008: Strategie Nachhaltige Entwicklung: Leitlinien und Aktionsplan 2008–2011: Bericht vom 16. April 2008, Bern

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBI 2009 6585.

Bussmann W., Klöti U., Knoepfel P. 1997: Einführung in die Politikevaluation. Basel und Frankfurt am Main.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1961: Erster Bericht zuhanden des Bundesrates vom 20. Juni 1961, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1967: Zweiter Bericht zuhanden des Eidgenössischen Departementes des Innern vom 11. Dezember 1967, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1989: Ozon in der Schweiz. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 101, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1991: Ausmass und gesundheitliche Auswirkungen von Episoden erhöhter Stickstoffdioxid-Immissionen in der Schweiz. Stellungnahme der EKL, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1993: Ozon in der Schweiz 1993: Stellungnahme der EKL, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1994: Krebsrisiko von Diesel- und Benzinmotorabgasen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 222, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1996: Schwebestaub. Messung und gesundheitliche Bewertung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 270, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2003: Benzol in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 350, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Sommersmog in der Schweiz, Stellungnahme der EKL. Bern. www.ekl.admin.ch/ → Publikationen.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. Status-Bericht. Schriftenreihe Umwelt Nr. 384, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2008: Feinstaub in der Schweiz. Status-Bericht, Bern.

Mauch C., Balthasar A. 2005: Machbarkeitsstudie «Evaluation der bisherigen Umweltpolitik» – Schlussbericht. Umwelt-Materialien Nr. 202, Bern.

Novatlantis: Vgl. www.novatlantis.ch > Was ist Novatlantis? > Was macht Novatlantis für die jährlichen Activity Reports.

Ott W., Schaub C. 2009: Wohlfahrtsbezogene Umweltindikatoren. Eine Machbarkeitsstudie zur statistischen Fundierung der Ressourcenpolitik. Umwelt-Wissen Nr. 0913, Bern.

UVEK 2006: Aktionsplan gegen Feinstaub, abrufbar von www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=5681

Waeber Roger, Wanner Hans-Urs 1997: Luftqualität in Innenräumen. Aussenluftverunreinigung, Quellen in Innenräumen, Gesundheit, Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 287, Bern.

Zu Teil 2.1 – Wie die Schadstoffbelastung der Luft entsteht

BAFU: Internetseite, www.bafu.admin.ch/luft

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1989: Ozon in der Schweiz, Status-Bericht. Schriftenreihe Umweltschutz 101, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2003: Benzol in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt 350, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz, Status-Bericht, Schriftenreihe Umwelt 384, Bern.

Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene EKL 2007: Feinstaub in der Schweiz, Status-Bericht, Bern.

Zu Teil 2.2.1 – Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

Bayer-Oglesby L., Grize L., Gassner M., Takken-Sahli K., Sennhauser F.H., Neu U., Schindler C., Braun-Fahrlander C. 2005: Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children. *Environ Health Perspect* 113 (11): 1632–1637.

Bayer-Oglesby L., Schindler C., Hazenkamp-von Arx M.E., Braun-Fahrlander C., Keidel D., Rapp R., Künzli N., Braendli O., Burdet L., Sally Liu L.J., Leuenberger P., Ackermann-Liebrich U. 2006: Living near Main Streets and Respiratory Symptoms in Adults. *Am J Epidemiol* 164 (12): 1190–1198.

Bundesamt für Raumentwicklung ARE und Bundesamt für Umwelt BAFU 2008: Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz. Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten, www.are.admin.ch

Downs S.H., Schindler C. Liu S.L. J., Keidel D., Bayer-Oglesby L., Brutsche M.H., Gerbase M.W., Keller R., Künzli N., Leuenberger P., Probst-Hensch N.M., Tschopp J.M., Zellweger J.P., Rochat T., Schwartz J., Ackermann-Liebrich U. and the SAPALDIA Team 2007: Reduced exposure to PM10 and attenuated age-related decline in lung function. *N Engl J Med* 357 (23): 2338–2347.

Hoffmann B., Moebus S., Möhlenkamp S., Stang A., Lehmann N., Dragano N., Schmermund A., Memmesheimer M., Mann K., Erbel R., Jöckel K.H. 2007: Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. *Circulation* 116: 489–496.

Künzli N., Bridevaux P.O., Liu S., Garcia-Esteban R., Schindler C., Gerbase M., Sunyer J., Keidel D., Rochat T. 2009: Traffic-related air pollution correlates with adult-onset asthma among never-smokers. *Thorax* doi:10.1136/thx.2008.110031.

Künzli N., Jerrett M., Garcia-Esteban R., Basagaña X., Beckermann B., Gilliland F., Medina M., Peters J., Hodis H.N., Mack W.J.: Ambient air pollution and the progression of atherosclerosis in adults. *PLoS One*. 2010 Feb 8;5(2):e9096.

Schindler C., Keidel D., Gerbase M.W., Zemp E., Bettschart R., Brändli O., Brutsche M.H., Burdet L., Karrer W., Knöpfli B., Pons M., Rapp R., Bayer-Oglesby L., Künzli N., Schwartz J., Liu L.J., Ackermann-Liebrich U., Rochat T., SAPALDIA Team: Improvements in PM10 exposure and reduced rates of respiratory symptoms in a cohort of Swiss adults (SAPALDIA). *Am J Respir Crit Care Med*. 2009 Apr 1;179(7):579–87.

Zu Teil 2.2.2 – Auswirkungen auf die Vegetation

Bassin S., Volk M., Suter M., Buchmann N., Fuhrer J. 2007: Nitrogen deposition but not ozone affects productivity and community composition of subalpine grassland after 3 yr of treatment. *New Phytologist* 175, 523–534

Braun S., Schindler C., Volz R., Flückiger W. 2003: Forest damage by the storm «Lothar» in permanent observation plots in Switzerland: the significance of soil acidification and nitrogen deposition. *Water Air and Soil Pollution* 142, 327–340.

Cape J.N., van der Eerden L.J., Sheppard L.J., Leith I.D. & Sutton M.A. 2009: Evidence for changing the critical level for ammonia. *Environmental Pollution* 157, 1033–1037.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz, Status-Bericht, Schriftenreihe Umwelt 384, Bern.

Flückiger W., Braun S. 2009: Wie geht es unserem Wald? Bericht 3., Schönenbuch (Institut für Angewandte Pflanzenbiologie).

Hayes F., Mills G., Harmens H., Norris D. 2007: Evidence of Widespread Ozone Damage to Vegetation in Europe (1990–2006). Programme Coordination Centre for the ICP Vegetation Report (<http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications>).

IAP 2009: Auswirkung erhöhter Stickstoffbelastung auf die Stabilität des Waldes. Synthesebericht. Schönenbuch (Institute for Applied Plant Biology).

Karlsson P.E., Uddling J., Braun S., Broadmeadow M., Elvira S., Gimeno B., Le Thiec D., Oksanen E.J., Vandermeiren K., Wilkinson M., Emberson L.D. 2004: Dose – response relationships for ozone impact on the biomass accumulation of young trees of different European species based on AOT40 and cumulative leaf uptake of ozone. *Atmospheric Environment* 38, 2283–2294.

Kurz D., Rihm B., Sverdrup H., Warfvinge P. 1998: Critical loads of acidity for forest soils. Bern.

Pearson J., Stewart G.R. 1993: The deposition of atmospheric ammonia and its effects on plants. *New Phytologist* 125, 283–305.

Spiecker H., Mielikäinen R., Köhl M., Skorgsgaard J.P. 1996: Growth Trends in European Forests. New York.

Sutton M.A., Baker S., Reis S. (Hrsg.) 2009: Atmospheric Ammonia: Detecting Emission changes and environmental impacts. Berlin etc.

UNECE 1993: Workshop on Critical Levels for Ozone. Berne, 1.–4. Nov. 1993: Fuhrer J. und Achermann B. 16 1–328.

UNECE 1996: Critical levels for ozone in Europe: testing and finalizing the concepts. UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution.

UNECE 2003: Empirical Critical Loads for Nitrogen. Expert Workshop Berne, 11–13 November 2002, Proceedings. Environmental Documentation 164, Berne.

UNECE 2004: Mapping Critical Levels for Vegetation. International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops, Bangor UK.

Zu Teil 2.2.3 – Auswirkungen auf Tiere

Bovay E., Zuber R. 1974: Die in der Umgebung eines Aluminiumwerkes festgestellte Fluorakkumulation in Knochen und Harn von Milchkühen, im betriebseigenen Futter sowie in Boden und Luft. *Schweiz. Landw. Forschung* 13, 1/2, 181–193.

Kim K.Y., Ko H.J., Kim H.T., Kim C.N., Byeon S.H. 2008: Association between pig activity and environmental factors in pig confinement buildings. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 5, 680–686.

Zu Teil 2.3 – Entwicklung der Luftbelastung in den letzten 25 Jahren

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz, Status-Bericht, Schriftenreihe Umwelt 384, Bern.

Empa 2010: Technischer Bericht zum Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL). CD-ROM, Bezug: Empa Dübendorf.

NABEL-Jahresberichte: www.bafu.admin.ch/luft/00649/01960/index.html?lang=de

www.umwelt-schweiz.ch/luft → Luftbelastung: NABEL-Daten als aktuelle Werte sowie Entwicklung der Schadstoffbelastung seit 1988; Angaben zum Messnetz und zu den einzelnen Stationen; Dossiers zu bestimmten Schadstoffen, Emissionsquellen und Emissionsbegrenzungsmassnahmen; PDF-Dateien diverser Publikationen.

Zu Teil 2.4 – Wie das USG gegen Luftverunreinigungen vorgeht

Brunner U. 2000: Rechtsgutachten [zuhanden des BUWAL] betreffend Grundlagen für die Anordnung verschärfter Emissionsbegrenzungen bei kanzerogenen Luftschadstoffen, Zürich.
www.ekl.admin.ch/de/dokumentation → Publikationen.

Bundesgerichtsurteil 1C_108/2008 vom 3. März 2009 [stellt auch den Entscheid der Vorinstanz, des Bundesverwaltungsgerichts dar].

Bundesrat 1986: Luftreinhalte-Konzept, Bericht vom 10. September 1986, BBI 1986 III 269.

BUWAL 1992: Die Bedeutung der Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 180, Bern.

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBI 2009 6585.

Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates 1994: die Kohärenz staatlicher Aktivitäten – Das Beispiel des Vollzugs der Luftreinhaltepolitik, Inspektionsbericht, BBI 1994 V 835, zusammengefasst in URP 1994 525–532.

Griffel A. 2007: Kleiner Versuch einer umweltrechtlichen Standortbestimmung (2. Teil), URP 2007 771–782.

Kantonale Umweltschutzämter GR, TI, UR und OSTLUFT 2006: Umleitung Gotthard 2006 – Auswirkung der Verkehrsverlagerung auf die Luftbelastung entlang den Alpentransitachsen A2 und A3/A13, Chur / Altdorf / Bellinzona / Zürich.

Martenet V. 2007: Un droit fondamental à un air sain? URP 2007 922–950.

Rausch H., Griffel A., Marti A. 2005: Umweltrecht – Ein Lehrbuch, hrsg. von Walter Haller, Zürich.

Wullschlegler S. 1999: Gesetzgebungsaufträge – Normativer Gehalt und Möglichkeiten richterlicher Intervention. Basel / Genf / München.

Zu Teil 3.1 – Wirkungsorientierte Immissionsgrenzwerte

BUWAL 1992: Die Bedeutung der Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 180, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1989: Ozon in der Schweiz, Status-Bericht. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 101, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1991: Ausmass und gesundheitliche Auswirkungen von Episoden erhöhter Stickstoffdioxid-Immissionen in der Schweiz. Stellungnahme der EKL, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1993: Ozon in der Schweiz 1993, Stellungnahme der EKL. Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1994: Krebsrisiko von Diesel- und Benzinmotorabgasen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 222, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1996: Schwebestaub. Messung und gesundheitliche Bewertung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 270, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2003: Benzol in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 350, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Sommersmog in der Schweiz, Stellungnahme der EKL. Bern. www.ekl.admin.ch/ → Publikationen.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz. Status-Bericht. Schriftenreihe Umwelt Nr. 384, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2007: Feinstaub in der Schweiz. Status-Bericht, Bern.

EU 2005: Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Thematische Strategie zur Luftreinhaltung (Clean Air for Europe CAFE). KOM 2005 446 endgültig. Brüssel 21.9.2005.

EU 2008: Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft in Europa. Amtsblatt der Europäischen Union 11.6.2008.

Künzler P. 2005: Weiterentwicklung des Luftreinhalte-Konzepts – Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 379, Bern.

US-EPA 2006: U.S. Environmental Protection Agency, Air and Radiation Office, National Ambient Air Quality Standards (NAAQS).

WHO 2006: WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide – Global Update 2005: WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO (2006a): Health Risks of Particulate Matter from Long-Range Transboundary Air Pollution. WHO, European Centre for Environment and Health, publiziert vom WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO 2008: Health Risks of Ozone from Long-Range Transboundary Air Pollution. WHO, European Centre for Environment and Health, publiziert vom WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

Zu Teil 3.2 – Konsequente technische Emissionsreduktion

BAFU 2007: Flüchtige organische Verbindungen (VOC): Anthropogene VOC-Emissionen Schweiz 1998, 2001 und 2004, www.bafu.admin.ch/luft/ → Publikationen.

Brunner A. 2008: Möglichkeiten der Nutzbarmachung von technischen Normen in Rechtssätzen und Vollzugshilfen – Rechtsgutachten erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, www.bafu.admin.ch/recht/ → Rechtsgutachten.

Bundesrat 1999: Bericht vom 23. Juni 1999 über die lufthygienischen Massnahmen des Bundes und der Kantone (99.077), BBI 1999 7735.

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBI 2009 6585.

BUWAL 2003: VOC-Immissionsmessungen in der Schweiz 1991–2001, www.bafu.admin.ch/luft/ → Publikationen.

Cottier T., Schneller L. 2007: Partikel-Emissionsbegrenzung bei Baumaschinen, Handlungsspielräume im Rahmen des schweizerischen Aussenwirtschaftsrechts – Rechtsgutachten im Auftrag des BAFU, www.bafu.admin.ch/recht/ → Rechtsgutachten.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2010: Dokumentation zum Kolloquium «Erfolgreiche Luftreinhalte-Politik in ausgewählten Ländern» vom 3. Februar 2009 in Bern mit Prof. Miranda Schreurs, Forschungsstelle für Umweltpolitik, Freie Universität Berlin. Interne Dokumentation EKL

Hauser A. 2009: Diffuse VOC-Emissionen: Zum Zusammenspiel von Lenkungsabgabe, Vorschriften und Vollzug, Umweltrecht in der Praxis 2009 553–562.

Künzler P. 2005: Weiterentwicklung des Luftreinhalte-Konzepts – Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 379, Bern.

Schultze H., Wrage B. 2009: Erfassung diffuser VOC-Emissionen. Stand der Technik bei ausgewählten Prozessen, Vollzugshilfe zur Beurteilung des Erfassungsgrades. Umwelt-Vollzug 916, Bern.

UNECE 2007: Guidance Document on Control Techniques for Preventing and Abating Emissions of Ammonia, revised version (ECE/EB.AIR/WG.5/2007/13), www.unece.org/env/documents/2007/

Zu Teil 4.1 – Handlungsbedarf an Schlüsselgrössen ausrichten

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBI 2009 6585.

BAFU 2010: Schweizerisches Emissionsinventar für Luftschadstoffe und Treibhausgase EMIS. Luftschadstoffe: www.ceip.at/submissions-under-clrtap/2010-submissions/ Treibhausgase: www.bafu.admin.ch/climatereporting/00545/index.html?lang=en

BUWAL 2004: Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs 1980–2030. Schriftenreihe Umwelt Nr. 355, Aktualisierung 2010 in Vorbereitung

Künzler P. 2005: Weiterentwicklung des Luftreinhalte-Konzepts – Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 379, Bern.

www.agrammon.ch/ (Betriebliche Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft).

www.bafu.admin.ch/luft/ → Schadstoffquellen.

Zu Teil 4.2 – Erfolgreiches weiterführen, ausbauen und optimieren

BAFU 2007: Flüchtige organische Verbindungen (VOC): Anthropogene VOC-Emissionen Schweiz 1998, 2001 und 2004, www.bafu.admin.ch/luft/ → Publikationen.

Brunner A. 2008: Möglichkeiten der Nutzbarmachung von technischen Normen in Rechtssätzen und Vollzugshilfen – Rechtsgutachten erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, www.bafu.admin.ch/recht/ → Rechtsgutachten.

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBI 2009 6585.

Bundesrat 2010: Bericht über die Wirkung der Umwelttechnologieförderung gemäss Art. 49 Absatz 3 des Umweltschutzgesetzes für die Jahre 2002–2006, BBI 2010 1325.

BUWAL 2003: VOC-Immissionsmessungen in der Schweiz 1991–2001, www.bafu.admin.ch/luft/ → Publikationen zur Luftbelastung.

BUWAL/WSL 2005: Waldbericht 2005 – Zahlen und Fakten zum Zustand des Schweizer Waldes. Bern/Birmensdorf.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2010: Dokumentation zum Kolloquium «Erfolgreiche Luftreinhalte-Politik in ausgewählten Ländern» vom 3. Februar 2009 in Bern mit Prof. Miranda Schreurs, Forschungsstelle für Umweltpolitik, Freie Universität Berlin. Interne Dokumentation EKL

Finanzdirektion des Kantons Bern 1998: Handbuch zur Erfolgskontrolle von Staatsbeiträgen des Kantons Bern.

Hauser A., 2009: Diffuse VOC-Emissionen: Zum Zusammenspiel von Lenkungsabgabe, Vorschriften und Vollzug, Umweltrecht in der Praxis 2009 553–562.

Jänicke M., Kunig Ph., Stitzel M. 2003: Umweltpolitik – Lern- und Arbeitsbuch. Politik, Recht und Management des Umweltschutzes, 2. Auflage, Bonn.

Jänicke M., Weidner H. 1995: Successful Environmental Policy – A Critical Evaluation of 24 Cases, Berlin.

Kaufmann-Hayoz R. et al. 2001: A Typology of Tools for Building Sustainability Strategies, in: Kaufmann-Hayoz R., Gutscher H. (editors), Changing Things – Moving People, Basel / Boston / Berlin.

Künzler P. 2005: Weiterentwicklung des Luftreinhalte-Konzepts – Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 379, Bern.

Mauch C., Balthasar A. 2005: Machbarkeitsstudie «Evaluation der bisherigen Umweltpolitik» – Schlussbericht. Umwelt-Materialien Nr. 202, Bern.

Ostrom Elinor 1990: Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action, Cambridge UK 1990.

Schweizerische Bau-, Planungs- und Umweltdirektorenkonferenz (BPUK) 2007: Informations- und Interventionskonzept bei ausserordentlich hoher Luftbelastung vom 18. Oktober 2007 / 12. Februar 2008.

UVEK 2006: Aktionsplan gegen Feinstaub, abrufbar von www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=5681

Zu Teil 4.3.1 – Luftreinhaltung in der Landwirtschaft

BAFU / BLW 2008: Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0820, Bern.

Bundespräsident Leuenberger 2006: Schaffung von günstigen Rahmenbedingungen zur Minderung der Ammoniak-Emissionen beim Umgang mit Hofdüngern im Rahmen der kantonalen Massnahmenpläne Luftreinhaltung, Brief vom 7. Juli 2006 an die Kantone Zürich, beider Basel und der Ostschweiz. Bern.

Bundesrat 2003: Bericht über die Reduktion der Umweltrisiken von Düngern und Pflanzenschutzmitteln vom 21. Mai 2003 (94.3005).

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBI 2009 6585.

Bundesrat (2009a): Bericht über die Reduktion von Einwirkungen von Düngerüberschüssen und Pflanzenschutzmitteln auf die Umwelt (Bericht in Erfüllung des Postulates UREK-SR 03.3590) vom 13. März 2009, abrufbar von www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/15167.pdf

Bundesrat (2009b): Weiterentwicklung des Direktzahlungssystems, Bericht vom 6. Mai 2009 in Erfüllung der Motion der Kommission für Wirtschaft und Abgaben des Ständerates vom 10. November 2006 (06.3635), BBl 2009.

Konferenz der Landwirtschaftsämter der Schweiz KOLAS 2006: Empfehlungen zur Reduktion der Ammoniakverluste in der Landwirtschaft, Bericht vom 28. Juni 2006.

UNECE 2007: Internationaler Leitfaden über Techniken zur Vermeidung und Verringerung von Ammoniakemissionen vom 16. Juli 2007 (ECE/EB.AIR/WG.5/2007/13; Original: englisch)

Zu Teil 4.3.2 – Luftreinhaltung und Energie- sowie Klimapolitik

Dones R., Bauer C., Bolliger R., Burger B., Faist Emmenegger M., Frischknecht R., Heck T., Jungbluth N., Röder A. 2007: Life Cycle Inventories of Energy Systems – Results for Current Systems in Switzerland and other UCTE Countries. Final report ecoinvent data v2.0, No. 5. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.

ecoinvent Zentrums: Datenbank (www.ecoinvent.ch)

Swedish Environmental Protection Agency 2009: Air Pollution and Climate Change – Two sides of the same coin? Ed. h. Pleijel, www.naturvardsverket.se/sv/Nedre-meny/Webbokhandeln/ISBN/1200/978-91-620-1278-6/

Zu Teil 4.3.3 – Luftreinhaltung und Verkehrspolitik

ASTRA 2009: PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART); erhältlich unter: <http://partnershop.vss.ch>, Berichtsnummer 1268.

Gehrig R., Hill M., Lienemann P., Zwicky C.N., Bukowiecki N., Weingartner E., Baltensperger U., Buchmann B. 2007: Contribution of railway traffic to local PM10 concentrations in Switzerland. Atmospheric Environment 41(5): 923–933.

Künzler P. 2005: Weiterentwicklung des Luftreinhalte-Konzepts – Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 379, Bern.

Low Emission Zones: www.lowemissionzones.eu/.

Zu Teil 4.3.4 – Luftreinhaltung und Infrastruktur- sowie Raumordnungspolitik

ARE 2007: Weisung über Prüfung und Mitfinanzierung der Agglomerationsprogramme. www.are.admin.ch/themen → Agglomeration.

ARE 2008: Prüfung der Agglomerationsprogramme, Dezember 2008: Bern.

ARE 2008: Strategie Nachhaltige Entwicklung ARE. Leitlinien und Aktionsplan 2008–2011; Technischer Teil Massnahmenblätter; www.are.admin.ch → Publikationen Nachhaltige Entwicklung.

ASTRA 2007: Der Langsamverkehr in den Agglomerationsprogrammen, Arbeitshilfe. Materialien Langsamverkehr Nr. 112, Bern.

ASTRA 2008: Anpassung Bundesbeschluss über das Nationalstrassengesetz; Bericht für die Vernehmlassung (www.admin.ch/dokumentation/gesetz/ → Vernehmlassungen).

ASTRA/Velokonferenz Schweiz 2008: Veloparkierung, Empfehlungen zu Planung, Realisierung und Betrieb – Handbuch Vollzugshilfe Langsamverkehr Nr. 7, Bern.

BAFU 2007a: Zahlungsbereitschaft für eine verbesserte Umweltqualität am Wohnort; Schätzungen für die Städte Zürich und Lugano für die Bereiche Luftverschmutzung, Lärmbelastung und Elektrosmog von Mobilfunkantennen, Umwelt-Wissen 17/07, Bern.

BUWAL 2002: Wegleitung für Strassenplanung und Strassenbau in Gebieten mit übermässiger Luftbelastung, Vollzug Umwelt. Revidierte Neuauflage auf 2010 in Vorbereitung.

Infras 2007: PM10-Emissionen Verkehr; Teil Schienenverkehr, Schlussbericht zuhanden des BAFU. Bern; www.bafu.admin.ch/luft → Schadstoffquellen, Verkehr.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS 1995: Leichter Zweiradverkehr – Grundlagen (SN 640060). Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS 1999: Entwurf des Strassenraumes – Vorgehen für die Entwicklung von Gestaltungs- und Betriebskonzepten (SN 640210). Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS 2009: Fussgängerkehr – Grundnorm (SN 640070). Zürich.

Zu Teil 4.3.5 – Luftreinhaltung und Lärmschutz

BAFU 2009: Lärmbelastung in der Schweiz. Bern. www.bafu.admin.ch/publikationen → Lärm.

BAFU 2009a: Umweltmonitoring MFM-U. Jahresbericht 2008 der Luft- und Lärmessungen. Bern. www.bafu.admin.ch → Publikationen.

Zu Teil 4.3.6 – Luftreinhaltung und Finanz-sowie Steuerpolitik

ARE / BAFU 2008: Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz. Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten. Schlussbericht, Bern.

Frey R.L. 2007: Grundzüge eines ressourcenoptimalen Steuersystems für die Schweiz. Gutachten zuhanden des Bundesamtes für Umwelt BAFU, Umwelt-Wissen 10/08, Bern www.bafu.admin.ch/publikationen → Wirtschaft.

Minsch J., Eberle A., Meier B., Schneidewind U. 1996: Mut zum ökologischen Umbau– Innovationsstrategien für Unternehmen, Politik und Akteurnetzwerke, Basel, Boston, Berlin.

Ott W., Baur M., Iten R., Vettori A. 2005: Konsequente Umsetzung des Verursacherprinzips, Umwelt-Materialien Nr. 201, Bern. www.bafu.admin.ch/publikationen → Wirtschaft.

Projektgruppe Stickstoffhaushalt Schweiz 1996: Strategie zur Reduktion von Stickstoffemissionen, Schriftenreihe Umwelt Nr. 273, Bern.

Pusch Praktischer Umweltschutz Schweiz 2010: Von der Finanzkrise zur grünen Marktwirtschaft, Thema Umwelt 1/2010: Zürich.

Studer Heiner 2006: Motion 06.3190 n (Nationalrat). Ökologische Steuerreform.

Umweltbundesamt 2008: Umweltschädliche Subventionen in Deutschland, Dessau-Rosslau.

7.2 Alphabetisch

Ammann L. 2000: Historisches Screening institutioneller Regime der Ressource Luft (1870–2000), Arbeitspapier IDHEAP, Lausanne.

ARE 2007: Prüfung der Agglomerationsprogramme, Dezember 2008: Bern.

ARE 2008: Strategie Nachhaltige Entwicklung ARE. Leitlinien und Aktionsplan 2008–2011; Technischer Teil Massnahmenblätter; www.are.admin.ch → Publikationen Nachhaltige Entwicklung.

ARE 2010: Weisung über Prüfung und Mitfinanzierung der Agglomerationsprogramme. www.are.admin.ch/themen → Agglomeration.

ARE / BAFU 2008: Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz. Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten. Schlussbericht, Bern.

ASTRA 2007: Der Langsamverkehr in den Agglomerationsprogrammen, Arbeitshilfe. Materialien Langsamverkehr Nr. 112, Bern.

ASTRA 2008: Anpassung Bundesbeschluss über das Nationalstrassengesetz; Bericht für die Vernehmlassung (www.admin.ch/dokumentation/gesetz/ → Vernehmlassungen).

ASTRA / Velokonferenz Schweiz 2008: Veloparkierung, Empfehlungen zu Planung, Realisierung und Betrieb – Handbuch Vollzugshilfe Langsamverkehr Nr. 7, Bern.

BAFU: Internetseite, www.bafu.admin.ch/luft/

BAFU 2007: Flüchtige organische Verbindungen (VOC): Anthropogene VOC-Emissionen Schweiz 1998, 2001 und 2004, www.bafu.admin.ch/luft/ → Publikationen.

BAFU 2007a: Zahlungsbereitschaft für eine verbesserte Umweltqualität am Wohnort; Schätzungen für die Städte Zürich und Lugano für die Bereiche Luftverschmutzung, Lärmbelastung und Elektrosmog von Mobilfunkantennen, Umwelt-Wissen 17/07, Bern.

BAFU 2008: Die Umweltpolitik des Bundes – Grundsätze für die Umsetzung und die Weiterentwicklung, 23. Mai 2008, verfügbar auf www.bafu.admin.ch/org/ziele/index.html?lang=de.

BAFU 2009: Lärmbelastung in der Schweiz. Bern. www.bafu.admin.ch/publikationen → Lärm.

BAFU 2009a: Umweltmonitoring MFM-U. Jahresbericht 2008 der Luft- und Lärmmessungen. Bern. www.bafu.admin.ch → Publikationen.

BAFU 2010: Schweizerisches Emissionsinventar für Luftschadstoffe und Treibhausgase EMIS.

Luftschadstoffe: www.ceip.at/submissions-under-clrtap/2010-submissions/

Treibhausgase: www.bafu.admin.ch/climate-reporting/00545/index.html?lang=en

BAFU / BFS 2009: Umwelt Schweiz 2009, Bern.

BAFU / BLW 2008: Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0820, Bern.

Bassin S., Volk M., Suter M., Buchmann N., Fuhrer J. 2007: Nitrogen deposition but not ozone affects productivity and community composition of subalpine grassland after 3 yr of treatment. *New Phytologist* 175, 523–534

Bayer-Oglesby L., Grize L., Gassner M., Takken-Sahli K., Sennhauser F.H., Neu U., Schindler C., Braun-Fahrlander C. 2005: Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children. *Environ Health Perspect* 113 (11): 1632–1637.

Bayer-Oglesby L., Schindler C., Hazenkamp-von Arx M.E., Braun-Fahrlander C., Keidel D., Rapp R., Künzli N., Braendli O., Burdet L., Sally Liu L.J., Leuenberger P., Ackermann-Liebrich U. 2006: Living near Main Streets and Respiratory Symptoms in Adults. *Am J Epidemiol* 164 (12): 1190–1198.

Bovay E., Zuber R. 1974: Die in der Umgebung eines Aluminiumwerkes festgestellte Fluorakkumulation in Knochen und Harn von Milchkühen, im betriebseigenen Futter sowie in Boden und Luft. *Schweiz. Landw. Forschung* 13, 1/2, 181–193.

Braun S., Schindler C., Volz R., Flückiger W. 2003: Forest damage by the storm «Lothar» in permanent observation plots in Switzerland: the significance of soil acidification and nitrogen deposition. *Water Air and Soil Pollution* 142, 327–340.

Brunner A. 2008: Möglichkeiten der Nutzbarmachung von technischen Normen in Rechtssätzen und Vollzugshilfen – Rechtsgutachten erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, www.bafu.admin.ch/recht/ → Rechtsgutachten.

Brunner U. 2000: Rechtsgutachten [zuhanden des BUWAL] betreffend Grundlagen für die Anordnung verschärfter Emissionsbegrenzungen bei kanzerogenen Luftschadstoffen, Zürich. www.ekl.admin.ch/de/dokumentation → Publikationen.

Bundesamt für Statistik (BFS) 2001: Bodennutzung im Wandel – Arealstatistik Schweiz. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (BFS) 2005: Mobilität in der Schweiz – Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (BFS): www.bfs.admin.ch/ → Themen.

Bundesgerichtsurteil 1C_108/2008 vom 3. März 2009 [stellt auch den Entscheid der Vorinstanz, des Bundesverwaltungsgerichts dar].

Bundespräsident Leuenberger 2006: Schaffung von günstigen Rahmenbedingungen zur Minderung der Ammoniak-Emissionen beim Umgang mit Hofdüngern im Rahmen der kantonalen Massnahmenpläne Luftreinhaltung, Brief vom 7. Juli 2006 an die Kantone Zürich, beider Basel und der Ostschweiz. Bern.

Bundesrat 1986: Verfügung über die Einsetzung der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene vom 2. Juli 1986.

Bundesrat 1986: Luftreinhalte-Konzept, Bericht vom 10. September 1986, BBl 1986 III 269.

Bundesrat 1999: Bericht vom 23. Juni 1999 über die lufthygienischen Massnahmen des Bundes und der Kantone (99.077), BBl 1999 7735.

Bundesrat 2003: Bericht über die Reduktion der Umweltrisiken von Düngern und Pflanzenschutzmitteln vom 21. Mai 2003 (94.3005).

Bundesrat 2008: Strategie Nachhaltige Entwicklung: Leitlinien und Aktionsplan 2008–2011: Bericht vom 16. April 2008: Bern

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBl 2009 6585.

Bundesrat (2009a): Bericht über die Reduktion von Einwirkungen von Düngerüberschüssen und Pflanzenschutzmitteln auf die Umwelt (Bericht in Erfüllung des Postulates UREK-SR 03.3590) vom 13. März 2009, abrufbar von www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/15167.pdf.

Bundesrat (2009b): Weiterentwicklung des Direktzahlungssystems, Bericht vom 6. Mai 2009 in Erfüllung der Motion der Kommission für Wirtschaft und Abgaben des Ständerates vom 10. November 2006 (06.3635), BBl 2009.

Bundesrat 2010: Bericht über die Wirkung der Umwelttechnologieförderung gemäss Art. 49 Absatz 3 des Umweltschutzgesetzes für die Jahre 2002–2006, BBl 2010 1325.

Bussmann W., Klöti U., Knoepfel P. 1997: Einführung in die Politikevaluation. Basel und Frankfurt am Main.

BUWAL 1992: Die Bedeutung der Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 180, Bern.

BUWAL 2002: Wegleitung für Strassenplanung und Strassenbau in Gebieten mit übermässiger Luftbelastung, Vollzug Umwelt. Revidierte Neuauflage auf 2010 in Vorbereitung.

BUWAL 2002: Ammoniak (NH₃)-Minderung bei der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Mitteilungen zur LRV Nr. 13. Bern. www.bafu.admin.ch/luft → Publikationen Luft.

BUWAL 2003: VOC-Immissionsmessungen in der Schweiz 1991–2001, www.bafu.admin.ch/luft → Publikationen zur Luftbelastung.

BUWAL 2004: Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs 1980–2030. Schriftenreihe Umwelt Nr. 355, Aktualisierung 2010 in Vorbereitung

BUWAL/WSL 2005: Waldbericht 2005 – Zahlen und Fakten zum Zustand des Schweizer Waldes. Bern/Birmensdorf.

Cape J.N., van der Eerden L.J., Sheppard L.J., Leith I.D. & Sutton M.A. 2009: Evidence for changing the critical level for ammonia. *Environmental Pollution* 157, 1033–1037.

Cottier T., Schneller L. 2007: Partikel-Emissionsbegrenzung bei Baumaschinen, Handlungsspielräume im Rahmen des schweizerischen Aussenwirtschaftsrechts – Rechtsgutachten im Auftrag des BAFU, www.bafu.admin.ch/recht/ → Rechtsgutachten.

Downs S.H., Schindler C. Liu S.L. J., Keidel D., Bayer-Oglesby L., Brutsche M.H., Gerbase M.W., Keller R., Künzli N., Leuenberger P., Probst-Hensch N.M., Tschopp J.M., Zellweger J.P., Rochat T., Schwartz J., Ackermann-Liebrich U. and the SAPALDIA Team 2007: Reduced exposure to PM₁₀ and attenuated age-related decline in lung function. *N Engl J Med* 357 (23): 2338–2347.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1961: Erster Bericht zuhanden des Bundesrates vom 20. Juni 1961, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1967: Zweiter Bericht zuhanden des Eidgenössischen Departementes des Innern vom 11. Dezember 1967, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1989: Ozon in der Schweiz, Status-Bericht. Schriftenreihe Umweltschutz 101, Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1991: Ausmass und gesundheitliche Auswirkungen von Episoden erhöhter Stickstoffdioxid-Immissionen in der Schweiz, Stellungnahme der EKL. Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1993: Ozon in der Schweiz 1993, Stellungnahme der EKL. Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1994: Krebsrisiko von Diesel- und Benzinmotorabgasen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 222, Bern.

- Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1996: Schwebestaub. Messung und gesundheitliche Bewertung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 270, Bern.
- Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2003: Benzol in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 350, Bern.
- Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Sommersmog in der Schweiz, Stellungnahme der EKL. Bern. www.ekl.admin.ch/ → Publikationen.
- Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2005: Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz, Status-Bericht. Schriftenreihe Umwelt Nr. 384, Bern.
- Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene EKL 2007: Feinstaub in der Schweiz, Status-Bericht. Bern.
- Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2010: Dokumentation zum Kolloquium «Erfolgreiche Luftreinhalte-Politik in ausgewählten Ländern» vom 3. Februar 2009 in Bern mit Prof. Miranda Schreurs, Forschungsstelle für Umweltpolitik, Freie Universität Berlin. Interne Dokumentation EKL
- Empa 2010: Technischer Bericht zum Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL). CD-ROM, Bezug: Empa Dübendorf.
- EU 2005: Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Thematische Strategie zur Luftreinhaltung (Clean Air for Europe CAFE). KOM2005 446 endgültig. Brüssel 21.9.2005.
- EU 2008: Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft in Europa. Amtsblatt der Europäischen Union 11.6.2008.
- Finanzdirektion des Kantons Bern 1998: Handbuch zur Erfolgskontrolle von Staatsbeiträgen des Kantons Bern.
- Flückiger W., Braun S. 2009: Wie geht es unserem Wald? Bericht 3., Schönenbuch (Institut für Angewandte Pflanzenbiologie).
- Frey R.L. 2007: Grundzüge eines ressourcenoptimalen Steuersystems für die Schweiz. Gutachten zuhanden des Bundesamtes für Umwelt BAFU, Umwelt-Wissen 10/08, Bern www.bafu.admin.ch/publikationen → Wirtschaft.
- Gehrig R., Hill M., Lienemann P., Zwicky C.N., Bukowiecki N., Weingartner E., Baltensperger U., Buchmann B. 2007: Contribution of railway traffic to local PM10 concentrations in Switzerland. Atmospheric Environment 41(5): 923–933.
- Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates 1994: die Kohärenz staatlicher Aktivitäten – Das Beispiel des Vollzugs der Luftreinhaltungspolitik, Inspektionsbericht, BBl 1994 V 835, zusammengefasst in URP 1994 525–532.
- Griffel A. 2007: Kleiner Versuch einer umweltrechtlichen Standortbestimmung (2. Teil), URP 2007 771–782.
- Hauser A., 2009: Diffuse VOC-Emissionen: Zum Zusammenspiel von Lenkungsabgabe, Vorschriften und Vollzug, Umweltrecht in der Praxis 2009 553–562.
- Hayes F., Mills G., Harmens H., Norris D. 2007: Evidence of Widespread Ozone Damage to Vegetation in Europe (1990–2006). Programme Coordination Centre for the ICP Vegetation Report (<http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications>)
- Hoffmann B., Moebus S., Möhlenkamp S., Stang A., Lehmann N., Dragano N., Schmermund A., Memmesheimer M., Mann K., Erbel R., Jöckel K.H. 2007: Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. Circulation 116: 489–496.
- IAP 2009: Auswirkung erhöhter Stickstoffbelastung auf die Stabilität des Waldes. Synthesebericht. Schönenbuch (Institute for Applied Plant Biology).
- Infras 2007: PM10-Emissionen Verkehr; Teil Schienenverkehr, Schlussbericht zuhanden des BAFU. Bern; www.bafu.admin.ch/luft → Schadstoffquellen, Verkehr.
- Jänicke M., Kunig Ph., Stitzel M. 2003: Umweltpolitik – Lern- und Arbeitsbuch. Politik, Recht und Management des Umweltschutzes, 2. Auflage, Bonn.
- Jänicke M., Weidner H. 1995: Successful Environmental Policy – A Critical Evaluation of 24 Cases, Berlin.
- Kantonale Umweltschutzämter GR, TI, UR und OSTLUFT 2006: Umleitung Gotthard 2006 – Auswirkung der Verkehrsverlagerung auf die Luftbelastung entlang den Alpentransitachsen A2 und A3/A13, Chur / Altdorf / Bellinzona / Zürich.
- Karlsson P.E., Uddling J., Braun S., Broadmeadow M., Elvira S., Gimeno B., Le Thiec D., Oksanen E.J., Vandermeiren K., Wilkinson M., Emberson L.D. 2004: Dose – response relationships for ozone impact on the

biomass accumulation of young trees of different European species based on AOT40 and cumulative leaf uptake of ozone. *Atmospheric Environment* 38, 2283–2294.

Kaufmann-Hayoz R. et al. 2001: A Typology of Tools for Building Sustainability Strategies, in: Kaufmann-Hayoz R., Gutscher H. (editors), *Changing Things – Moving People*, Basel / Boston / Berlin.

Kim K.Y., Ko H.J., Kim H.T., Kim C.N., Byeon S.H. 2008: Association between pig activity and environmental factors in pig confinement buildings. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 5, 680–686.

Konferenz der Landwirtschaftsämtler der Schweiz KOLAS 2006: Empfehlungen zur Reduktion der Ammoniakverluste in der Landwirtschaft, Bericht vom 28. Juni 2006.

Künzler P. 2005: Weiterentwicklung des Luftreinhaltungs-Konzepts – Stand, Handlungsbedarf, mögliche Massnahmen. *Schriftenreihe Umwelt* Nr. 379, Bern.

Künzli N., Bridevaux P.O., Liu S., Garcia-Esteban R., Schindler C., Gerbase M., Sunyer J., Keidel D., Rochat T. 2009: Traffic-related air pollution correlates with adult-onset asthma among never-smokers. *Thorax* doi:10.1136/thx.2008.110031.

Künzli N., Jerrett M., Garcia-Esteban R., Basagaña X., Beckermann B., Gilliland F., Medina M., Peters J., Hodis H.N., Mack W.J.: Ambient air pollution and the progression of atherosclerosis in adults. *PLoS One*. 2010 Feb 8;5(2):e9096.

Kurz D., Rihm B., Sverdrup H., Warfvinge P. 1998: Critical loads of acidity for forest soils. Bern.

Low Emission Zones: www.lowemissionzones.eu/

Martenet V. 2007: Un droit fondamental à un air sain? *URP* 2007 922–950.

Mauch C., Balthasar A. 2005: Machbarkeitsstudie «Evaluation der bisherigen Umweltpolitik» – Schlussbericht. *Umwelt-Materialien* Nr. 202, Bern.

Minsch J., Eberle A., Meier B., Schneidewind U. 1996: Mut zum ökologischen Umbau– Innovationsstrategien für Unternehmen, Politik und Akteurnetzwerke, Basel, Boston, Berlin.

NABEL-Jahresberichte: www.bafu.admin.ch/luft/00649/01960/index.html?lang=de

Novatlantis: Vgl. www.novatlantis.ch > Was ist Novatlantis? > Was macht Novatlantis für die jährlichen Activity Reports.

Ostrom Elinor 1990: *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge UK 1990.

Ott W., Baur M., Iten R., Vettori A. 2005: Konsequente Umsetzung des Verursacherprinzips, *Umwelt-Materialien* Nr. 201, Bern. www.bafu.admin.ch/publikationen → Wirtschaft.

Ott W., Schaub C. 2009: Wohlfahrtsbezogene Umweltindikatoren. Eine Machbarkeitsstudie zur statistischen Fundierung der Ressourcenpolitik. *Umwelt-Wissen* Nr. 0913, Bern.

Pearson J., Stewart G.R. 1993: The deposition of atmospheric ammonia and its effects on plants. *New Phytologist* 125, 283–305.

Projektgruppe Stickstoffhaushalt Schweiz 1996: Strategie zur Reduktion von Stickstoffemissionen, *Schriftenreihe Umwelt* Nr. 273, Bern.

Pusch Praktischer Umweltschutz Schweiz 2010: Von der Finanzkrise zur grünen Marktwirtschaft, *Thema Umwelt* 1/2010: Zürich.

Rausch H., Griffel A., Marti A. 2005: *Umweltrecht – Ein Lehrbuch*, hrsg. von Walter Haller, Zürich.

Schindler C., Keidel D., Gerbase M.W., Zemp E., Bettschart R., Brändli O., Brutsche M.H., Burdet L., Karrer W., Knöpfli B., Pons M., Rapp R., Bayer-Oglesby L., Künzli N., Schwartz J., Liu L.J., Ackermann-Liebrich U., Rochat T., SAPALDIA Team: Improvements in PM10 exposure and reduced rates of respiratory symptoms in a cohort of Swiss adults (SAPALDIA). *Am J Respir Crit Care Med*. 2009 Apr 1;179(7):579–87.

Schultze H., Wrage B. 2009: Erfassung diffuser VOC-Emissionen. Stand der Technik bei ausgewählten Prozessen, *Vollzugshilfe zur Beurteilung des Erfassungsgrades*. *Umwelt-Vollzug* 916, Bern.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS 1995: *Leichter Zweiradverkehr – Grundlagen* (SN 640060). Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS 1999: *Entwurf des Strassenraumes – Vorgehen für die Entwicklung von Gestaltungs- und Betriebskonzepten* (SN 640210). Zürich.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS 2009: Fussgängerkehr – Grundnorm (SN 640070). Zürich.

Spiecker H., Mielikäinen R., Köhl M., Skorgsgaard J.P. 1996: Growth Trends in European Forests. New York.

Studer Heiner 2006: Motion 06.3190 n (Nationalrat). Ökologische Steuerreform.

Sutton M.A., Baker S., Reis S. (Hrsg.) 2009: Atmospheric Ammonia: Detecting Emission changes and environmental impacts. Berlin etc.

Umweltbundesamt 2008: Umweltschädliche Subventionen in Deutschland, Dessau-Rosslau.

UNECE 1993: Workshop on Critical Levels for Ozone. Berne, 1.–4. Nov. 1993: Fuhrer J. und Achermann B. 16 1–328.

UNECE 1996: Critical levels for ozone in Europe: testing and finalizing the concepts. UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution.

UNECE 2003: Empirical Critical Loads for Nitrogen. Expert Workshop Berne, 11–13 November 2002, Proceedings. Environmental Documentation 164, Berne.

UNECE 2004: Mapping Critical Levels for Vegetation. International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops, Bangor UK.

UNECE 2007: Guidance Document on Control Techniques for Preventing and Abating Emissions of Ammonia, revised version (ECE/EB.AIR/WG.5/2007/13). www.unece.org/env/documents/2007/

UNECE (2007a): Internationaler Leitfaden über Techniken zur Vermeidung und Verringerung von Ammoniakemissionen vom 16. Juli 2007 (ECE/EB.AIR/WG.5/2007/13; Original: englisch)

US-EPA 2006: U.S. Environmental Protection Agency, Air and Radiation Office, National Ambient Air Quality Standards (NAAQS).

UVEK 2006: Aktionsplan gegen Feinstaub, abrufbar von www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=5681

Waeber Roger, Wanner Hans-Urs 1997: Luftqualität in Innenräumen. Aussenluftverunreinigung, Quellen in Innenräumen, Gesundheit, Massnahmen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 287, Bern.

WHO 2006: WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide – Global Update 2005: WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO (2006a): Health Risks of Particulate Matter from Long-Range Transboundary Air Pollution. WHO, European Centre for Environment and Health, publiziert vom WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO 2008: Health Risks of Ozone from Long-Range Transboundary Air Pollution. WHO, European Centre for Environment and Health, publiziert vom WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

Wullschlegler S. 1999: Gesetzgebungsaufträge – Normativer Gehalt und Möglichkeiten richterlicher Intervention. Basel / Genf / München.

www.agrammon.ch/ (Betriebliche Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft)

www.bafu.admin.ch/luft/ → Schadstoffquellen.

www.umwelt-schweiz.ch/luft → Luftbelastung: NABEL-Daten als aktuelle Werte sowie Entwicklung der Schadstoffbelastung seit 1988; Angaben zum Messnetz und zu den einzelnen Stationen; Dossiers zu bestimmten Schadstoffen, Emissionsquellen und Emissionsbegrenzungsmaßnahmen; PDF-Dateien diverser Publikationen.