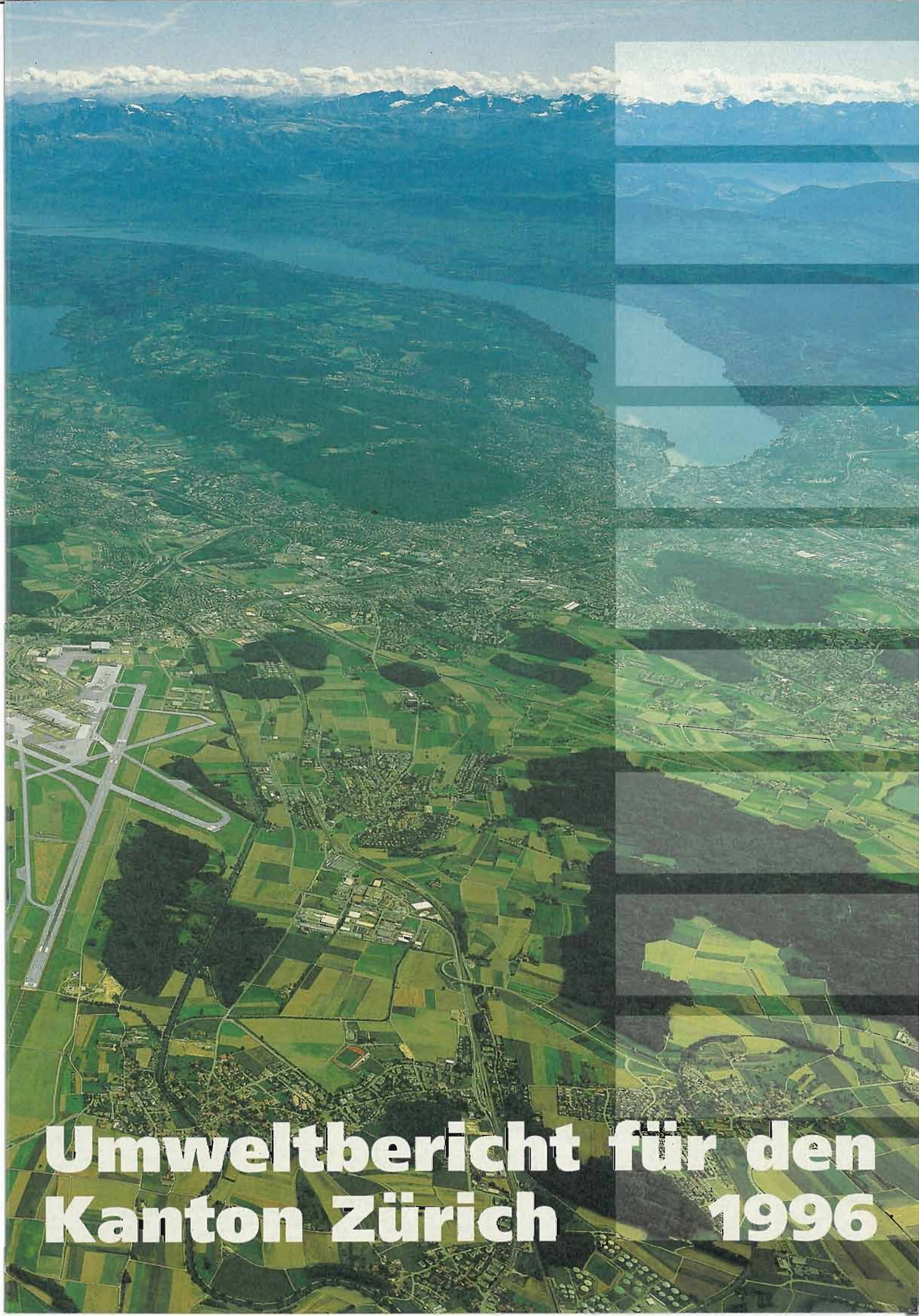


Umweltbericht für den Kanton Zürich 1996

Baudirektion des Kantons Zürich

Umweltbericht für den Kanton Zürich

Herausgegeben
von der Baudirektion
im Auftrag des Regierungsrates
des Kantons Zürich

1996

Impressum

Umweltbericht für den Kanton Zürich 1996

Herausgeber

Baudirektion
im Auftrag des Regierungsrates des Kantons Zürich

Leitung, Realisation, Gesamtredaktion

Koordinationsstelle für Umweltschutz
Dr. H. Trachsler (Projektleitung)
B. Althaus, A. Furger, H.-P. Margulies,
F. Notter, Dr. L. Tschudi (bis Juli 96)

Textbeiträge

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der folgenden Ämter und Fachstellen:

AGW Amt für Gewässerschutz und Wasserbau
- Hauptabteilung Gewässer- und Bodenschutz
- Abteilung Wasserversorgung und Grundwasser
- Abteilung Wasserbau
- Hauptabteilung Abfallwirtschaft und Betriebe

ARP Amt für Raumplanung
- Abteilung Planungsgrundlagen
- Fachstelle Naturschutz

ATAL Amt für technische Anlagen und Lufthygiene
- Abteilung Lufthygiene
- Energiefachstelle

Fischerei- und Jagdverwaltung

Flughafendirektion Zürich
- Abteilung Lärmbekämpfung

Koordinationsstelle für Störfallvorsorge

Landwirtschaftsamt

Meliorations- und Vermessungsamt

Oberforstamt

Statistisches Amt

Tiefbauamt
- Fachstelle Lärmschutz

Zürcher Verkehrsverbund

externe:

Bundesamt für Betriebe der Luftwaffe

U. Steiger, Wissenschaftsjournalist, Luzern

Druckvorstufe

Koordinationsstelle für Umweltschutz, A. Walker

Druck

Fotorotar AG, 8132 Egg

Bezugsquelle

KDMZ, Räffelstrasse 32, 8090 Zürich, Tel. 01/461 34 10, Fax 01/461 30 56
Koordinationsstelle für Umweltschutz, 8090 Zürich, Tel. 01/259 24 17, Fax 01/259 51 26

Preis: Fr. 25.–

Inhaltsübersicht

Synthese/
Zusammenfassung

Umweltrelevante
Aktivitäten

Beanspruchte
Ressourcen

Zustand
der Umwelt

Ökonomie im
Umweltschutz

Anhang

Inhaltsverzeichnis

Synthese/Zusammenfassung

Der zweite Umweltbericht des Kantons Zürich 11
Wirtschaft und Umweltpolitik im Wandel 12
Umweltschutzausgaben und Umweltfolgekosten 15
Umweltrelevante Aktivitäten 17
Beanspruchte Ressourcen 21
Die Umweltsituation im Überblick 21

Umweltrelevante Aktivitäten

Wohnbevölkerung, Bodennutzung **31**
Wohnen, Arbeiten 31
Bodennutzung 32
Bauzonen 33
Nutzungsintensität in den Bauzonen 34
Nutzungsreserven in den Bauzonen 36
Vergleich Flächenreserven – Entwicklungsperspektiven 38
Handlungsbedarf 39

UVP-pflichtige Anlagen **41**
Umweltverträglichkeitsprüfung 41

Verkehr **43**
Verkehrsflächen 43
Motorisierung 44
Verkehrsbelastung 45
Verkehrsverhalten 48
Flugverkehr 50

Landwirtschaft **53**
Umweltschonende Landwirtschaft 53
Indirekter Umweltschutz: Subventionierung von Güllengruben 58
Moderne Meliorationen bringen auch der Umwelt etwas 59
Moderne Meliorationen am Beispiel Greifensee 60

Waldnutzung **63**
Hauptfunktionen des Waldes 63
Baumartenzusammenlegung und Verjüngung 65
Waldschäden 67

Stoffe, Abfälle und Abfallanlagen **69**
Abfallmengen 69
Stand der Abfallwirtschaft 69
Siedlungsabfälle 71
Betriebsabfälle 74
Bauabfälle 76
Sonderabfälle 77
Abfallbehandlung 79

Störfälle/Unfälle **85**
Zugsentgleisung Zürich-Affoltern: Beispiel für einen Störfall 85
Schutzgüter, Schutzziele, «schwere Schädigung» 88
Übersicht über Unfälle und Störfälle im Kanton Zürich 86
Chemierisikokataster 89

Beanspruchte Ressourcen

Energie **93**

Energie und Umwelt 93
Heutiger Energieverbrauch – Substitutionspotential 95
Handlungsbedarf und Massnahmen 97

Wasserverbrauch **99**

Mittlerer spezifischer Wasserverbrauch 99

Boden – Kiesabbau **101**

Beschränkte Kiesreserven 101

Zustand der Umwelt

Lärm **105**

Strassenverkehrslärm 105
Eisenbahnlärm 109
Fluglärm, Flughafen Zürich 111
Militärfluglärm 116
Schiesslärm 117

Luft **119**

Luftschadstoffe: Quellen – Auswirkungen – Massnahmen 119
Luftschadstoff-Emissionen 119
Immissionen 121
Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen 126
Auswirkungen auf die Vegetation 126
Kosten der Luftverschmutzung 127
Luftreinhaltestrategie 128

Wasser und Gewässer **135**

Schadstoffeinträge als Gewässerschutzproblem 135
Abwasserreinigung 135
Oberflächengewässer 141
Grundwasser 154

Boden **159**

Bodenaufbau 159
Einwirkungen auf den Boden 160
Grossräumige Bodenbelastung 161
Bodenbelastung in der Umgebung von potentiellen Emittenten 162
Kontrolle von Bodenverschiebungen 169
Langfristige Bodenbeobachtung 170
Massnahmen zum Schutze des Bodens 170

Altlasten **173**

Erfassung und Erstbewertung 173
Untersuchung, Sanierung, Gefahrenpotential 180

Lebensräume und Landschaft **175**

Zustand von Natur und Landschaft 175
Stand der Schutzmassnahmen 182
Naturschutzstrategien 186

Ökonomie im Umweltschutz

Umweltschutzausgaben im Kanton Zürich **193**
Umweltschutzausgaben: Spiegelbild unserer Umweltaktivitäten 193
Definition und Abgrenzungen 193
Über eine Milliarde Umweltschutzausgaben im Kanton Zürich 194
Unterschiedliche Kostendeckung 195
Auch nicht gedeckt: Hohe externe Umweltkosten 196
Mehr Ökonomie im Umweltschutz ist gefragt 196

Anhang

Anhang **201**
Glossar/Abkürzungen 201
Gemeinden und Planungsregionen im Kanton Zürich 209
Weiterführende Publikationen 211

Vorwort



Vier Jahre nach Erscheinen des ersten Umweltberichtes für den Kanton Zürich wird hiermit die zweite Ausgabe vorgelegt. Der Kanton Zürich kommt so dem im Umweltschutzgesetz festgelegten Auftrag nach, die Öffentlichkeit über den Zustand der Umwelt zu informieren. Über die vielschichtige Querschnittaufgabe Umweltschutz, über die entsprechenden Vollzugsaufgaben, über Entwicklungen und Ergebnisse orientiert der Kanton Zürich zwar laufend; zu diesem Zweck ist insbesondere das Informationsgefäss «Zürcher UmweltPraxis» geschaffen worden. Ein Gesamtbild des Umweltzustandes im Kanton Zürich lässt sich aus den verschiedenen Einzelinformationen allerdings nur sehr schwer gewinnen; diese Gesamtschau vermittelt einzig der Umweltbericht.

Beim Erscheinen des ersten Umweltberichtes waren die wirtschaftlichen Veränderungen nicht in dem Ausmass absehbar, wie sie in den letzten vier Jahren tatsächlich eingetreten sind. Trotz diesen Veränderungen haben Private, Wirtschaft, Behörden und Verwaltung ihre Verantwortung für die Umwelt auch in den vergangenen Jahren wahrgenommen. Auch dies dokumentiert der vorliegende Bericht. So zeigt er beispielsweise im Bereich Luftqualität, dass heute von den 18 in der Luftreinhalteverordnung vorgegebenen Grenzwerten deren zwölf im Kanton Zürich eingehalten werden; 1992 waren es erst deren sieben.

Die enge Zusammenarbeit zwischen der Wirtschaft bzw. Privaten auf der einen Seite und staatlichen Stellen auf der anderen Seite wird in der Umweltschutzarbeit der Zukunft zunehmend an Bedeutung gewinnen. Branchenvereinbarungen, die den polizeirechtlichen Umweltschutz teilweise ablösen, sind wichtige Instrumente auf diesem Weg. Gemeinsam suchen Wirtschaft und Staat nach massgeschneiderten, gleichermassen wirksamen wie tragbaren Lösungen im Umweltbereich. Staat und Wirtschaft teilen sich damit in die Verantwortung für den Umweltschutzvollzug.

Unsere Anstrengungen zur Erhaltung unseres Lebensraumes müssen wir in zukunftsorientierter Weise fortführen. Für diese Aufgabe ist der zweite Umweltbericht für den Kanton Zürich eine hilfreiche Grundlage. In diesem Sinne sei er allen Interessierten empfohlen. Und allen, die mit viel Willen zur interdisziplinären Zusammenarbeit und grossem Einsatz an seiner Erstellung beteiligt waren, sei aufrichtig gedankt.

Regierungsrat Hans Hofmann, Baudirektor



Synthese/ Zusammenfassung

Synthese / Zusammenfassung

Der zweite Umweltbericht des Kantons Zürich	**11**
Wirtschaft und Umweltpolitik im Wandel	**12**
Umweltschutzausgaben und Umweltfolgekosten	**15**
Umweltrelevante Aktivitäten	**17**
Beanspruchte Ressourcen	**21**
Die Umweltsituation im Überblick	**21**

Der zweite Umweltbericht des Kantons Zürich

Gesamtschau der Umweltsituation

Der vorliegende zweite Umweltbericht 1996 will, wie schon die erste Ausgabe 1992, umfassend und in grösseren Zusammenhängen Umweltbelastungen und Wirkungen ergriffener Massnahmen darstellen. Er soll bei öffentlichen und privaten Planungen Hilfe bieten, sowie Verursachergruppen von der Notwendigkeit ihres selbstverantwortlichen Handelns für die Schonung von Umwelt und Ressourcen überzeugen. Der Bericht zeichnet ein Bild des Umweltzustandes im Kanton Zürich, indem er für verschiedene Umweltbereiche vor allem die wichtigsten umweltrelevanten Aktivitäten sowie die Emissionen und Immissionen aufzeigt. Ein Schwergewicht bildet die Darstellung der Veränderungen seit der letzten Ausgabe. Zudem wurde der Versuch unternommen, Aussagen zu machen über die Kosten der Umweltschutzmassnahmen wie auch über die Folgekosten von Umweltbelastungen.

Es wurde darauf geachtet, dass der Umweltbericht 1996 ein möglichst eigenständiges Werk darstellt und aus sich heraus verstanden wird. In einzelnen Umweltbereichen sind Veränderungen seit 1992 nicht dokumentierbar. In solchen Fällen wurde auf eine breite Wiederholung der Aussagen von 1992 verzichtet. Für einzelne Gemeinden, darunter die Städte Zürich und Winterthur, bestehen eigene Umweltberichte.

Lebens- und Wirtschaftsraum Kanton Zürich

Der Betrachtungsraum reicht vom Rhein im Norden bis zu den Voralpen im Süden und ist topographisch äusserst vielfältig. Er lässt sich in fünf grosse natürliche Landschaften gliedern: das Unterland im Nordwesten, das Weinland im Nordosten, das Oberland im Südosten, das Knonaueramt im Südwesten und die Zürichseelandschaft. Weitgehend noch land- und forstwirtschaftlich genutzte Gebiete, die gleichzeitig attraktive Erholungsgebiete bilden, stehen dabei in Kontrast zu dicht überbauten städtischen Regionen. Dominant sind die Städte Zürich und Winterthur mit ihren Agglomerationen; speziell zu erwähnen ist das Gebiet «Zürich-Nord» als grösstes wirtschaftliches Wachstumsgebiet der Schweiz.

Der Ballungsraum Zürich liegt im Herzen Europas, im Zentrum radial verlaufender, nationaler und kantonaler Hochleistungsstrassen und Schnellzugslinien. Er verfügt über einen internationalen Flughafen. Seit sechs Jahren ist Zürich zudem Drehscheibe der S-Bahn und des kantonalen Verkehrsverbundes.

Mit 1729 Quadratkilometern nimmt der Kanton Zürich lediglich gut 4 % der gesamten Fläche der Schweiz ein. Mit einer Bevölkerungsdichte von 680 Einwohnern pro Quadratkilometer gehört Zürich – die Stadtkantone Basel und Genf ausgenommen – mit Abstand zu den am dichtesten besiedelten Kantonen. Der Kanton beherbergt 17 % der Wohnbevölkerung der Schweiz und rund 18 % aller Arbeitsplätze. Mehr als ein Fünftel des gesamten Volkseinkommens wird in diesem verhältnismässig kleinen Gebiet erarbeitet. Es beansprucht aber auch nahezu einen Sechstel des gesamten schweizerischen Energiebedarfs. Dies sowie die hohe

Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichte und das leistungsstarke Verkehrsnetz mit einem hohen Verkehrsaufkommen sowohl im Berufs- als auch im Freizeitverkehr führen zwangsläufig zu relevanten Umweltbelastungen, die Massnahmen zum Schutze der Umwelt erfordern.

Wirtschaft und Umweltpolitik im Wandel

Geändertes wirtschaftliches Umfeld

Änderung der wirtschaftlichen Aktivitäten 1992–1996: Veränderte Auswirkungen auf die Umwelt

Die Jahre seit Erscheinen des Umweltberichtes 1992 sind von einer markanten Änderung des wirtschaftlichen Umfeldes geprägt, was sich in verschiedenen, den Umweltzustand mitbestimmenden Faktoren niederschlägt. Das Wachstum des Volkseinkommens im Kanton Zürich fiel von jährlich weit über 5 % bis zum Jahre 1991 auf Werte um 2 %. 1993 war gar ein Rückgang von 0,8 % zu verzeichnen. Die Beschäftigungssituation, als Spiegel der wirtschaftlichen Entwicklung, hat sich stark gewandelt. Zwischen 1991 und 1995 wurden im Kanton Zürich 63'000 Arbeitsplätze abgebaut. Damit gingen zwei Drittel des Beschäftigungswachstums der Periode 1985–1991 wieder verloren. Damit verbunden ist ein tiefgreifender Strukturwandel, der sich im Produktionsbereich vor allem durch den Wegfall zahlreicher Betriebe und im Dienstleistungssektor durch innerbetriebliche Strukturanpassungen bemerkbar machte.

Neue umweltrelevante Prioritäten in der Landwirtschaftspolitik

Ein ebenso rasanter Wandel hat in den vergangenen Jahren auch die Landwirtschaft erfasst. Mit der neuen Landwirtschaftsgesetzgebung des Bundes ist es möglich geworden, die landwirtschaftlichen Betriebe unabhängig von ihren Produktionsmengen durch Direktzahlungen für gezielte ökologische Leistungen zu unterstützen. Mit diesem System wurde eine Extensivierung der Bewirtschaftung in Gang gesetzt. Die davon betroffenen Flächen umfassten im Kanton Zürich 1995 rund 23'000 Hektaren oder einen Viertel der Landwirtschaftsfläche. Die Dynamik dieser Entwicklung setzte sich 1996 in verstärktem Masse fort. Von der Änderung der Bewirtschaftungsweise wird eine markante Entlastung der Umwelt erwartet.

Umweltschutz in der öffentlichen Meinung

Umweltschutz als Daueraufgabe anerkannt

In der öffentlichen Meinung hat das Thema Umwelt eine bemerkenswerte Wandlung durchgemacht. Dies zeigen verschiedene Umfragen, die seit Jahren nach gleichbleibenden Grundsätzen durchgeführt werden. Hatte in den achtziger und zu Beginn der neunziger Jahre der Umweltschutz stets hohe bis höchste Priorität, so stuften die Schweizerinnen und Schweizer in neueren Umfragen[1] Themen wie Arbeitslosigkeit, aber auch Europa, AHV, öffentliche Finanzen, Drogen oder Asylpolitik (in dieser Reihenfolge) als dringlicher ein. Umweltschutz ist dennoch als Daueraufgabe akzeptiert: Mehr als 90 % der Befragten sind der Ansicht, Umwelt-

[1] Umfrage der Schweizerischen Kreditanstalt 1995, durchgeführt vom Meinungsforschungsinstitut GfS, Adliswil

schutz sei von Sparübungen zu verschonen, wenn nicht gar für Mehrausgaben plädiert wird. Der erreichte Stand soll demgemäss erhalten werden. Die Prioritäten in der Ausgabenpolitik für die Umwelt liegen etwa gleich hoch wie diejenigen in der Bildungspolitik.

Erfolge in Teilbereichen

Der Vollzug des Umweltrechts beginnt zu greifen

Während der Berichtsperiode 1991–1995 konnten die Umweltschutzanstrengungen in den gesetzlich geregelten Bereichen weiter etabliert werden. Als Folge der bisherigen Anstrengungen wurden zum Teil erhebliche Verbesserungen realisiert:

- Von den 18 Immissionsgrenzwerten der Luftreinhalteverordnung (LRV) werden inzwischen 12 eingehalten.
- Die Massnahmen in der Abfallwirtschaft haben zu einer besseren Trennung der Abfälle geführt. Die Abfallentsorgung kann heute problemangepasst und auf einem hohen Umweltstandard stattfinden.

Grenzen des polizeirechtlich-technischen Umweltschutzes

Andererseits sind die bereits vor vier Jahren beschriebenen, sichtbar werdenden Grenzen des polizeirechtlich-technischen Umweltschutzes noch deutlicher geworden:

- Die Qualität der Oberflächengewässer hat einen beachtlichen Stand erreicht. Die fortgesetzt hohen Investitionen im Abwasserbereich dienen insbesondere der Werterhaltung der Abwasseranlagen und bewirken nur noch geringfügige Verbesserungen der Qualität der Fliessgewässer.
- Bezüglich der Luftschadstoffemissionen wurden weitere Verbesserungen realisiert. Bei den Stickoxiden und den flüchtigen organischen Verbindungen besteht aber nach wie vor ein Handlungsbedarf.
- Die Entwicklung der Lärmbelastung infolge des Strassenverkehrs ist ungewiss; im Flugverkehr nähert sich die Technik zur Lärmreduktion ihren Grenzen.

Erfolge konnten bisher vornehmlich in jenen Umweltbereichen verzeichnet werden, bei denen Umweltschäden direkt fassbar, erlebbar oder für die Menschen als gesundheitliche Beeinträchtigung oder Bedrohung erkennbar sind. Insofern sind es hauptsächlich lokale Belastungen (Wasser, Luft, Lärm, Chemierisiken usw.), die angegangen oder bereits bewältigt wurden.

Bleibende Herausforderungen

Verstärktes Problembewusstsein

Die abstrakteren Umweltprobleme wie die Klimaproblematik (Treibhauseffekt), die Gefährdung der Böden und das Schwinden der Artenvielfalt wurden im Umweltbericht 1992 als neuerkannte Herausforderungen beschrieben; auch der Bund und die internationale Staatengemeinschaft sind hier gefordert. In der Zwischenzeit wurden Schritte unternommen, die auf ein verstärktes Problembewusstsein schliessen lassen. Ein den Problemen angepasster aktiver Vollzug, von dem nachhaltige Wirkungen erwartet werden könnten, steckt aber noch in den Anfängen.

- Massnahmen zur Erhaltung der Artenvielfalt haben mit dem Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich sowie mit der Neuausrichtung der Landwirtschaftspolitik einen neuen Stellenwert im staatlichen und privaten Handeln erhalten.
- Mit den Ergänzungen im Umweltschutzgesetz wurde der Status des Bodenschutzes zwar gestärkt, doch ist das Bewusstsein um die Gefährdung der Böden weiter zu fördern.

Energie als Schlüsselgrösse

- Eng verbunden mit der Klimaproblematik ist der Energieverbrauch. Die grossen Anstrengungen zur Förderung der rationellen Energienutzung haben in verschiedenen Bereichen zu klaren Fortschritten geführt (z. B. bei Neubauten). In anderen Bereichen hingegen (z. B. Verkehr) haben sich die spezifischen Verbrauchszahlen wenig verändert und zusätzlich ist die Nachfrage nach Energiedienstleistungen stark gestiegen. Die verbreitete Anerkennung der Energie als Schlüsselgrösse für eine Reihe lokaler und globaler Umweltprobleme vermochte auf Bundesebene die Einführung wirkungsvoller Lenkungsinstrumente für einen effizienteren Energieeinsatz nicht zu beschleunigen.

Weitere Schritte zur Verminderung der Kohlendioxidemissionen, zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und der Artenvielfalt sowie die öffentliche Auseinandersetzung über diese Umweltthemen bleiben damit zentrale Herausforderungen für die kommenden Jahre.

Handlungsbedarf auf dem Weg zur Nachhaltigkeit

Mehr Ökologie in der Ökonomie

Wie die ökonomische Analyse[2] zeigt, haben die Signale der Umweltpolitik bei der Wirtschaft unverkennbar Aktivitäten ausgelöst. Es wurden grosse Investitionen in technische Neuerungen und Optimierungen von Produktionsprozessen getätigt. Damit konnten bei wichtigen ökologischen Kenngrössen, wie dem Schadstoffausstoss oder der Abfallbelastung, auf der Ebene der einzelnen Betriebe markante Fortschritte erzielt werden.

Von der Fein- zur Grobsteuerung

Grobsteuerung beim wirtschaftlichen Input

Die aktuellen Diskussionen um Umweltmanagement-Systeme belegen, dass bei der Wirtschaft durchaus Bereitschaft für ökologische Optimierungen vorhanden ist. Soll hingegen verbreitet ein Perspektivenwechsel einsetzen, ist in allen wirtschaftlich-gesellschaftlichen Tätigkeiten bzw. vorgelagert in den gesetzlichen Rahmenbedingungen eine angemessene Berücksichtigung der wesentlichen ökologischen Schlüsselgrössen (Energieeinsatz, Materialverbrauch inkl. Abfall, Flächenverbrauch, Mobilität, Risiken und Gefährdungspotentiale) notwendig. Dies verlangt nach einem Verzicht auf immer mehr Feinsteuerung mit Geboten und Verboten und einer Einführung einer Grobsteuerung der wirtschaftlichen Inputgrössen durch

[2] J. Minsch et al.; Mut zum ökologischen Umbau – Innovationsstrategien für Unternehmen, 1996

Instrumente wie Lenkungsabgaben, Umweltzertifikate oder freiwillige Vereinbarungen. Dadurch kann die Effizienz der Umweltanstrengungen gesteigert werden. Im Rahmen des Schwerpunktprogrammes Umwelt[3] erarbeitete Fallbeispiele haben gezeigt, dass so die Gesamtkosten für Umweltschutzmassnahmen massgeblich, zum Teil um die Hälfte, gesenkt werden können. Auch kann der administrative Aufwand sowohl in der Verwaltung als auch in den Betrieben vermindert werden. Möglichkeiten für solche Grobsteuerungen sind 1995 mit der Revision des Umweltschutzgesetzes im schweizerischen Umweltrecht verankert worden.

Umweltqualität ist Standortqualität

Standortattraktität bei hohen Umweltstandards: Innovative und wertschöpfungsstarke Unternehmen setzen sich durch

Einige Breitenwirkung entfaltet auch eine nach ökologischen Kriterien ausgerichtete Beschaffung der öffentlichen Hand, wie sie im Kanton Zürich zunehmend praktiziert wird. Durch gezielt formulierte Anforderungen an die Lieferanten und Auftragnehmer des Staates wird eine grosse Anzahl von Unternehmen zu ökologisch bewussterem Handeln veranlasst.

Forderungen nach grösserer Effizienz im Umweltvollzug sind mit den Bestrebungen zur Förderung der Standortattraktivität durchaus kompatibel. Wie eine Studie zum Wirtschaftsstandort Kanton Zürich[4] darlegt, sind es vor allem innovative und wertschöpfungsstarke Unternehmen, die sich höheren Anforderungen des Umweltschutzes stellen und sich durchzusetzen wissen. Der Standort Kanton Zürich profitiert vom so gewonnenen Know-how für umweltschonende Produkte und Verfahren, die Exporterfolge versprechen. Voraussetzung dafür, dass Innovationen angeregt werden, ist ein kleine und berechenbare Schritte beinhaltendes Vorgehen, das die Entwicklungsmöglichkeiten von Unternehmen nicht plötzlich überfordert.

Umweltschutzausgaben und Umweltfolgekosten

Immer deutlicher zeigt sich, dass dem polizeirechtlich-technischen Umweltschutz Grenzen gesetzt sind; ein effizienteres Vorgehen ist von der Durchsetzung des Verursacherprinzipes sowie vom Einsatz finanzieller Anreize zu erwarten. Dies führt zur Frage nach Art und Höhe der Umweltschutzausgaben sowie dem Stand der Einführung von verursachergerechten Gebühren und Abgaben. Interessante Hinweise darauf ergibt eine erste Erhebung der Umweltschutzausgaben und der Umweltkosten für das Stichjahr 1992. Da es sich um die Erhebung aus einem einzelnen Jahr handelt, sind die Angaben im Detail zwar noch nicht repräsentativ. Sie erlauben jedoch die Darstellung von Grössenordnungen und vermitteln insbesondere Indizien dafür, wo das Verursacherprinzip noch verbessert angewendet werden kann und wo Umweltschutzmassnahmen mit einem guten Kosten/Nutzen-Verhältnis anzusetzen sind.

[3] C. Jeanrenaud; Environmental Policy between Regulation and Market, Themenhefte SPP Umwelt, 1997

[4] Regierungsrat des Kantons Zürich und Zürcher Kantonalbank; Wirtschaftsstandort Zürich, Wettbewerbsfähigkeit heute und morgen, 1995

1992: Jährliche Umweltschutzausgaben von über 1 Mia. Franken

Im Stichjahr 1992 gaben die öffentliche Hand und die Privatwirtschaft im Kanton Zürich zusammen 1,1 Mia. Franken für Umweltschutzaufgaben aus. Erfasst sind dabei nur Netto-Ausgaben. Das heisst, dass Erträge infolge von Umweltmassnahmen, z. B. aus einem verminderten Energieverbrauch, von den entsprechenden Ausgaben abgezogen wurden.

Der grösste Teil der Mittel floss zu je rund zwei Fünfteln in die Bereiche Abfallwirtschaft und Gewässerschutz. Ein knapper Sechstel wurde für die Luftreinhaltung aufgewendet. Vergleichsweise geringe Mittel wurden für die Bereiche Lärmschutz, Bodenschutz, Energienutzungstechnik, Naturschutz und übriger Umweltschutz ausgegeben. Die geringen Ausgaben im Energiebereich sind darauf zurückzuführen, dass diese Massnahmen finanziell weitgehend rentabel sind und daher in der Aufstellung nicht berücksichtigt wurden (Nettoprinzip).

Mangelnde Kostendeckung

Sehr unterschiedliche Kostendeckungsgrade

Der grösste Anteil der Netto-Umweltschutzausgaben von 1992 im Kanton Zürich wurde von der Privatwirtschaft (40 %) finanziert, gefolgt von den privaten Haushalten (32 %). 16 % entfallen auf die Gemeinden, 2 % auf den Bund und 10 % oder 110 Mio. Franken auf den Kanton.

Gut 70 % der von Kanton und Gemeinden gemeinsam getätigten Umweltschutzausgaben waren 1992 verursachergerecht gedeckt, wobei der Kostendeckungsgrad bei den Ausgaben der Gemeinden mit 87 % hoch, auf Kantonsebene mit 7 % dagegen tief lag. Insgesamt verblieben der öffentlichen Hand 1992 rund 310 Mio. Franken an ungedeckten Umweltschutzausgaben, die durch allgemeine Staatseinnahmen finanziert wurden.

Die Umweltfolgekosten, die trotz den ergriffenen Massnahmen verbleiben, konnten nur grob abgeschätzt werden. Diese werden als externe Kosten bezeichnet und äussern sich beispielsweise als Gesundheitskosten oder Gebäudeschäden infolge der Luftverschmutzung. Mit 1,4 Mia. Franken liegen sie etwas höher als die getätigten Umweltausgaben. Der gesamte Kostendeckungsgrad, externe Kosten miteinbezogen, lag damit im Umweltschutz vermutlich unter 40 %; um ihn zu erhöhen, ist eine verstärkte Durchsetzung des Verursacherprinzips anzustreben.

Die Möglichkeiten, zusätzliche wirksame Lenkungen einzuführen, sind jedoch in den einzelnen Umweltbereichen sehr unterschiedlich:

- Im Gewässerschutz und in der Abfallwirtschaft sind die Umweltausgaben und der Kostendeckungsgrad relativ hoch, die verbleibenden externen Umweltkosten eher tief. Eine Optimierung kann durch die verbesserte Durchsetzung des Verursacherprinzips vor allem im Kanton und in den Gemeinden erzielt werden.
- Beim Lärmschutz, der Lufthygiene und im Bereich Energie/Klimaschutz sind die Ausgaben der öffentlichen Hand relativ tief, jene der Privatwirtschaft dagegen teilweise sehr hoch. Mit grosser Wahrscheinlichkeit sind auch die verbleibenden externen Kosten in diesem Bereich hoch, so dass die verursachergerechte Anlastung der verbleibenden externen Kosten verstärkt zu fördern ist. Dies muss allerdings in erster Linie auf Bundesebene geschehen.
- Natur- und Landschaftsschutz, Bodenschutz und übriger Umweltschutz sind

durch tiefe Umweltausgaben und relativ grosse Unsicherheiten bezüglich der verbleibenden externen Kosten gekennzeichnet. Der Kostendeckungsgrad der Ausgaben der öffentlichen Hand liegt tief. Es bedarf hier einer Verbesserung der Datenbasis bezüglich der externen Kosten und deren Verursacher, bevor über weitere Steuerungsmassnahmen entschieden werden kann. Zur Zeit wirken die veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in der Landwirtschaft in die erwünschte Richtung.

Umweltrelevante Aktivitäten

Wohnbevölkerung, Bodennutzung

Die Bevölkerung des Kantons hat zwischen 1990 und 1995 um 18'000 Personen oder 1,6 % auf 1,176 Mio. Einwohner zugenommen. Während in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre die Beschäftigtenzahl jährlich um über 15'000 zugenommen hatte, ist seit Beginn der neunziger Jahre eine fast ebenso grosse jährliche Abnahme zu verzeichnen. Die Verluste gehen zu 60 % zu Lasten des Industrie- und zu 40 % zu Lasten des Dienstleistungsbereichs.

Der zusätzliche Verbrauch von 721 Hektaren an Bauzonen in der Zeit von 1989–1994 zeigt, dass sich die Siedlungsgebiete weiter ausgedehnt haben, und zwar hauptsächlich in den Regionen Winterthur und Umgebung sowie im Oberland. 1994 waren 18 % der Bauzonen oder 5075 Hektaren noch nicht überbaut. Gesamthaft bieten diese Platz für Geschossflächen im Umfang von 37 Mio. m². Noch weit grösser sind die Nutzungsreserven im bereits überbauten Gebiet: Hier beträgt die Differenz zwischen der gesetzlich möglichen und der heute realisierten Nutzung knapp 100 Mio. m² oder fast das Dreifache der in den nicht überbauten Bauzonen vorhandenen Reserven.

Unter anderem als Folge der wirtschaftlichen Rezession, aber auch als Folge veränderter Raumbedürfnisse und Standortansprüche der Unternehmen hat der Bestand an leerstehenden und stark unternutzten Geschossflächen deutlich zugenommen. 1995 wurden in Industrie und Gewerbe rund 6 Mio. m² und bei den Büroflächen weitere 0,5 Mio m² Leerbestände registriert. Der zukünftige Flächenbedarf, der sich vor allem aus den Veränderungen in den Haushalts- und Betriebsstrukturen ergibt, muss vermehrt mit den inneren Reserven in der überbauten Bauzone, durch Umnutzung und Verdichtung, gedeckt werden.

Verkehr

Weiter steigender Motorisierungsgrad, weiter zunehmender Verkehr

Obgleich der Verkehr weiterhin hohe Wachstumsraten verzeichnet, verlief die Entwicklung in den neunziger Jahren weniger markant als in den achtziger Jahren. Weiter gestiegen ist der Motorisierungsgrad. Zwischen 1990 und 1995 hat der Personenwagenbestand um 5 % auf rund 540'000 Fahrzeuge zugenommen. Dieses Wachstum steht in engem Zusammenhang mit der Zunahme der Haushalte. Für 1995 wurde eine Gesamtfahrleistung des motorisierten Strassenverkehrs von 7,76 Mia. Fahrzeugkilometern ermittelt.

Umweltrelevante Aktivitäten

Regionale Unterschiede bei Verkehrszunahmen

Die jährliche Zuwachsrate des motorisierten Strassenverkehrs ist mit 1,6 % in der Periode 1990 bis 1993 um 2 % niedriger ausgefallen als zwischen 1985 und 1990. Allerdings sind deutliche regionale Unterschiede festzuhalten: In der Stadt Zürich wurde die Abnahme auf einzelnen Hauptstrassen durch eine Verlagerung auf die städtischen Autobahnabschnitte ausgeglichen; mit einem Wachstum von über 10 % bis 25 % hat der Verkehr im nördlichen und östlichen Kantonsteil am stärksten zugenommen.

Attraktive S-Bahn

Eine vergleichbare Entwicklung zeichnet sich im öffentlichen Verkehr ab. Das Passagieraufkommen der städtischen Verkehrsbetriebe in Zürich und Winterthur hat sich seit 1989 stabilisiert. Hingegen zeigen die S-Bahn-Linien sowie die Regional- und Ortsbusse ein anhaltend markantes Wachstum ihrer Passagierzahlen. Die regionalen Unterschiede in der Entwicklung des öffentlichen Verkehrs widerspiegeln einerseits die Angebotsentwicklung, andererseits die regionalen Unterschiede in der Bevölkerungs- und Siedlungsentwicklung.

Die Erschliessung der peripheren und bis anhin ländlich geprägten Gebiete ist noch weitgehend auf den motorisierten Individualverkehr ausgerichtet. Der öffentliche Verkehr hat künftig auch in diesen Gebieten vermehrt für ein geeignetes Leistungsangebot zu sorgen. Eine Parkraumbewirtschaftung und ein Park+Ride-Konzept im Sinne des kantonalen Luft-Programmes 1996 werden wesentlich zu einer optimalen Verbindung zwischen öffentlichem und Individualverkehr in diesen peripheren Gebieten beitragen.

Wachsende Bedeutung des Freizeitverkehrs

Neben der Ausdehnung des Arbeitspendlerverkehrs als Folge der Siedlungs- und Bevölkerungsentwicklung in zentrumsfernen Gebieten stellt vor allem der Freizeitverkehr hohe Ansprüche an die künftige Verkehrsproblembewältigung. Er zeichnet sich durch einen diffusen Charakter in räumlicher und zeitlicher Hinsicht aus und ist mit einem Anteil von 40 % aller zurückgelegten Wege die bedeutendste Verkehrsart.

Flugverkehr: Weiterhin zunehmend

Überdurchschnittlich bleibt die Attraktivität des Flugverkehrs, der zwischen 1990 und 1996 sowohl im Personenverkehr (27 %) als auch im Frachtverkehr (37 %) markant zugelegt hat. Diese Entwicklung hat 17 % mehr Flugbewegungen ausgelöst.

Landwirtschaft

Extensivierung eingeleitet

Die Zahl der Betriebe, die nach den Richtlinien der Integrierten Produktion (IP) arbeiten, hat seit 1994 stark zugenommen. 1995 wirtschafteten rund ein Viertel der Haupterwerbsbetriebe mit einem guten Viertel der Landwirtschaftsfläche nach IP-Richtlinien. Die Dynamik dieser Entwicklung hat sich vor allem 1996 in verstärktem Masse fortgesetzt, so dass Ende 1996 rund die Hälfte der Landwirtschaftsbetriebe nach Bio- oder IP-Kriterien produzierten. Zur Zeit sind es allerdings etwa zehnmal mehr IP-Betriebe als Biobetriebe. Schätzungen gehen davon aus, dass bis zum Jahr 2000 neun von zehn Betrieben nach Bio- oder IP-Kriterien bewirtschaftet werden. Von der Änderung der Bewirtschaftungsweise wird eine markante Entlastung der Umwelt erwartet. Unter anderem soll sich der Stickstoffeintrag aus der Landwirtschaft in die Gewässer und in die Luft um rund 30 % vermindern. Auch bei den übrigen landwirtschaftlichen Hilfsstoffen wird mit einer markanten Reduktion gerechnet. Durch die Ausscheidung von ökologischen

Ausgleichsflächen sollen zudem die naturnahen Landschaftsstrukturen gestärkt werden.

Waldnutzung

Permanente Unternutzung infolge zu tiefen Holzerlöses

Die Holznutzung aus den Wäldern des Kantons Zürich lag zwischen 1991 und 1995 bei rund 380'000 m³ pro Jahr. Sie lag damit unter dem Durchschnitt der letzten 10 Jahre (404'000 m³/Jahr), der durch die Windwürfe in den Jahren 1986 und 1990 erhöht worden war. Sowohl im langjährigen Durchschnitt als auch aktuell wird das mögliche Holznutzungspotential von 460'000 m³ nur zu 80–90 % ausgeschöpft. Der aktuell tiefe Holzerlös, vermag den Aufwand für die Waldpflege und die Holzernte nicht mehr zu decken. Neben der Holznutzung erfüllt der Wald wichtige Funktionen als naturnahe Lebensgemeinschaft, als Schutz vor Naturgefahren und als Erholungsraum. Insbesondere in der Umgebung dicht besiedelter Gebiete und in attraktiven Wandergebieten wird der Wald intensiv von Erholungssuchenden genutzt. Für entsprechende zusätzliche Aufwendungen im Bereich «Schutz und Wohlfahrt» haben die Waldeigentümer drei Viertel der Kosten oder durchschnittlich rund 50 Franken je Hektar Wald als ungedeckte Kosten selbst zu tragen.

Fortschritte in der Naturverjüngung

In der Art der Waldverjüngung hat sich in den vergangenen 10 Jahren der Anteil der Naturverjüngung gegenüber den Pflanzungen auf 62 % verdoppelt. Der Laubholzanteil beträgt dabei 84 %. Diese Tendenz wird sich voraussichtlich fortsetzen, so dass die Zielwerte für die Naturverjüngung erfüllt werden können. Für die Verwirklichung eines naturnahen Wirtschaftswaldes, dessen Baumarten-Zusammensetzung sich der ursprünglichen mit einem grossen Buchenanteil annähert, sind allerdings auch künftig Pflanzungen notwendig.

Waldschäden

Anhaltender Vitalitätsrückgang der Waldbäume

Für die Erhebungen der Waldschäden werden im Kanton Zürich der Nadel-/Blattverlust sowie die Kronenverlichtung auf 13 Dauerbeobachtungsflächen sowie bei einem Stichprobennetz von 4200 Bäumen erhoben. Die Kronenverlichtung bei den Bäumen des Stichprobennetzes bewegte sich 1995 etwa auf dem Niveau von 1994. Auf den Dauerbeobachtungsflächen stieg dagegen der Anteil der geschädigten Buchen und Fichten um 7–10 % auf rund 20 %. Langfristig betrachtet zeichnet sich ein wellenförmiger Verlauf der Waldschadensentwicklung mit einem zunehmenden Trend des Nadel-/Blattverlustes vor allem bei den untersten Schadstufen ab. Diese Entwicklung weist neben anderen Anhaltspunkten auf einen anhaltenden Vitalitätsrückgang hin. Aufgrund chemischer Nadel-/Blattanalysen zeigt sich zudem eine Verschlechterung der Nährstoffverhältnisse, die unter anderem eine erhöhte Sturmgefährdung sowie eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Insekten oder pathogenen Pilzen zur Folge hat.

Abfälle und Abfallanlagen

Stoffkreisläufe beginnen sich zu schliessen

Im Kanton Zürich fielen 1995 knapp 2,15 Mio. Tonnen Abfälle an oder 1850 kg pro Kopf der Bevölkerung. Dies entspricht einer Reduktion der Abfallmenge um

10 % gegenüber 1991. Nach wie vor machen die Bauabfälle (Bauschutt und Bausperrgut) den Hauptteil der Abfallmenge aus. Zwar ist als Folge der wirtschaftlichen Entwicklung ein genereller Rückgang der Bauabfälle zu verzeichnen, die unterschiedliche Reduktion von Bauschutt (–29 %) und von Bausperrgut (–45 %) zeigt jedoch, dass die Anstrengungen zur selektiven Entsorgung Erfolge bewirken. Besonders deutlich kommt dies bei den Deponien zum Ausdruck, wo die Bauabfallmenge, die bei Reaktordeponien angeliefert wurde, zwischen 1988 und 1995 um über 85 % abgenommen hat.

Potential für Separatsammlungen noch nicht ausgeschöpft

Pro Arbeitsplatz resultieren im Kanton Zürich etwas weniger als 1000 kg betriebliche Abfälle pro Jahr. Von der Gesamtmenge an Betriebsabfällen von 430'000 Tonnen gelangen rund 120'000 Tonnen in die Kehrichtverbrennung. Gut 40 % der Betriebsabfälle werden der Verwertung zugeführt. Angesichts der ansteigenden Entsorgungskosten wird erwartet, dass die Abfallmenge aus den Betrieben selbst bei stärkerem Wirtschaftswachstum kaum mehr wesentlich ansteigt.

Die Gesamtmenge der Siedlungsabfälle betrug 1995 noch rund 530'000 Tonnen oder 70'000 Tonnen weniger als 1991. Darin eingeschlossen sind die separat gesammelten Abfälle, deren Anteil von 25 % im Jahre 1989 auf 40 % im Jahre 1995 zugenommen hat. Vor allem im Bereich der kompostierbaren Abfälle besteht noch immer ein grösseres ungenutztes Potential verwertbarer Abfälle.

Der gesamte Hauskehricht (das sind die brennbaren Siedlungsabfälle) aus dem Kanton Zürich kann seit 1993 kantonsintern in zeitgemässen und gesetzeskonformen Kehrichtverbrennungsanlagen verbrannt werden. Der Ausbau der Verbrennungsanlagen bei gleichzeitigem Rückgang der Kehrichtmenge hat in den vergangen Jahren zu Überkapazitäten geführt. Möglichkeiten, die Kapazitäten dem Bedarf anzupassen, ergeben sich in den kommenden Jahren, wenn sich bei verschiedenen Anlagen die Frage nach der Erneuerung stellt.

Noch immer grosse Mengen an Sonderabfällen

An Sonderabfällen mussten zwischen 1991 und 1994 jährlich maximal 156'000 und minimal 91'000 Tonnen entsorgt werden. Nur noch ein sehr kleiner Anteil von Sonderabfällen (4 %) muss für die Behandlung oder Deponierung exportiert werden. Die im Inland behandelten Sonderabfälle werden zu je knapp einem Drittel verbrannt oder chemisch-physikalisch behandelt. Der Rest wird rezykliert oder deponiert. Bestätigt haben sich die Erwartungen, wonach vorerst mit keinem signifikanten Rückgang der Sonderabfallmengen zu rechnen ist. Die Gründe für die leicht sinkenden Mengen lassen sich erst nach Vorliegen weiterer Jahresdaten schlüssig aufzeigen.

Störfälle und Unfälle

Erfolge bei der Störfallverhütung in den Gemeinden

In den Jahren 1993–1995 mussten kantonsweit 6 Ereignisse mit bedeutenden Auswirkungen im Sinne der Störfallverordnung sowie 23 Ereignisse mit weniger bedeutenden Auswirkungen registriert werden. Seit 1993 haben sich weder in Schwimmbädern noch bei Eisfeldern oder sonstigen Sportanlagen nennenswerte Unfälle oder Störfälle ereignet. Das schwerste Ereignis musste am 8. März 1994 verzeichnet werden, als in Zürich-Affoltern ein Güterzug mit 20 Benzin-Zisternenwagen entgleiste und in der Folge drei Menschen schwer verletzt wurden und grosser Sachschaden entstand.

Beanspruchte Ressourcen

Energie

Rückgang des Verbrauchs nicht nur rezessionsbedingt

Der Gesamtenergieverbrauch im Kanton Zürich betrug 1995 mit rund 36'000 GWh 1800 GWh oder 4,8 % weniger als 1991. Der Verbrauch nahm 1992 nur wenig zu und ging in den Jahren 1993 und 1994 gar zurück. Dieser Rückgang liegt in der wirtschaftlichen Rezession, der warmen Witterung, aber auch in den Anstrengungen für einen effizienten Energieeinsatz begründet. Die Zunahme des Gesamtverbrauchs in den kühleren Jahren 1995 und 1996 zeigt aber auch, dass eine markante Steigerung der Energieffizienz, die sich in einer deutlichen Entkoppelung der Entwicklung des Energieverbrauchs vom Gang der Witterungsverhältnisse und der Wirtschaftskonjunktur äussern würde, noch nicht erreicht ist.

CO_2-Reduktion und höhere Energieeffizienz sind technisch machbar

Im Rahmen des kantonalen Energieplanungsberichtes 1994 wurde versucht, die Konsequenzen für den Lebensstandard und die Volkswirtschaft abzuschätzen, wenn der Kohlendioxidausstoss (CO_2) langfristig auf einen Siebtel verringert würde. Dieses Niveau wird unter Berücksichtigung der Emissionssteigerung in den Entwicklungsländern als klimatisch nachhaltig erachtet. Die Abklärungen zeigen, dass dieses Ziel weitgehend mit den heute bekannten Techniken erreicht werden kann.

Wasserverbrauch

Trendwende dank mehr Ökonomie

Markant zurückgegangen ist der spezifische Wasserverbrauch pro Kopf der Bevölkerung. Mit 353 Litern pro Einwohner und Tag lag er 1995 um einen Zehntel tiefer als 1990. Der seit Mitte der achtziger Jahre zu beobachtende rückläufige Trend hat sich somit fortgesetzt. Der Verbrauchsrückgang ist auf umweltbewussteres Verhalten und deutlich ansteigende Wasserpreise zurückzuführen. Weitere Preissteigerungen für Wasserverbrauch und Abwassergebühren sowie die Sanierung lecker Wasserversorgungsnetze dürften zu einer weiteren Verbrauchsminderung oder zumindest zu keinem neuen Ansteigen des Verbrauchs führen.

Die Umweltsituation im Überblick

Lärm

Strassenverkehrslärm

Stark frequentierte Kantonsstrassen

In den Landgemeinden weisen 4 % der Gebäude entlang der Staatstrassen übermässige Lärmbelastungen zwischen 65 und 70 dB(A) sowie 8 % eine Belastung von 60–65 dB(A) auf. Bei 0,5 % der Wohngebäude werden die Alarmwerte für Lärmimmissionen im Sinne der Lärmschutzverordnung des Bundes (LSV) erreicht oder überschritten. Betroffen sind hauptsächlich die stark frequentierten Hauptachsen: die Hauptstrassen im Knonaueramt (als Verbindung zwischen A4 und A20), im oberen und mittleren Glattal, im Limmattal oder auf der Achse Rüti–Pfäffikon–Illnau-Effretikon. In den Städten Zürich und Winterthur werden die Alarmwerte auf einer Strecke von 35 km beziehungsweise 28 km, die Immissionsgrenzwerte auf 200 km beziehungsweise 45 km überschritten.

Entschärfte Situation entlang der Nationalstrassen

Die geplanten baulichen Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen sind weitgehend realisiert, neue eingeleitet. Die aktualisierten Kosten dafür werden auf 27 Mio. Franken (1992: 19 Mio. Franken) geschätzt. An stark befahrenen Transitachsen werden in den Städten Zürich und Winterthur sowie in 27 Landgemeinden Schallschutzfenster eingebaut. Bis Anfang 1997 wurden 57 der dafür vorgesehen 160 Mio. Franken investiert.

Weiterer Anstieg des Schwerverkehrs zu erwarten

Ob sich die in der Agglomeration Zürich beobachtete Verkehrsverlagerung des Individualverkehrs auf die Nationalstrassen lärmmindernd auf die Siedlungsgebiete ausgewirkt hat, lässt sich noch nicht beurteilen. Für die Zukunft ist aufgrund der generellen Verkehrsentwicklung in Europa ein markanter Anstieg des Schwerverkehrs zu erwarten. Mit einer allfälligen Aufhebung der 28-Tonnen-Limite oder einer Lockerung des Nacht- bzw. Sonntagsfahrverbotes würde sich die Lärmsituation zusätzlich verschlechtern.

Eisenbahnlärm

Trotz Frequenzsteigerungen weniger Lärm entlang der S-Bahn-Linien

Die Lärmbelastungen entlang des Schienennetzes sind inzwischen detailliert aufgenommen worden und in einem Immissionskataster festgehalten. Gegenüber 1992 sind kaum wesentliche Änderungen eingetreten. Die hauptsächlichen Lärmprobleme des Schienenverkehrs liegen entlang der Ost–West-Verbindung Dietikon–Zürich–Winterthur sowie am linken Zürichseeufer. Zwar brachte das S-Bahn-Angebot auf einigen Strecken erhebliche Frequenzsteigerungen. Doch konnte die dadurch entstehende Zusatzbelastung mit dem Einsatz von leiserem Rollmaterial mehr als kompensiert werden.

Fluglärm

Ziviler Luftverkehr: Technische Möglichkeiten zur Lärmreduktion praktisch ausgeschöpft

Trotz kräftigem Wachstum des Flugverkehrs vermochte der bisherige technische Fortschritt bei den Triebwerken den Fluglärm im Gebiete des Flughafens Klotens zu reduzieren. Seit geraumer Zeit zeichnet sich eine Verlagerung der Lärmbelastung ab. Im Westen des Flughafens wirken sich die technischen Verbesserungen der Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge im Sinne einer Entlastung aus, während sich vor allem im Norden, im Bereich des Landeanfluges, die Frequenzzunahme in einem Anstieg der Lärmbelastung bemerkbar macht. Im Süden wird die Lärmbelastung durch die schweren Langstreckenflugzeuge zunehmend grösser. Die Nutzung der Tagesrandstunden hat sich verstärkt. Angesichts der Tatsache, dass die technischen Möglichkeiten zur Lärmreduktion zunehmend ausgeschöpft sind, dürfte sich die Zunahme der Flugbewegungen künftig verschlechternd auf die Lärmsituation auswirken. Damit könnten die bisherigen Fortschritte durch künftigen Mehrverkehr aufgezehrt werden.

Weniger Militärfluglärm

Die Entwicklung im Militärflugbereich kann zuversichtlich beurteilt werden. Rund 24'000 Personen sind durch den Militärflugplatz Dübendorf einer temporären Lärmbelastung von über 60 dB(A) ausgesetzt. 8 % davon sind von Alarmgrenzwertüberschreitungen betroffen. Die Flugbewegungen auf dem Flugplatz Dübendorf sind seit 1991 nochmals um rund 30 % zurückgegangen und betragen noch knapp die Hälfte der Bewegungen von 1985. Die Flugbewegungen werden künftig stagnieren. Infolge des besseren Steigvermögens der neuen Kampfflugzeuge wird die Zahl der vom Lärm Betroffenen an den Pistenenden abnehmen. Seitlich der Pisten ist eine leichte Zunahme der Lärmbelastung nicht auszuschliessen.

Schiesslärm

Erfolgreiche Sanierungen

Gut 70 % der 164 300-Meter-Schiessanlagen des Kantons verursachen Überschreitungen des Alarm- oder Immissionsgrenzwertes und erfordern damit Massnahmen. Bei knapp 40 % aller Anlagen ist die Sanierung in Arbeit, bei einem Fünftel ist sie noch ausstehend. Es ist zu erwarten, dass die Sanierungsfrist von 2002 grösstenteils eingehalten werden kann.

Luft

Beachtliche Erfolge

Durch den Vollzug der Luftreinhalteverordnung (LRV) konnten innert einem Jahrzehnt beachtliche Verminderungen der Emissionen realisiert werden, was sich in einer deutlichen Verbesserung der Luftschadstoffbelastung auswirkte. Von den 18 Immissionsgrenzwerten der LRV wurden 1995 12 eingehalten, 1991 waren es erst sieben und 1986 fünf. Trotz deutlichem Rückgang der Belastung wird der Langzeitwert von Stickstoffdioxid (NO_2) an verkehrsexponierten Standorten nach wie vor überschritten. In ländlichen Gebieten sowie in den Agglomerationen und in vielen Wohngebieten von Winterthur und Zürich sind die NO_2-Grenzwerte heute aber eingehalten. Die Messwerte für Ozon liegen während der Sommermonate im ganzen Kantonsgebiet noch immer deutlich über den Grenzwerten.

Ungelöste Probleme als grosse Herausforderungen

Um die Ziele der LRV zu erreichen, müssen die Stickoxid-Emissionen gegenüber dem Stand von 1995 um weitere 30 % reduziert werden, was zusätzliche Anstrengungen erfordert. Zur Reduktion der Ozonbelastung ist zudem eine Verminderung der VOC-Emissionen vor allem aus Industrie und Gewerbe notwendig.

Gesundheitliche Risiken, wirtschaftliche Einbussen

Übermässige Luftschadstoff-Immissionen können die Gesundheit beeinträchtigen. Dies äussert sich bei Ozon typischerweise in Form brennender Augen und gereizter Schleimhäute oder bei hoher Staubbelastung in einem häufigeren Auftreten von Atemwegserkrankungen. Hohe Konzentrationen gewisser Substanzen, wie Benzol oder Dieselruss, können zu Krebs führen. Der übermässige Stickstoffeintrag über die Atmosphäre belastet Wälder und naturnahe Ökosysteme durch Überdüngung. Bei Kulturpflanzen und Waldbäumen sind ozonbedingte Ertragseinbussen festzustellen. Die Folgekosten der übermässigen Luftverschmutzung in Form von Gebäudeschäden, Gesundheitskosten, Waldschäden und Ertragsverlusten in der Landwirtschaft werden für den Kanton Zürich auf jährlich 300–800 Mio. Franken geschätzt.

Massnahmen des «Luft-Progamms 1996»

Mit dem «Luft-Programm 1996», das eine Aktualisierung des Massnahmenplans Lufthygiene von 1990 darstellt, hat der Kanton Zürich den Willen zur Reduktion der übermässigen Luftschadstoff-Immissionen bekräftigt. Bei vollständiger Umsetzung des «Luft-Programms 1996» wird erwartet, dass die NO_2-Grenzwerte bis zum Jahre 2005 mit Ausnahme weniger Standorte entlang stark verkehrsbelasteter Strassen eingehalten werden. Keine grosse Erleichterung darf bei der hochsommerlichen Ozonbelastung erhofft werden, da hier nur ein gesamteuropäisches Vorgehen zum Ziel führt. Immerhin werden die besonders kritischen Spitzenbelastungen von über 200 µg/m³ immer seltener. Es gilt aber auch eine Reihe weiterer Stoffe (z. B. Benzol, Feinstaube) zu beachten, für die in der LRV (noch) keine Grenzwerte existieren, deren gesundheitsgefährdende Wirkung heute aber nachgewiesen ist.

Abwasser und Gewässer

Abwasserbehandlung

Höhere Reinigungsleistung

In den öffentlichen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) des Kantons wurden 1995 rund 280 Mio. m³ Abwasser gereinigt. Gegenüber 1991 konnte die Reinigungsleistung weiter gesteigert werden. 1995 wurde 98 % (1991: 94 %) des gereinigten Abwassers einer Phosphatfällung unterzogen und 55 % (45 %) der Abwassermenge durchlief zusätzlich eine Flockungsfiltration. Die Umwandlung von Ammonium zu Nitrat (Nitrifikation) findet bei 70 % der Abwassermenge statt, die weitere Umwandlung zu elementarem Stickstoff (Denitrifikation) bei knapp der Hälfte der Gesamtmenge.

Klärschlamm von guter Qualität

Der anfallende Klärschlamm hat eine gute Qualität, was auf Erfolge im Bereich der Stoffverordnung hinweist. Auch die stark verschärften Grenzwerte für den Gehalt an Schwermetallen im Klärschlamm konnten weitgehend eingehalten werden. Nur in wenigen Ausnahmefällen musste ein zeitweiliges Verbot für die landwirtschaftliche Schlammverwertung verhängt werden, weil einzelne Grenzwerte nicht eingehalten werden konnten. Die Bedeutung der Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft hat allerdings weiter abgenommen. Nur noch 45 % des Klärschlammes gelangt über diesen Weg zur Entsorgung. 1991 waren es noch 70 %. In zunehmendem Masse wird der Klärschlamm verbrannt.

Gewässerbelastung

Zu grosse Abwassermengen

Ein bleibendes Problem stellt das Verdünnungsverhältnis zwischen gereinigtem Abwasser und Flusswasser dar. Nur bei den grossen Flüssen wird ein ausreichendes Verdünnungsverhältnis von etwa 1:10 erreicht. Im Einzelfall müssen daher tiefere Einleitungsgrenzwerte festgelegt werden, die durch Massnahmen bei der ARA erreicht werden können. Beispielsweise kann eine Verringerung des Anteils unverschmutzten Wassers im Abwasser dazu beitragen, die Reinigungsleistung der ARA zu erhöhen.

Nach wie vor zu hohe Nitratbelastungen

Bezüglich der Nitratbelastung haben sich gegenüber der Vorperiode nur unwesentliche Änderungen ergeben. Bei den mittelgrossen Flüssen gibt es nur wenige, die teilweise als unbelastet zu betrachten sind. Durch die Einleitung von geklärtem Abwasser aus den ARA steigt aber auch bei diesen die Nitratkonzentration entlang der Fliessstrecke an, so dass im Unterlauf eine hohe Belastung resultiert. Einzig die grossen Flüsse Rhein, Limmat und Sihl gelten generell als weniger belastet. Sie führen zwar ebenfalls grosse Mengen an Nitrat mit sich, jedoch verbleiben die Konzentrationen wegen der grossen Wassermengen auf tiefem Niveau.

Erfolge beim Ammonium

Im überwiegenden Teil des Kantons kann das Qualitätsziel für Ammonium eingehalten werden. Hohe Ammoniumbelastungen sind ausnahmslos auf ungenügend arbeitende ARA zurückzuführen. Verschiedene Um- oder Neubauten von ARA haben bewirkt, dass nun auch im Furtbach, im Aabach und im Landbach das Qualitätsziel eingehalten werden kann.

Erfolgreiche Phosphatreduktion

Erfolge gebracht haben die Anstrengungen zur Reduktion des Phosphatgehaltes in den Gewässern. Die grosse Mehrheit der Bäche und Flüsse, insbesondere sämtliche grösseren Seezuflüsse, sind praktisch unbelastet. Im Zürichsee wurde der Zielwert von 30 µg/m³ seit 1993 nicht mehr überschritten. Dank technisch verbesserter Sauerstoffversorgung ist dies auch beim Türlersee der Fall. Im Greifensee

und im Pfäffikersee konnte dieses Ziel trotz grossen Anstrengungen noch nicht erreicht werden. Insbesondere beim Greifensee sind neben Massnahmen bei den ARA Massnahmen zur Verminderung der diffusen Einträge aus dem Landwirtschaftsgebiet erforderlich.

Grundwasser

Zu hohe Nitratbelastungen

Mit Ausnahme der Grundwasserströme im Bereich der Städte und Siedlungen ist die Grundwasserneubildung gewährleistet. Die Belastung des Grundwassers mit Schwermetallen stellt kein Problem dar. Von Einzelfällen abgesehen, kann das Grundwasser ohne Aufbereitung als Trinkwasser verwendet werden. Insbesondere die Trinkwasserfassungen der Städte, die den Grossteil der Bevölkerung versorgen, halten die Qualitätsanforderungen einwandfrei ein. Probleme bereitet der Nitratgehalt, der bei 15 % der untersuchten Fassungen, vor allem in ländlichen Gegenden, über dem Toleranzwert liegt. Die Ursache dafür ist vor allem in der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung zu suchen. Die weniger intensive Bodennutzung wird durch Beratung und Information, aber auch durch die neue Landwirtschaftspolitik gefördert. In den letzten Jahren scheint sich eine Stabilisierung des Nitratgehaltes auf hohem Niveau, teilweise ein Rückgang abzuzeichnen. Dennoch bedarf es weiterhin grosser Anstrengungen, um im Grundwasser die Qualitätsziele für Trinkwasser bezüglich Nitrat wie auch bezüglich flüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe (Lösungsmittel) einzuhalten.

Boden

Bodenbelastung

Langfristige Bodenbeobachtung fehlt

Ein Gesamtüberblick über die Bodenbelastung liegt zur Zeit nur für 1989 vor. Das Kantonale Bodenbeobachtungsnetz (KABO), das dazu dienen soll, die langfristigen Veränderungen der Bodenfruchtbarkeit zu erkennen, musste in der Aufbauphase aus finanziellen Gründen sistiert werden. Vergleiche mit den Ende der achtziger Jahre durchgeführten Bodenanalysen sind somit nicht möglich. Grossräumige Bodenuntersuchungen in einzelnen Regionen zeigen aber, dass die Bodenfruchtbarkeit verbreitet gefährdet ist. Je nach Region und aktueller Nutzung ist in etwa 10–50 % der Fälle mit Richtwertüberschreitungen für Schwermetalle im Oberboden gemäss Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) zu rechnen. Generell problematisch sind die Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink. Für Kupfer ist dies vor allem im Landwirtschafts- und Siedlungsgebiet der Fall. Im Wald bewirkt der oft saure Boden, dass hohe Konzentrationen an gelöstem und damit pflanzenverfügbarem Cadmium und Zink auftreten. Die Spanne bis zum Erreichen der VSBo-Richtwerte ist generell geringer als früher angenommen.

Verschleppung von Schadstoffbelastungen

Als Problem erweist sich die Verschleppung von Bodenbelastungen durch den Transport von Aushubmaterial. Rund 30 % der jährlich verschobenen 500'000 m^3 Oberbodenmaterials (Humus) weist Belastungen über dem Richtwert auf, bei rund 5 % liegt die Belastung über dem doppelten Richtwert. Ein Kataster für Verdachtsflächen mit Richtwertüberschreitungen wird aufgebaut. So kann langfristig verhindert werden, dass durch Verschleppungen die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigt wird.

Die aktuelle Entwicklung führt zu einer weiteren Akkumulation von Schadstoffen bis zu den gesetzlichen Richtwerten. Um dem Vorsorgegedanken Rechnung zu tragen, müsste (angesichts der Nichtabbaubarkeit von Schadstoffen im Boden) der Schadstoffeintrag zumindest auf den Wert des Schadstoffaustrages reduziert werden. Mit der Revision des Umweltschutzgesetzes wird auch der physikalische Bodenschutz gesetzlich geregelt. Dies betrifft sowohl die Land- und Forstwirtschaft als auch Erdarbeiten und Rekultivierungen. Als Grundlage für präventive Massnahmen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bedarf es einer kontinuierlichen Zustandsbeobachtung.

Altlasten

Zahlreiche Altlasten und Altlastenverdachtsflächen

Gut 11'000 Standorte im Kanton Zürich sind als Altlasten- und Altlastenverdachts-Flächen erfasst. Bis anhin wurden 800 Altlastenfälle den zuständigen Behörden gemeldet und für die Hälfte davon die erforderlichen Massnahmen ausgeführt und abgeschlossen. Die Erfahrungen zeigen, dass sowohl in der Bausubstanz als auch im Untergrund grosse Schadstoffmengen eingelagert sein können. Darunter finden sich polychlorierte Biphenyle (PCB), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Dioxine, aber auch problematische Schwermetalle wie Quecksilber, Cadmium und Chrom. Trotz den hohen Belastungen sind nur wenig Fälle von akuter Toxizität bekannt. Einige krebserzeugende und das Erbgut schädigende Schadstoffe sind bereits in geringsten Mengen wirksam. Sie sollten in möglichst konzentrierter Form aus der lokalen Altlast entfernt und unschädlich gemacht werden.

Lebensräume und Landschaft

Beobachtung von grosser Bedeutung

Die Veränderung von Lebensräumen und Landschaft ist ein kontinuierlicher Prozess, der meist in kleinen Einzelschritten vor sich geht. Die Erstellung von Inventaren für verschiedene Tier- und Pflanzengruppen sowie spezielle Biotoptypen verursacht einen grossen Aufwand. Eine Aktualisierung der Situationsdarstellung ist daher nur in grösseren Zeitabständen möglich, obwohl die Bestände von Tier- und Pflanzenarten sich schneller verändern können oder auch kurzfristigere Schwankungen aufweisen. So können nur für einzelne Gruppen oder Arten aktualisierte Angaben gemacht werden.

Artenschutz

Rückgang der Arten setzt sich fort

Die bisherigen Erhebungen der Vogelbestände im Rahmen des Avimonitoring-Projektes belegen seit 1993 einen anhaltenden Rückgang der Artenzahl und der spezifischen Bestände der einzelnen Vogelarten. Der beobachtete Rückgang von 99 auf 89 Arten betraf alles Arten der Roten Liste, darunter vor allem auch Bodenbrüter, deren Lebensraum Kulturland durch die intensive landwirtschaftliche Bodennutzung stark beeinträchtigt wird. Aufgrund des Avimonitoring kann auch der Erfolg gezielter Artenschutzmassnahmen (z. B. beim Eisvogel) belegt werden.

Artenschutzmassnahmen sind auch für die Reptilien erforderlich. Die Mauereidechse sowie die im Kanton Zürich vorkommenden Schlangenarten sind stark gefährdet oder vom Aussterben bedroht. Erfreulich ist die Entwicklung des

national vom Aussterben bedrohten Laubfrosches. Bestandesaufnahmen im Gebiet Thurtal–Rhein–Niederholz lassen auf eine Zunahme der Bestände seit Ende der sechziger Jahre schliessen. Der Laubfrosch bleibt aufgrund der dynamischen Lebensraumentwicklung aber weiter gefährdet.

Auch für Laien erkennbar ist der Rückgang der Schmetterlinge. Anfangs der neunziger Jahre konnten ausserhalb des Waldgebietes noch 76 Schmetterlingsarten festgestellt werden. Dies sind 30 Arten weniger als Ende des letzten Jahrhunderts. Mehrere der noch vorkommenden Arten sind derart selten, dass von ihnen nur eine einzige oder wenige Fundstellen bekannt sind. 30 der 76 aufgefundenen Arten stehen auf der Roten Liste.

Erhaltung und Neuschaffung von Lebensräumen

Naturschutz-Gesamtkonzept: Förderung und Neuschaffung von Lebensräumen als Zukunftsaufgabe

Der Artenschwund erfolgt in aller Regel mit einer zeitlichen Verzögerung gegenüber der Zerstörung der Lebensräume. Die Erhaltung des aktuellen Zustandes der Landschaft reicht daher nicht aus, um die heute noch vorhandenen Bestände an wildlebenden Tieren und Pflanzen langfristig zu sichern. Erforderlich ist die aktive Förderung und Neuschaffung bestimmter Lebensräume. Schutzgebiete beherbergen die meisten der bedrohten Arten und stellen die Kristallisationspunkte jeder künftigen Biotop- und Landschaftsaufwertung dar. Aktuell verfügen rund 60 % der Naturschutzgebiete von überkommunaler Bedeutung über grundeigentümerverbindliche Schutzbestimmungen.

Um die einheimischen Arten und Lebensgemeinschaften zu erhalten, sind dafür geeignete Lebensräume von minimaler Ausdehnung notwendig. Entsprechende Massnahmenstrategien für den Kanton Zürich werden im Naturschutz-Gesamtkonzept aufgezeigt, das der Regierungsrat 1995 verabschiedet hat. So sollten rund 11'000 Hektaren oder gut 13 % des landwirtschaftlichen Kulturlandes mittelfristig mit primärem Naturschutzziel extensiv bewirtschaftet werden. Der heutige Bestand von 3300 Hektaren ist im kommenden Jahrzehnt zu verdreifachen. Im Wald sind mittelfristig 7250 Hektaren oder 14,5 % der Gesamtwaldfläche als spezielle Waldlebensräume vorzusehen. Ein gutes Drittel davon sollte als mit primärem Naturschutzziel (lichter Wald) oder überhaupt nicht (Waldreservate) bewirtschaftet werden.



Umweltrelevante Aktivitäten

Wohnbevölkerung, Bodennutzung

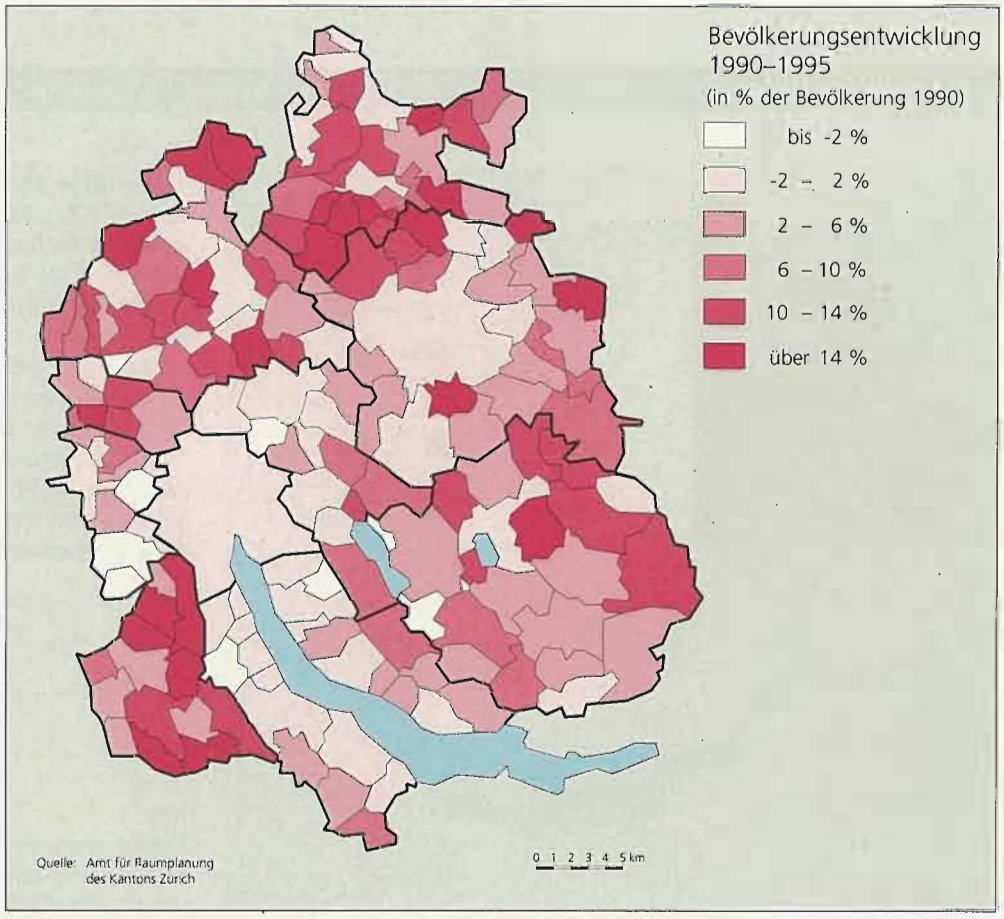
Wohnen, Arbeiten	**31**
Bodennutzung	**32**
Bauzonen	**33**
Nutzungsintensität in den Bauzonen	**34**
Nutzungsreserven in den Bauzonen	**36**
Vergleich Flächenreserven – Entwicklungsperspektiven	**38**
Handlungsbedarf	**39**

Wohnen, Arbeiten

Wohnbevölkerung

1995 lebten im Kanton Zürich 1,173 Mio. Einwohner, was einem Zuwachs von rund 18'000 oder 1,6 % gegenüber dem Stand von 1990 entspricht. Die grössten prozentualen Bevölkerungszunahmen verzeichnen die Regionen Knonaueramt (+9,9 %), Weinland (+7,2 %), Furttal (+6,8 %) und Unterland (+6,2 %), während die Region Limmattal einen Rückgang von –0,5 % und die Stadt Zürich einen solchen von –1,6 % (das sind rund 5500 Personen) aufweisen.

Zwei Drittel der gesamtkantonal registrierten Zunahme sind wanderungs-, ein Drittel ist geburtenbedingt. Der positive Wanderungssaldo in dieser Zeitspanne ist – wenn auch geringfügiger – nach wie vor auf Zuzüge aus dem Ausland zurückzuführen.



Karte 1
Bevölkerungsentwicklung 1990 –1995

Beschäftigung

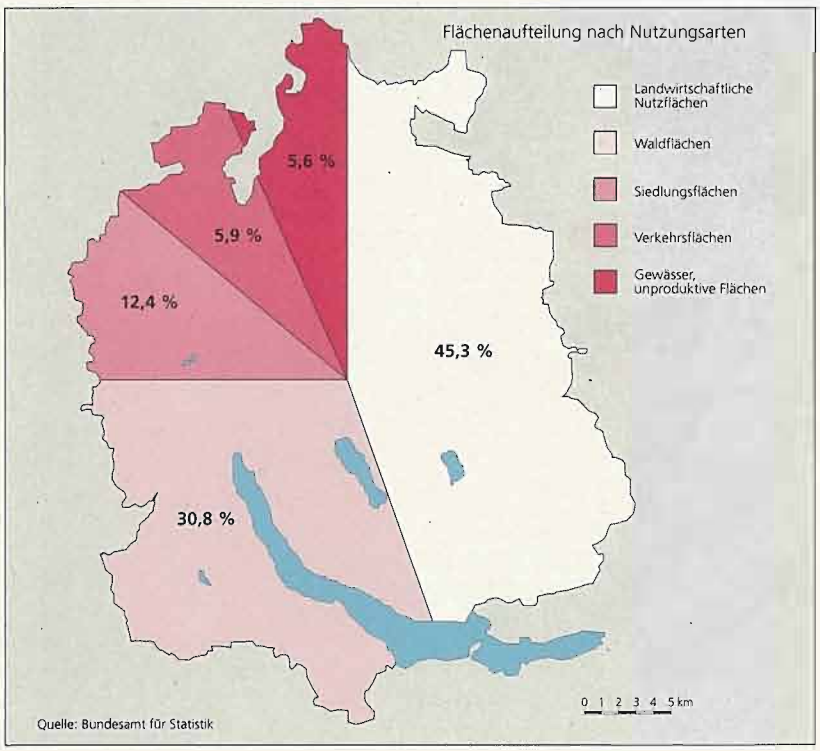
Gemäss der Eidgenössischen Betriebszählung arbeiteten Ende September 1995 im Kanton Zürich 691'557 Beschäftigte in 67'178 Arbeitsstätten. Gegenüber der Zählung von 1991 bedeutet das einen Rückgang von 63'049 Beschäftigten (–8,4 %). Dieser Rückgang entspricht zwei Dritteln der Zunahme der Arbeitsplätze in den Jahren 1985 bis 1991. Erstmals beschränkte sich dieser Rückgang nicht allein auf den 2. Sektor (Industrie und Gewerbe) sondern erfasste auch den 3. Sektor (Dienstleistungen).

Im 2. Sektor wurden 34'127 Arbeitsplätze abgebaut, davon 11'159 in der Maschinenindustrie und 6277 im Bereich Bauhauptgewerbe. Insgesamt ging die Zahl der Beschäftigten innerhalb von 4 Jahren um 16,4 % zurück. Im Gegensatz zu frü-

heren Perioden konnte dieser Beschäftigungsrückgang nicht durch eine Zunahme der Zahl der Beschäftigten im 3. Sektor kompensiert werden. Vielmehr gingen im Zeitraum 1991–1995 in diesem Sektor 28'922 Arbeitsplätze (–5,3 %) verloren. Besonders hart vom Beschäftigungsrückgang wurde die Luftfahrt betroffen (11'435 Arbeitsplätze oder –60,4 %), gefolgt von den Branchen Einzel-, Detailhandel (8230 Arbeitsplätze oder –11,1 %) und Grosshandel (6954 Arbeitsplätze oder –11,7 %).

Der Rückgang der Beschäftigtenzahl von 8,4 % im Kanton Zürich liegt deutlich über dem schweizerischen Mittel von 5,9 %. Auch hier fand 1991 eine Trendwende statt: Während sich früher der Kanton Zürich durch ein überdurchschnittliches Wachstum der Zahl der Beschäftigten ausgezeichnet hatte, schnitten im Zeitraum 1991 bis 1995 nur gerade drei Kantone noch schlechter als Zürich ab.

Bodennutzung



Die Gesamtfläche des Kantons Zürich beträgt 172'875 Hektaren. Rund 45 % werden landwirtschaftlich genutzt, 31 % entfallen auf den Wald. Beinahe ein Fünftel der Kantonsfläche ist überbaut (Siedlungs- und Verkehrsflächen).

Der Anteil der überbauten Fläche ist rund dreimal grösser als der schweizerische Durchschnitt, auch der Anteil der Landwirtschaftsfläche liegt 20 % über dem schweizerischen Mittel. Diese Zahlen wiederspiegeln die intensive Nutzung des Lebens- und Wirtschaftsraumes Kanton Zürich.

Abb. 1
Bodennutzung im Kanton Zürich aufgrund der Arealstatistik 1979 /1985

Bauzonen

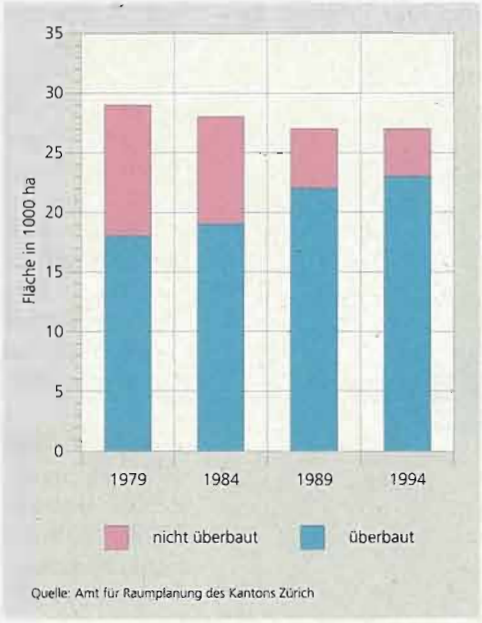


Abb. 2
Bauzonenentwicklung 1979 –1994 im Kanton Zürich

Langfristige Bauzonenentwicklung 1979 –1994

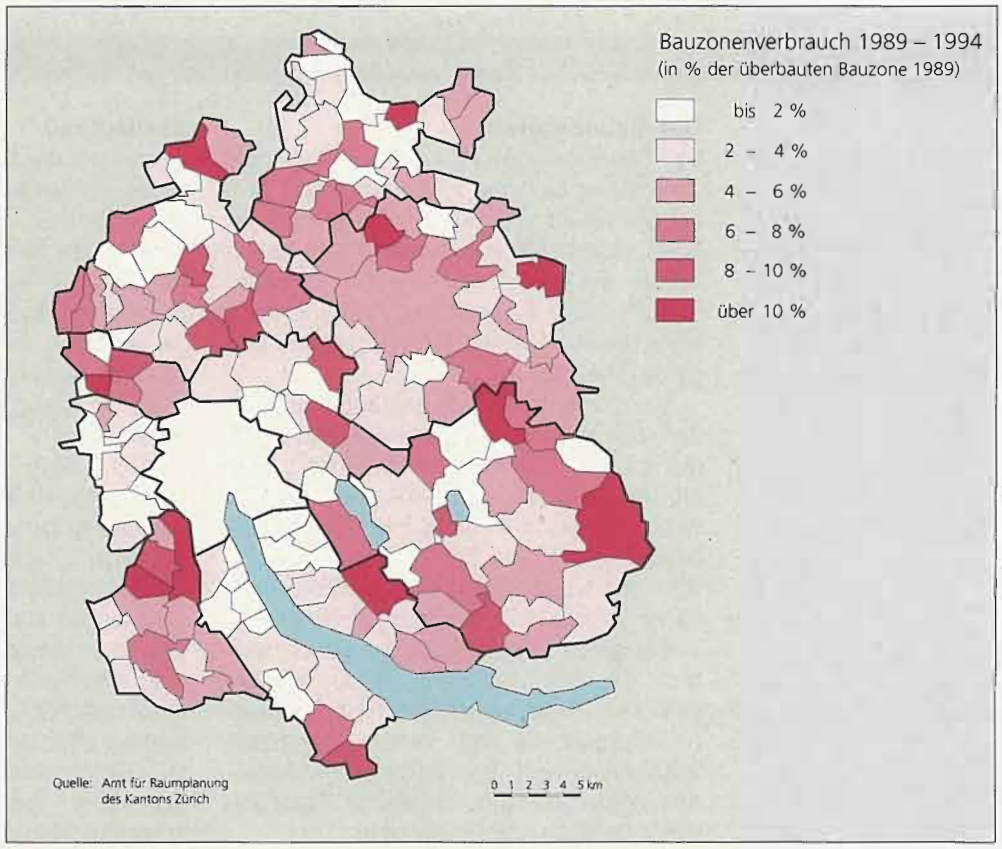
Abbildung 2 zeigt die Bauzonenentwicklung in den vergangenen 15 Jahren im Kanton Zürich.

Insgesamt wurden im Kanton Zürich zwischen 1979 und 1994 rund 3020 Hektaren Bauzonen neu überbaut.

Flächenmässig ist der Verbrauch während dieser 15-Jahres-Periode in den Planungsregionen (vgl. Anhang Seite 209) Oberland mit 539, Glattal mit 445 und Winterthur und Umgebung mit 442 Hektaren am grössten, im Weinland mit 113, in der Stadt Zürich mit 129 und im Furttal mit 139 Hektaren am geringsten. Der Bauzonenverbrauch in den übrigen Regionen beträgt: Unterland 347, Pfannenstil 236, Zimmerberg 232, Knonaueramt 206 und Limmattal 191 Hektaren.

Bauzonenverbrauch 1989–1994

Der Bauzonenverbrauch während der Beobachtungsperiode 1989 –1994 beträgt gesamtkantonal 721 Hektaren. Den grössten Verbrauch verzeichnet man in den Regionen Winterthur und Umgebung mit 144,7 und Oberland mit 120,4, den geringsten in den Regionen Stadt Zürich mit 3,5, Limmattal mit 26,6 und Furttal mit 37,7 Hektaren.



Karte 2
Bauzonenverbrauch 1989 –1994

Bauzonen

Gilt es, die Dynamik der jüngsten Flächenbeanspruchung in der noch unüberbauten Bauzone zu beurteilen, ist eine relative Betrachtung des Bauzonenverbrauchs aussagekräftiger:

Bezogen auf die am Ende des Ausgangsjahres 1989 überbaute Bauzone verzeichnen die Regionen Furttal (+6,4 %) und Knonaueramt (+5,9 %) den grössten, die Stadt Zürich (+0,1 %) und die Regionen Limmattal (+2,0 %) und Zimmerberg (+2,3 %) den geringsten relativen Flächenverbrauch. Gesamtkantonal beträgt der Bauzonenverbrauch zwischen 1989 und 1994 3,3 % der überbauten Bauzonenfläche von 1989.

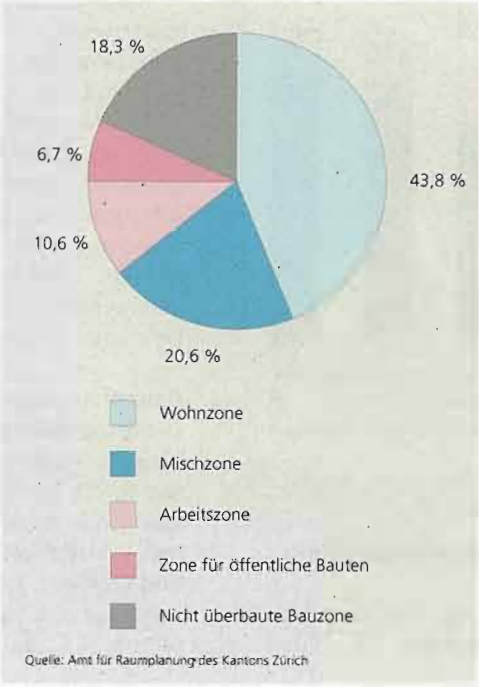


Abb. 3
Anteile der verschiedenen Zonentypen im Siedlungsgebiet

Stand der Bauzonen 1994

1994 verfügte der Kanton Zürich über 27'762 Hektaren Bauzonen. Davon waren 22'687 (82 %) überbaut und 5075 Hektaren nicht überbaut.

Anteilsmässig stellen die Wohnzonen mit 12'151 Hektaren die grösste Fläche, gefolgt von den Mischzonen (dazu gehören Kern-, Zentrums- und gemischte Wohn- und Gewerbezonen) mit 5720, den Arbeitszonen mit 2955 und den Zonen für öffentliche Bauten mit 1861 Hektaren.

Nutzungsintensität in den Bauzonen

Überbauungsgrad

Der Überbauungsgrad – als Verhältnis der überbauten Bauzone zum Bauzonentotal – beträgt im Kanton Zürich im Durchschnitt 82 % (Karte 3). Auf kommunaler Ebene streuen die Werte zwischen 56 % (Fischental) und 98 % (Regensberg), und auf regionaler Ebene zwischen 74 % (Unterland) und 94 % (Stadt Zürich).

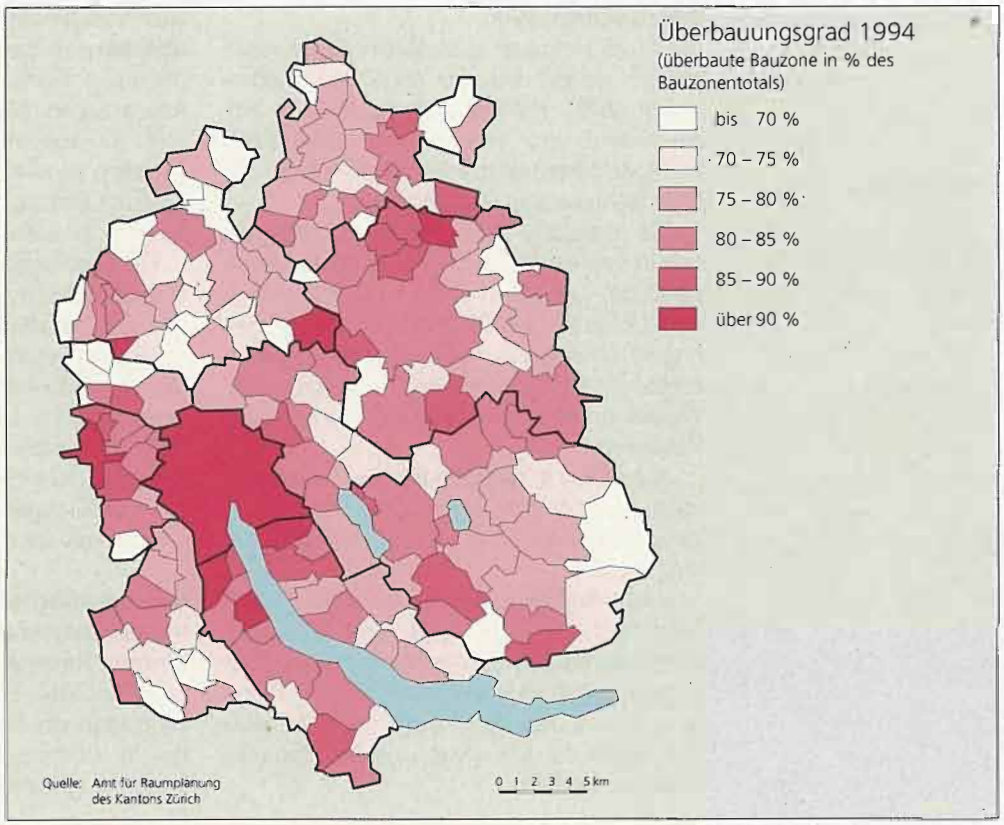
Die teils noch ländlich geprägten und mit dem öffentlichen Verkehr teilweise weniger gut erschlossenen Regionen Unterland, Furttal, Weinland, Knonaueramt und Oberland weisen einen unterdurchschnittlichen Überbauungsgrad aus. Der unterdurchschnittliche Überbauungsgrad in der Region Glatttal ist auf die in Zeiten erhöhter Nachfrage als Baugebiet ausgeschiedenen, jedoch noch nicht genutzten grösseren Flächen zurückzuführen. Überdurchschnittlich ist der Überbauungsgrad in den intensiv genutzten Arbeitsplatz- und Wohngebieten der Regionen Winterthur und Umgebung, Stadt Zürich, Limmattal und Zimmerberg.

Ausbaugrad

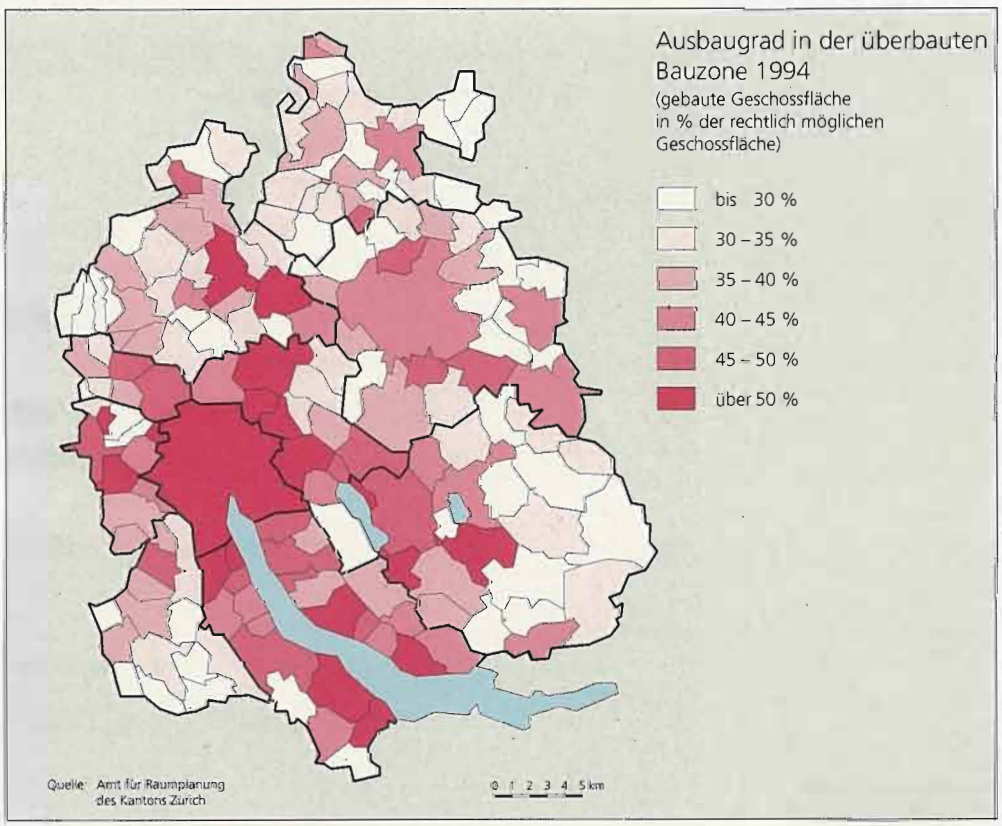
Setzt man die bereits realisierte Geschossfläche ins Verhältnis zu der aufgrund der Nutzungsziffer maximal zulässigen Geschossfläche innerhalb der bereits überbauten Bauzone, erhält man den Ausbaugrad. Je tiefer der Ausbaugrad, desto grösser sind die «inneren Reserven» (vgl. Geschossflächenreserven in den überbauten Bauzonen).

Der Ausbaugrad in den bereits überbauten Bauzonen – ohne Zone für öffentliche Bauten – liegt 1994 im kantonalen Durchschnitt bei 45 %. Zwischen den Regionen schwanken die Werte von 31 % (Unterland) bis 53 % (Stadt Zürich). Eher tiefe, d. h. unterdurchschnittliche Werte beim Ausbaugrad weisen erwartungsgemäss die ländlich geprägten Regionen Unterland, Knonaueramt, Weinland und Oberland auf. Die attraktiven Wohngebiete und Arbeitsplatzzentren (Pfannenstil, Zimmerberg, Limmattal, Glattal, und Stadt Zürich) weisen demgegenüber überdurchschnittliche Ausbaugrade aus (Karte 4).

Nutzungsintensität in den Bauzonen



Karte 3
Überbauungsgrad 1994



Karte 4
Ausbaugrad 1994

Nutzungsreserven in den Bauzonen

Bauzonenreserven

Die 5075 Hektaren umfassende Bauzonenreserve verteilt sich zu 49 % auf Wohnzonen (2491 Hektaren), je rund 21 % auf die Misch- und Arbeitszonen (1055 bzw. 1094 Hektaren) und 9 % auf die Zonen für öffentliche Bauten (436 Hektaren).

Die grössten Flächenreserven befinden sich in den Regionen Oberland (831), Glattal (718), Unterland (709) und Winterthur und Umgebung (692 Hektaren). Über geringere Reserven verfügen die kleine Region Furttal (215), die Regionen Limmattal (230), Weinland (260) und die Stadt Zürich (261 Hektaren).

Abbildung 4 zeigt die Reserven unterteilt nach den Zonentypen Wohn-, Misch-, Arbeitszonen und Zonen für öffentliche Bauten.

Nach Angaben der Gemeinden gelten rund 3000 Hektaren oder rund 60 % der nicht überbauten Bauzonen als baureif, bei weiteren 1780 Hektaren oder 35 % wird angenommen, dass sie innerhalb der nächsten fünf Jahre die Voraussetzung der Baureife erlangen werden.

Geschossflächenreserven in den nicht überbauten Bauzonen

Die nicht überbauten Wohn- Misch- und Arbeitszonen bieten gesamthaft Platz für rund 37 Mio. m² Geschossflächen. Davon entfallen rund 13 Mio. m² auf Wohnzonen, rund 10 Mio. m² auf Mischzonen und rund 14 Mio. m² auf Arbeitszonen.

Flächenmässig verfügen die Regionen Unterland (6,9 Mio. m²), Oberland (5,8 Mio. m²) und Glattal (5,4 Mio. m²) über die grössten Geschossflächenreserven in den nicht überbauten Bauzonen. Die Regionen Limmattal (1,7 Mio. m²), Knonaueramt (1,6 Mio. m²) und Weinland (1,4 Mio. m²) verfügen über die geringsten, nämlich rund drei- bis viermal weniger Geschossflächenreserven als die erstgenannten Regionen.

Geschossflächenreserven in den überbauten Bauzonen – «innere Reserven»

Eines der Ziele des Richtplanes ist die Konzentration der Siedlungsentwicklung in den bereits überbauten Bauzonen, d.h. nach innen, durch verdichtetes Bauen in Gebieten

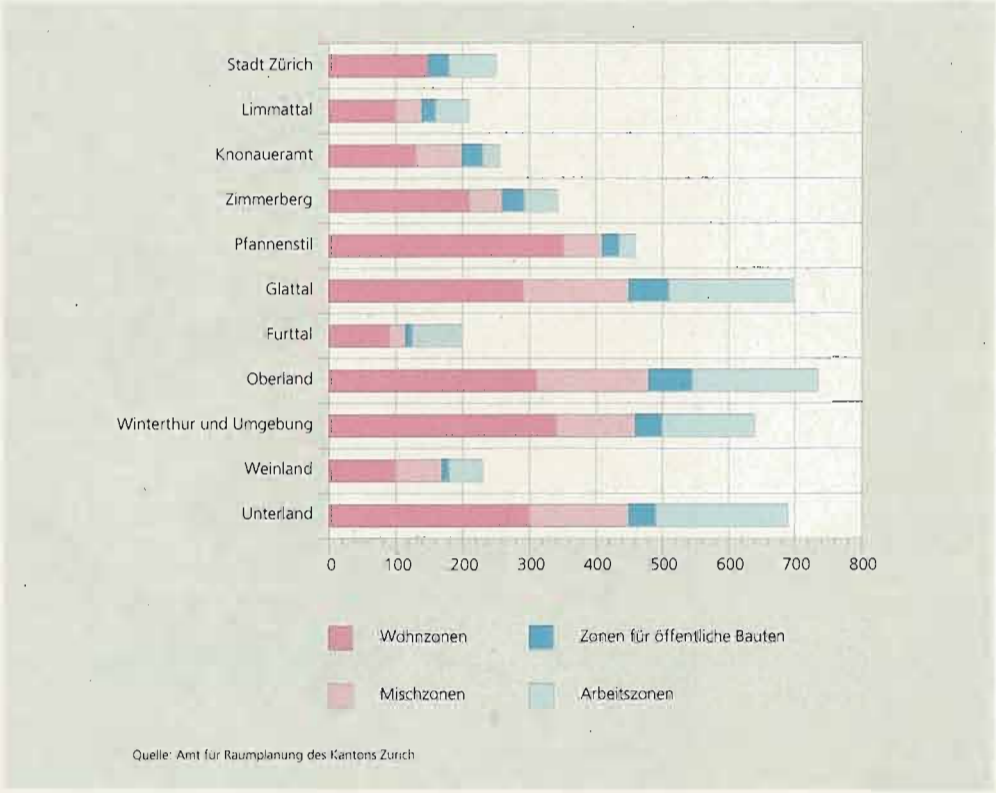


Abb. 4
Bauzonenreserven 1994 nach Zonentyp und Region

mit niedrigem Ausbaugrad (siehe Ausbaugrad). Im Lichte dieser Grundvorstellung verdienen die sogenannten «inneren Reserven» besondere Beachtung.

Insgesamt verfügt der Kanton Zürich in den überbauten Bauzonen über eine Geschossflächenreserve von beinahe 100 Mio. m², d. h. beinahe dreimal mehr als in den nicht überbauten Bauzonen. Diese sehr beachtliche Reserve verteilt sich zu einem Viertel auf die Stadt Zürich (24,5 Mio. m²), 14,6 Mio. m² entfallen auf die Region Winterthur und Umgebung, 12,2 Mio. m² auf das Oberland und 11 Mio. m² auf das Unterland.

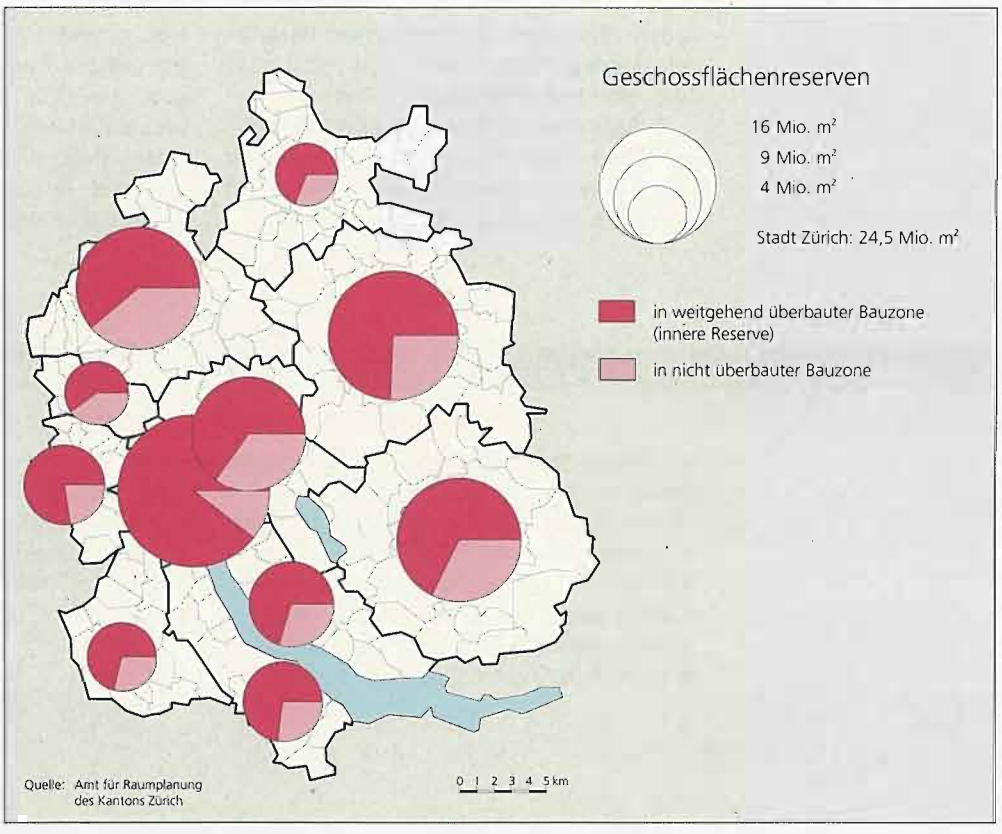
Karte 5 zeigt die Summe aller Geschossflächenreserven, unterteilt nach den «inneren Reserven» und den Reserven in den nicht überbauten Bauzonen nach Regionen.

Nicht genutzte Gebäudeflächen

Leerstehende und stark unternutzte Geschossflächen gewinnen als Nutzungsreserve zunehmend an Bedeutung. 1995 registrierte man im Kanton Zürich brachliegende Geschossflächen von mindestens 6,5 Millionen m². Rund sechs Millionen entfallen dabei auf ehemals industriell genutzte Flächen und rund 500'000 m² auf leerstehende Büroflächen. Die Brachflächen aus Industrie und Gewerbe liegen schwergewichtig in der nördlichen Peripherie der Stadt Zürich (Nordquartiere und angrenzende Gemeinden), in der Stadt Winterthur, im Limmattal sowie in den ehemaligen Industriestandorten entlang den Flussläufen der Glatt und der Töss. Der Leerbestand bei den Büroflächen konzentriert sich auf weniger bevorzugte und periphere Standorte.

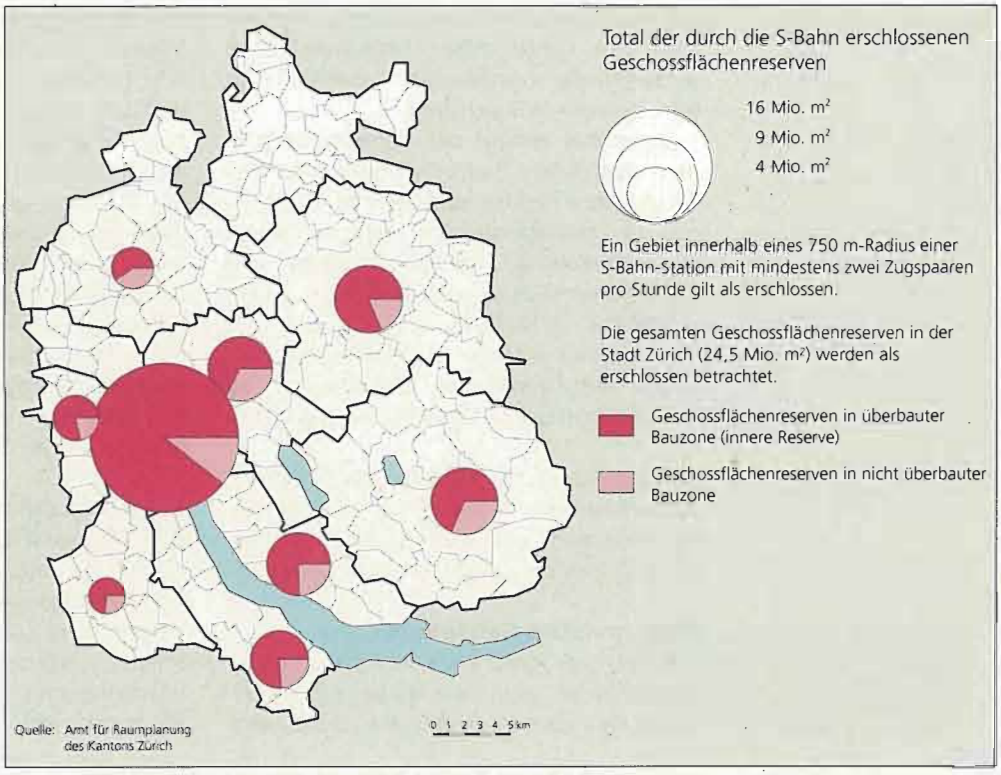
S-Bahn-Erschliessung der Geschossflächenreserven

Betrachtet man ein Gebiet innerhalb eines 750-m-Radius einer S-Bahn-Station mit mindestens zwei Zugspaaren pro Stunde als erschlossen, können 11,3 Mio. m² Geschossflächenreserven in noch nicht überbauten Bauzonen und 47,7 Mio. m² in den über-



Karte 5
Nutzungsreserven in den Bauzonen 1994 nach Regionen

Nutzungsreserven in den Bauzonen



Karte 6
Erschliessung der Geschossflächenreserven durch die S-Bahn

bauten Bauzonen als erschlossen bezeichnet werden. Gesamthaft sind dies rund 44 % aller Nutzungsreserven (Karte 6).

Aufgrund dieser Definition sind die Reserven in der Stadt Zürich, den beiden Zürichseeregionen Zimmerberg und Pfannenstil sowie im Limmattal am besten mit der S-Bahn erschlossen. Weit weniger gut ist der entsprechende Erschliessungsstand hingegen in den Regionen Weinland, Furttal und Unterland. Nicht berücksichtigt sind an dieser Stelle die Buszubringerlinien, welche die lokale Erschliessungsqualiät in S-Bahn-Stationnähe wesentlich mitbestimmen.

Vergleich Flächenreserven – Entwicklungsperspektiven

Für den Kanton Zürich wird gemäss neueren Entwicklungsperspektiven von Bund und Kanton für die nächsten 15 Jahre ein mässiges Wachstum von 20'000 bis 30'000 Einwohnern und etwa doppelt so vielen Arbeitsplätzen erwartet. Dabei ist mit regional unterschiedlichen Entwicklungen vor allem im Bereich der Arbeitsplätze zu rechnen.

Der Vergleich zwischen den Entwicklungsperspektiven und den aufgezeigten Flächenreserven ergibt, dass auch in Regionen mit geringeren Reserven in quantitativer Hinsicht genügend Spielraum zur Aufnahme der prognostizierten Zunahmen besteht.

Handlungsbedarf

Mit dem kantonalen Richtplan vom Januar 1995 hat der Kanton die Absichten der angestrebten künftigen räumlichen Entwicklung festgelegt. Mit den dem Richtplan zugrundeliegenden drei Leitlinien hat er sich den Rahmen zu einer nachhaltigen Entwicklung gegeben und die Möglichkeit geschaffen, Tendenzen der räumlichen Entwicklung hinsichtlich der Zielsetzungen zu beurteilen und einen allfälligen Handlungsbedarf abzuleiten.

Leitlinie 1
Die Zukunftstauglichkeit der Siedlungsstrukturen ist sicherzustellen und zu verbessern.

Der Kanton Zürich verfügt über grosse, durch den öffentlichen Verkehr (ÖV) gut erschlossene Nutzungsreserven, gerade auch in den bereits weitgehend überbauten Bauzonen («innere Reserven»). Trotz den vorhandenen «inneren Reserven» wird nach wie vor auch auf der grünen Wiese gebaut. Offensichtlich entspricht das vorhandene Flächenangebot noch in zu wenigen Fällen den individuellen Flächenansprüchen im Bereich Wohnen wie Arbeiten.

Um den anstehenden Flächenbedarf – der massgeblich durch Veränderungen in den Haushalts- und Betriebsstrukturen bestimmt werden wird – vermehrt über die Potentiale innerhalb der überbauten Bauzonen abzudecken, sind Flächen, die sich zur Um- oder verdichteten Nutzung eignen, vermehrt in die Entwicklungsstrategien der Gemeinden einzubeziehen. Dabei gewinnen organisatorische gegenüber rein baulichen Lösungen zunehmend an Bedeutung. Zusätzlich gilt es, die durch die Gesetzgebung geschaffenen Möglichkeiten bei der Umnutzung solcher Gebiete voll auszuschöpfen und gezielt nach baulichen Konzeptionen für eine multifunktionale Gebäudenutzung zu suchen.

Leitlinie 2
Die Entwicklung der Siedlungsstruktur ist schwerpunktmässig auf den öffentlichen Verkehr auszurichten.

Die Erschliessung peripherer und bis anhin ländlich geprägter Gebiete ist noch weitgehend auf den motorisierten Individualverkehr ausgerichtet. Der öffentliche Verkehr hat nebst der Leistungssicherung in den bereits gut erschlossenen Gebieten künftig auch in peripheren Räumen mit verkehrsintensiven Nutzungen für ein geeignetes Leistungsangebot zu sorgen. Eine Parkraumbewirtschaftung und ein Park+Ride-Konzept im Sinne des kantonalen Luft-Programmes 1996 wird wesentlich zu einer optimalen Verbindung zwischen dem ÖV und dem Individualverkehr in diesen peripheren Räumen beitragen.

Stand bis anhin die Arbeitsmobilität im Zentrum der Untersuchungen, zeigen neuere Ergebnisse, dass die jüngere Verkehrszunahme zum Grossteil auf den Freizeitverkehr zurückzuführen ist. Auch wenn die Freizeitmobilität räumlich und zeitlich sehr dispers ist und an die Problembewältigung hohe Ansprüche stellt, sind Anstrengungen zu unternehmen, damit das ÖV-Angebot auch durch den Freizeitverkehr besser genutzt werden kann.

Leitlinie 3
Zusammenhängende naturnahe Räume sind zu schonen und aktiv zu fördern.

Für die Nutzung des nicht besiedelten Gebietes bestehen mit dem kantonalen Richtplan vom Januar 1995, dem Leitbild für die zürcherische Landwirtschaft vom Oktober 1995 sowie dem Naturschutz-Gesamtkonzept vom Dezember 1995 drei wichtige und aktuelle Grundlagen. Es geht nun darum, aufgrund der geschaffenen Übersichten konkrete Massnahmen zu formulieren und umzusetzen. Der Erfolg dieser Bestrebungen hängt dabei direkt auch davon ab, wie zielgerichtet die Leitlinien 1 und 2 umgesetzt werden können.

UVP-pflichtige Anlagen

Umweltverträglichkeitsprüfung

Art. 9 des Umweltschutzgesetzes verlangt, dass Anlagen, welche die Umwelt erheblich belasten können, einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterzogen werden müssen. In diesen Fällen ist ein Umweltverträglichkeitsbericht auszuarbeiten. Die Umweltschutzfachstellen beurteilen diese Berichte und beantragen der für den Entscheid zuständigen Behörde die zu treffenden Massnahmen.

Die Umweltschutzfachstellen des Kantons Zürich und der Städte Winterthur und Zürich mussten sich seit der Inkraftsetzung des Umweltschutzgesetzes im Jahre 1985 mit rund 250 UVP-pflichtigen Vorhaben befassen. Karte 7 zeigt die zwischen 1993 und 1996 geprüften Anlagen. Diese konzentrieren sich vor allem auf die Städte Zürich und Winterthur sowie die nordwestlich bis nordöstlich an die Stadt Zürich angrenzenden Gemeinden – Gebiete, in denen die Umweltbelastungen ohnehin schon überdurchschnittlich hoch sind. Auch wenn ein UVP-pflichtiges Projekt nur bewilligt werden darf, wenn die massgeblichen gesetzlichen Bestimmungen eingehalten werden (z. B. Emissionsgrenzwerte), trägt das Nebeneinander verschiedener «umweltverträglicher» Anlagen trotzdem erheblich zu einer kontinuierlichen Erhöhung der Umweltbelastung bei.

Mengenmässig dominieren zwei Anlagetypen (Abb. 5): Einerseits die Parkierungsanlagen (Geschäftshäuser und Einkaufszentren mit mehr als 300 Parkplätzen bzw. mehr als 5000 m^2 Verkaufsfläche), andererseits Entsorgungsanlagen (insbesondere Anlagen zum Sortieren, Behandeln, Verwerten oder Verbrennen von Abfällen). Auffallend ist, dass im Wirtschaftsraum Kanton Zürich in den letzten 10 Jahren nur für insgesamt 5 industrielle Betriebe eine UVP durchgeführt werden musste. Interessant ist ferner, dass trotz der Verschlechterung des wirtschaftlichen Umfeldes die Anzahl der UVP-pflichtigen Anlagen im Zeitraum 1993–1996 gegenüber 1988–1992 um 60% zugenommen hat.

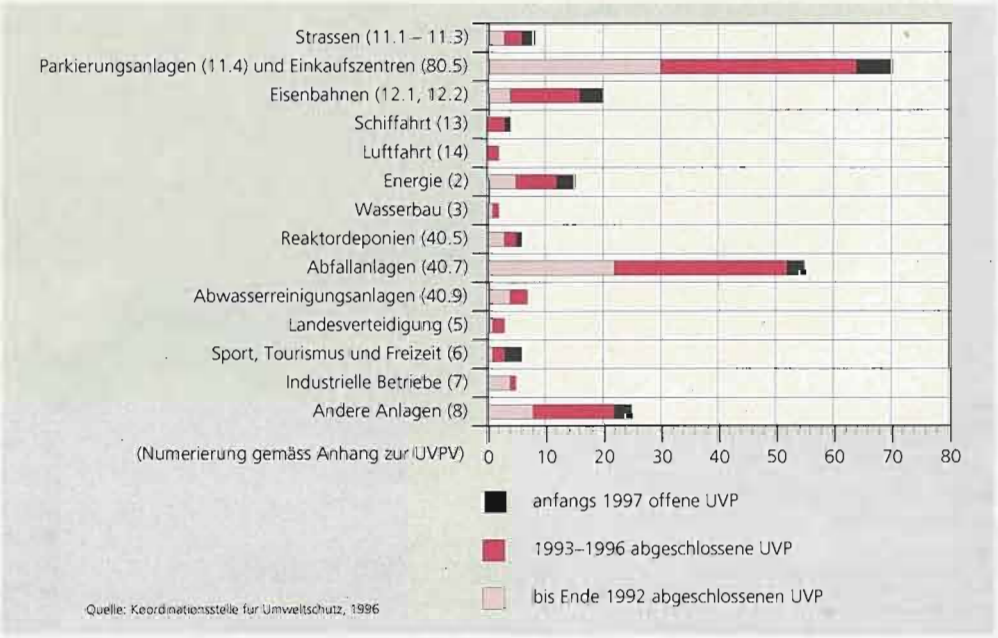
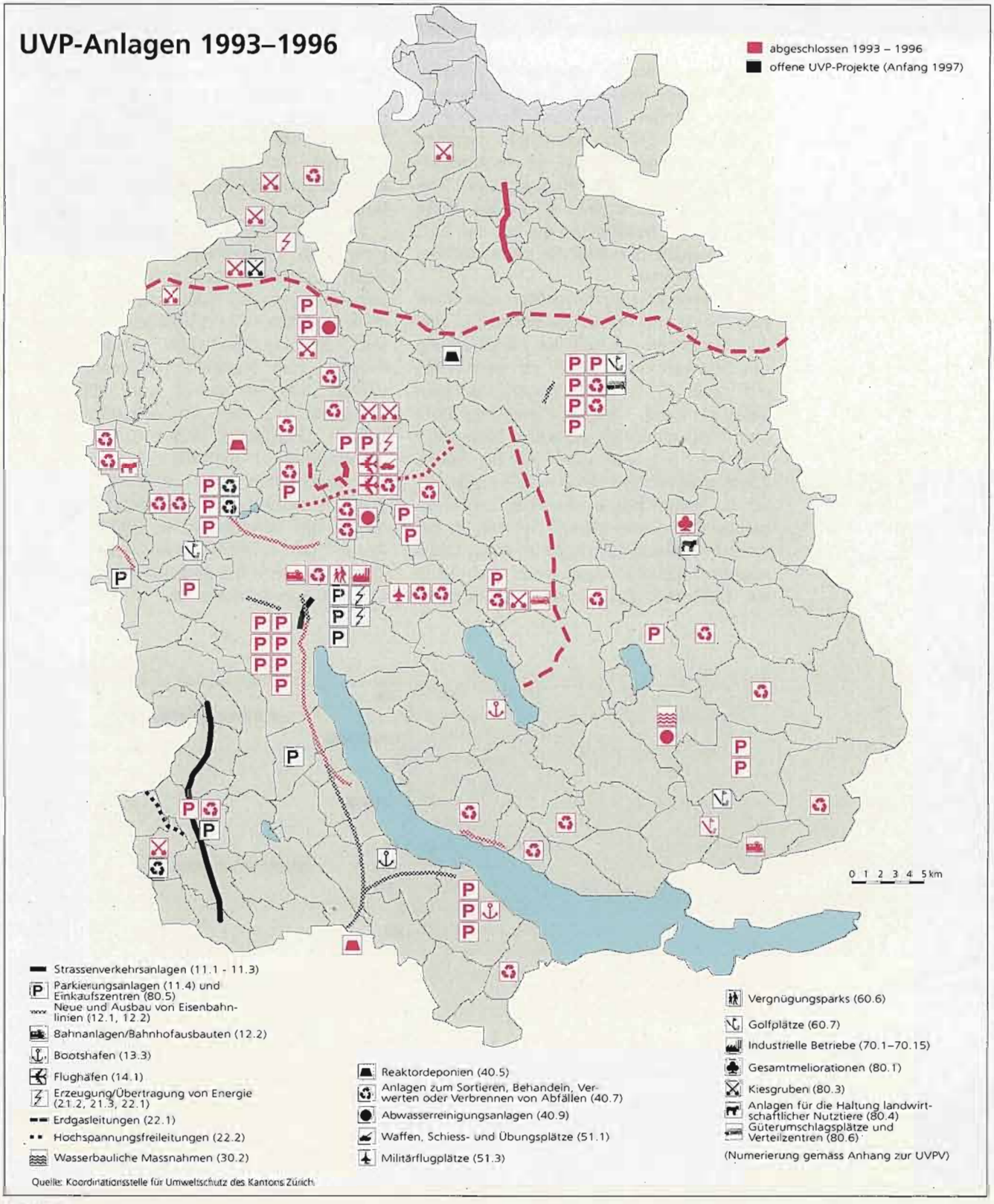


Abb. 5
UVP-pflichtige Anlagen im Kanton Zürich



Karte 7
UVP-Anlagen im Kanton Zürich 1993–1996

Verkehr

Verkehrsflächen	43
Motorisierung	44
Verkehrsbelastung	45
Verkehrsverhalten	48
Flugverkehr	50

Verkehrsflächen

Der Strassen-, Bahn- und Flugverkehr beansprucht im Kanton Zürich insgesamt ein Areal von rund 10'000 Hektaren oder 6 % der Kantonsfläche. 87 % der gesamten Verkehrsfläche entfallen auf den Strassenverkehr, annähernd elfmal mehr als auf den Bahnverkehr.

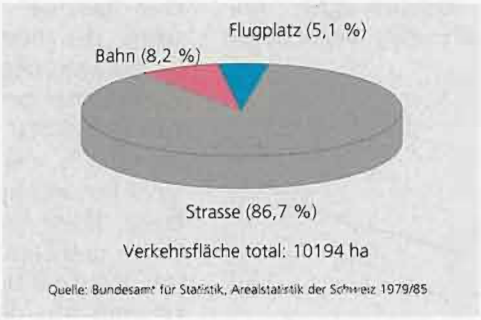


Abb. 6
Verkehrsflächen im Kanton Zürich

Strassennetz

Die Gesamtlänge des Nationalstrassennetzes beträgt 124,1 km. Die Zunahme von rund 10 Kilometern gegenüber 1992 ist auf die Inbetriebnahme von zwei Abschnitten der A4 zwischen Winterthur und Flurlingen sowie auf die Umnumerierung der Nationalstrassen zurückzuführen. Die Länge des Staatsstrassennetzes von 1619 km (inklusive Strassen von überkommunaler Bedeutung in den Städten Zürich und Winterthur) hat sich seit 1991 nicht verändert. Zugenommen haben hingegen die Gemeindestrassen. Genaue statistische Angaben liegen allerdings nicht vor. Die gesamte Länge beträgt schätzungsweise 5300 km und wird auch in Zukunft weiterhin zunehmen.

Dichte und Verteilung des Parkierungsraumes

Rund ein Zehntel der Verkehrsflächen werden durch den ruhenden Verkehr in Anspruch genommen. Der Bestand an Parkplätzen im Kanton Zürich wird für das Bezugsjahr 1993 auf insgesamt 930'000 geschätzt, davon befinden sich 260'000 in der Stadt Zürich.

Pro Personenwagen stehen durchschnittlich 1,8 Parkplätze zur Verfügung. Gut die Hälfte aller Parkplätze sind private oder öffentliche Wohnparkplätze, etwa ein Drittel private Beschäftigtenparkplätze, rund 10 % private Kunden- und Besucherparkplätze. Der verbleibende Anteil von weniger als 10 % sind öffentliche Parkplätze.

Ende 1994 standen im Kanton 4757 Park and Ride-Plätze (P+R) zur Verfügung. Eine Untersuchung der Regionalplanung Zürich und Umgebung (RZU) von 1994 zeigte, dass am rechten Zürichseeufer durch die P+R-Plätze der Auto-Pendlerverkehr nach Zürich um 4,5 % reduziert werden konnte.

Die höchste Parkplatzdichte weisen die Stadt Zürich und deren Agglomerationsgemeinden auf. Auffällig konzentriert ist das Parkplatzangebot im Raume des Flughafens sowie bei Einkaufszentren. Allein beim Flughafen stehen 12'450 Parkplätze zur Verfügung, bei den grösseren Einkaufszentren (Verkaufsfläche grösser als 5000 m², oder mehr als 100 Parkplätze) zusammen rund 21'000. Darin nicht enthalten sind die 6300 Einkaufsparkplätze in Spreitenbach, die auch vom Kanton Zürich aus stark frequentiert werden.

Die Zahl der privaten Parkplätze kann sich bei vollständiger Ausnützung der geltenden Bau- und Zonenordnungen sowie der Parkplatz-Reglemente vor allem in der Agglomeration Zürich noch massiv erhöhen; allein im mittleren Glattal beispielsweise um rund 40'000 zusätzliche Einheiten.

Parkraum und Immissionen

Indirekt sind Parkplätze mit einer erheblichen Umweltbelastung in Form von Schadstoff- und Lärmemissionen verbunden. Ein Parkplatz eines Büro- oder Geschäftshauses löst durchschnittlich 3,4 Zu- oder Wegfahrten pro Tag oder 850 Fahrten pro Jahr aus. Bei einer durchschnittlichen Fahrdistanz von 13 km werden dadurch pro Parkplatz jährlich rund 7,5 kg Stickoxide (NOx) an die Luft abgegeben. Ein Parkplatz eines Einkaufszentrums löst werktags im Durchschnitt 12,9 Zu- oder Wegfahrten von durchschnittlich 10 km aus. Dies führt zu einem jährlichen Schadstoffausstoss von rund 22,5 kg NOx je Parkplatz. An Samstagen

erhöht sich die Anzahl induzierter Fahrten auf 21, was zu einer zusätzlichen NOx-Fracht von 7 kg pro Jahr führt. Gesamthaft bewirkt ein Parkplatz eines Einkaufszentrums also rund 30 kg NOx pro Jahr. Im Vergleich dazu stösst eine technisch optimierte Heizung eines durchschnittlichen Einfamilienhauses jährlich etwa 3 kg NOx aus.

Motorisierung

Der Motorfahrzeugbestand im Kanton Zürich ist seit 1950 kontinuierlich gestiegen, am stärksten bei den Personenwagen. Während sich bei den schweren Motorwagen (Lastwagen, Sattelschlepper, Gesellschaftswagen) seit Anfang der neunziger Jahre eine gewisse Stabilisierung abzeichnet, steigt der Bestand an Personenwagen, Lieferwagen und Kleinbussen weiterhin an. Ende September 1995 waren im Kanton Zürich 538'800 Personenwagen registriert oder 5,1 % mehr als 1990. Zudem waren 5900 Personentransportfahrzeuge wie Kleinbusse, Busse usw. (+15 %) sowie 41'100 Liefer- und Lastwagen (+2,9 %) in Betrieb. Der Anteil der Liefer- und Lastwagen an der Gesamtflotte der Motorfahrzeuge betrug 1995 6,2 %. Neben den Motorwagen sind zur Zeit noch rund 55'000 Motorräder, 43'000 Motorfahrräder und schätzungsweise 540'000 Velos in Verkehr.

Die Verfügbarkeit von Personenwagen pro Person hat sich leicht verstärkt: Teilten sich 1980 im Durchschnitt noch 2,71 Personen in einen PW, so waren es 1990 noch 2,25 Personen und Ende 1995 2,18 Personen. Insbesondere in Gemeinden der Agglomeration Zürich sowie in Kantonsrandgebieten trifft es heute gar einen Wagen auf weniger als zwei Personen. Diese verstärkte Ver-

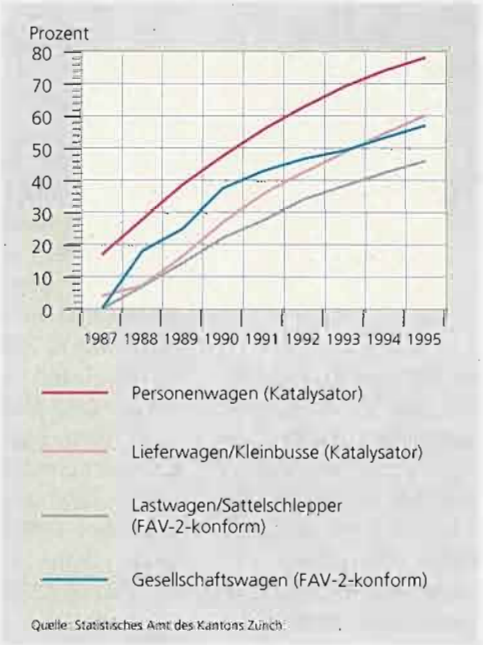


Abb. 7
Anteil der Katalysatorfahrzeuge und FAV-2-Fahrzeuge

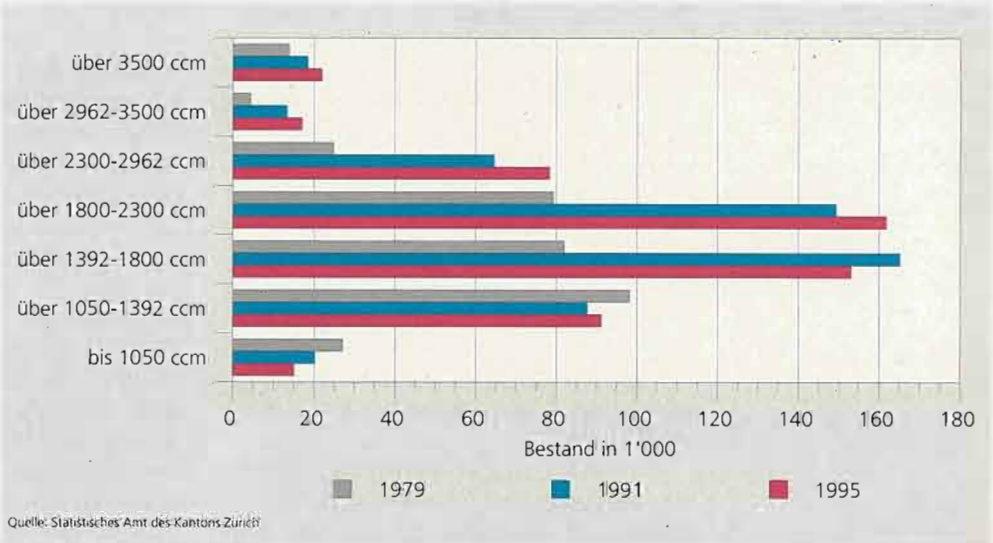


Abb. 8
Personenwagen nach Hubraum 1979, 1991 und 1995

fügbarkeit steht im Zusammenhang mit der markanten Zunahme der Zahl der Haushalte. Die Zahl der Personenwagen je Haushalt hat sich nämlich seit 1989 nicht mehr verändert. Drei von zehn Haushalten sind heute autofrei, knapp jeder fünfte Haushalt verfügt über mehrere Wagen.

Katalysator / Hubraum
Neben der markanten Zunahme hat sich auch die Zusammensetzung des Fahrzeugbestandes augenfällig verändert. In den achtziger Jahren fand eine deutliche Verschiebung hin zu Personenwagen mit grösserem Hubraum statt. 1979 wiesen 38 % aller PW einen Hubraum von weniger als 1,4 Liter auf, 1991 gehörten nur noch 21 % in diese Kategorie, 1995 waren es noch 20 %.

Lufthygienisch von Bedeutung ist die stete Zunahme der schadstoffarmen Fahrzeuge. Im Kanton Zürich waren 1995 78 % aller Personenwagen mit einem geregelten Katalysator ausgerüstet. Bei den Lieferwagen und Kleinbussen waren es 60 %. Nach Berechnungen des Strassenverkehrsamtes werden im Jahr 2000 gut 98 % aller Personenwagen mit geregeltem Katalysator ausgerüstet sein. Die schweren Motorfahrzeuge entsprachen 1995 rund zur Hälfte den FAV-2-Vorschriften.

Verkehrsbelastung

Entwicklung des öffentlichen Verkehrs
Der öffentliche Verkehr erlebte in den neunziger Jahren eine ähnliche Entwicklung wie der Strassenverkehr. Nach hohen Zuwachsraten in den achtziger Jahren hat sich die tägliche Passagierfrequenz der städtischen Verkehrsbetriebe in Zürich und Winterthur seit 1989 stabilisiert. Hingegen verzeichneten die S-Bahn-Linien sowie die Regional- und Ortsbusse auch nach der Einführung des Zürcher Verkehrsverbundes im Mai 1990 ein anhaltend markantes Wachstum. Die Frequenzen der S-Bahn an der Stadtgrenze Zürich nahmen zwischen 1990 und 1994 um knapp 11 % auf 257'000 Personen zu. In Winterthur stiegen die S-Bahn-Frequenzen im selben Zeitraum um 7,5 % auf 107'000. Gar einen Fünftel betrug die Frequenzzunahme der Regional- und Ortsbusse.

Regional fielen die Entwicklungen des öffentlichen Verkehrs sehr unterschiedlich aus. Sie widerspiegeln sowohl die Angebotsentwicklung des öffentlichen Verkehrs als auch die regionalen Unterschiede in der Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung.

Verkehrsströme
Wichtigster Schnittpunkt der Hauptachsen des öffentlichen wie auch des privaten Verkehrs ist die Stadt Zürich. Dabei wickelt sich ein Grossteil des motorisierten Individualverkehrs über die Autobahnen ab. Ihre Tagesfrequenzen sind bis zu viermal höher als diejenigen der Hauptstrassen.

Die Einfallsachsen zur Stadt Zürich verfügen über ausgeprägte Verkehrsspitzen des Arbeitsverkehrs (Pendler) am Morgen und am frühen Abend. In den letzten zehn Jahren hat einerseits der Verkehr generell stark zugenommen, anderseits haben sich die Zeitspannen des Spitzenverkehrs ausgedehnt, so dass auch während der übrigen Tageszeiten hohe Verkehrsbelastungen vorkommen.

Bei Wallisellen benutzten 1994 /1995 im Durchschnitt täglich über 106'000 Fahrzeuge die A1. Dies entspricht, als Vergleich, 80 % der Verkehrsmenge, die über die Ostertage 1995 insgesamt von Gründonnerstag bis Ostermontag den Gotthardtunnel passierte.

Die Entwicklung des motorisierten Strassenverkehrs zeigt deutlich regionale Unterschiede. Verzeichneten die Verkehrsachsen am linken Zürichseeufer, im Sihltal und im Limmattal zwischen 1990 und 1995 kaum nennenswerte Veränderungen, ist im nördlichen und östlichen Kantonsteil ein Wachstum von über 10 % bis 25 % festzustellen. In der Stadt Zürich wurde die Abnahme auf einzelnen Hauptstrassen durch die Zunahme auf den städtischen Autobahnabschnitten ausgeglichen.

Verkehrsbelastung

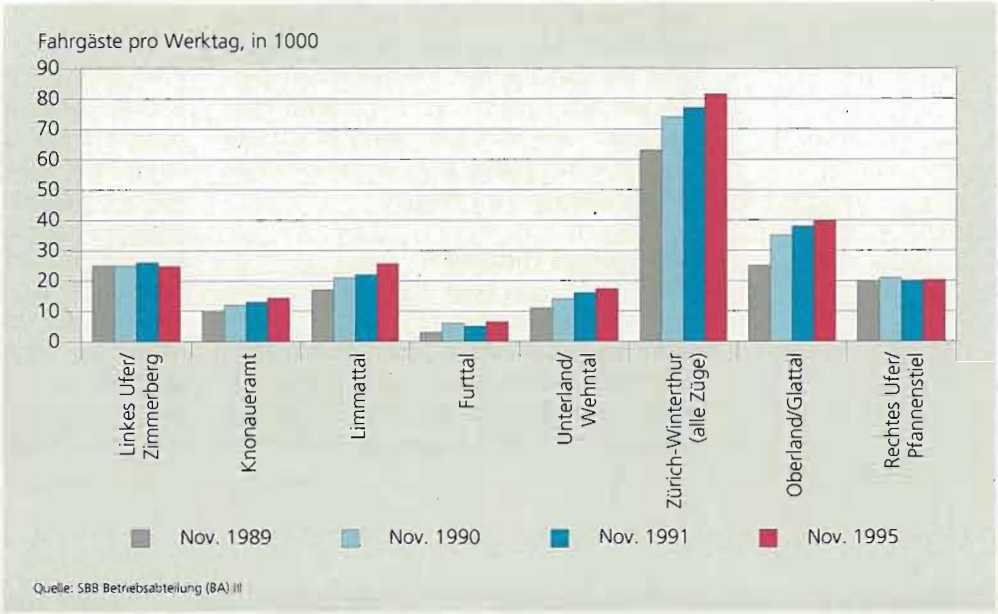


Abb. 9
Tägliche Passagierfrequenzen der S-Bahn an der Stadtgrenze Zürich nach Korridoren

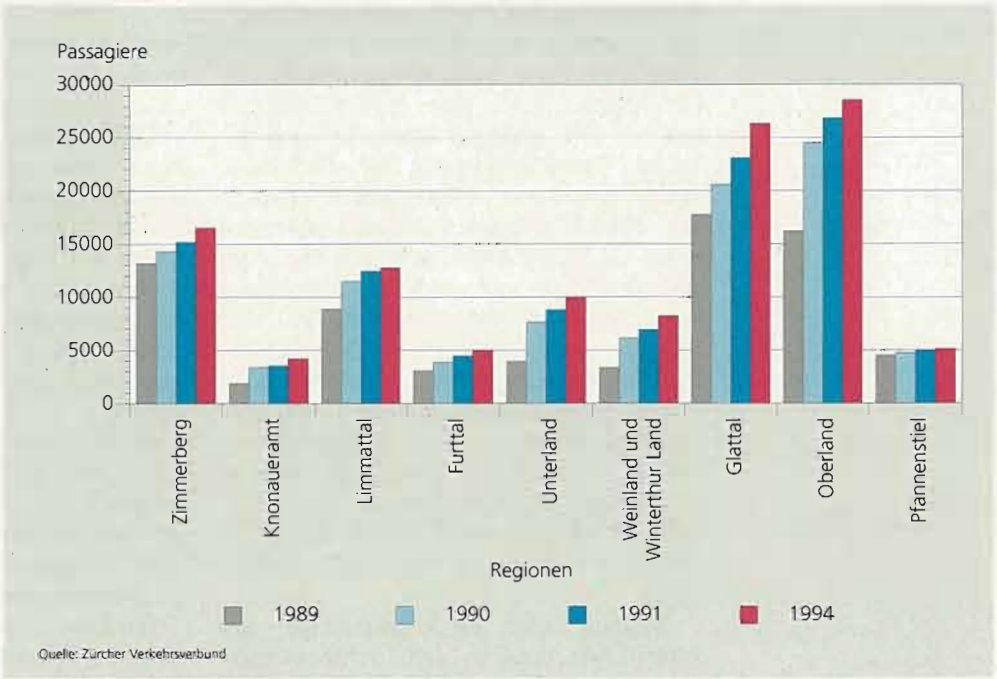


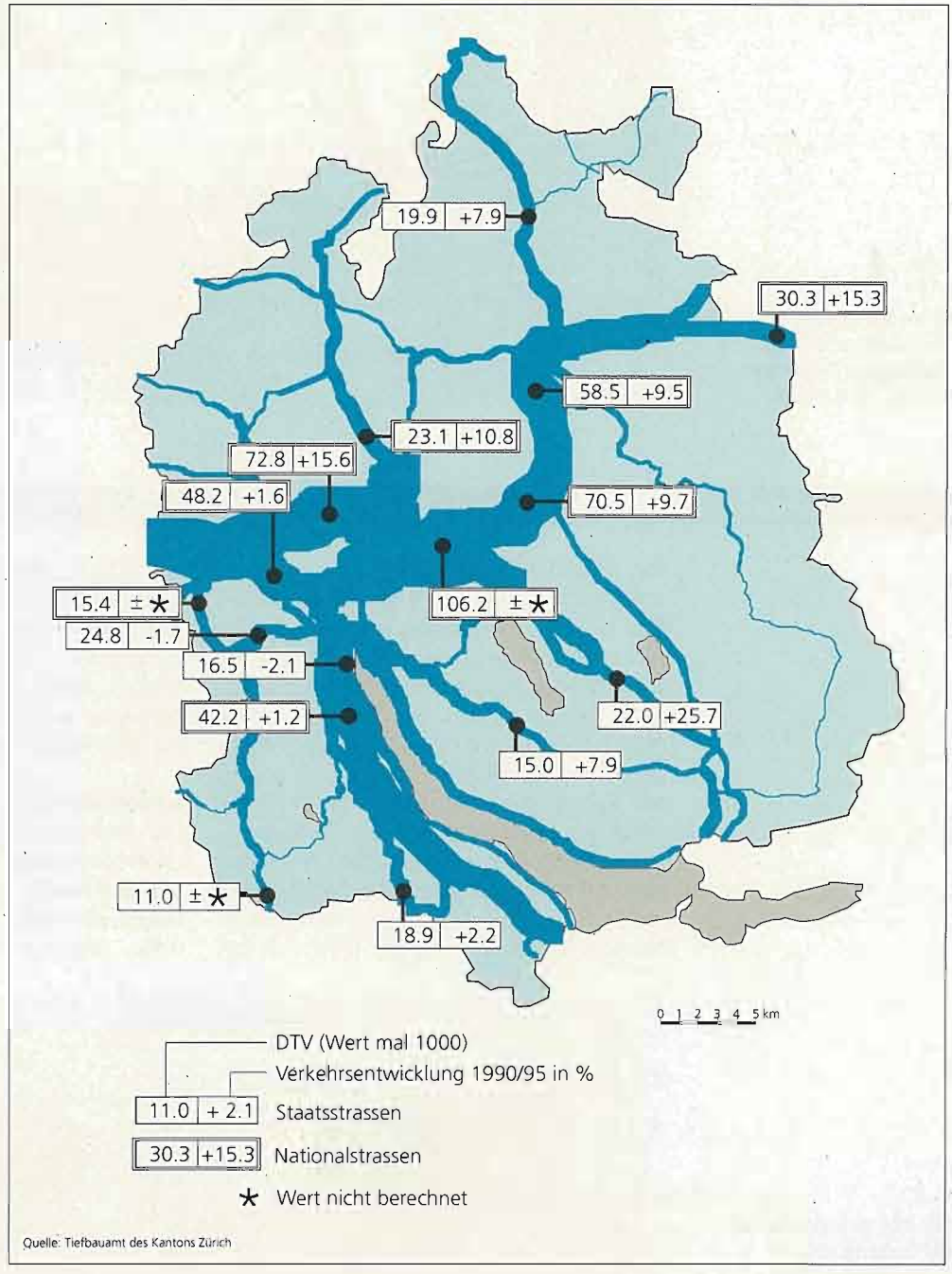
Abb. 10
Tägliche Passagierfrequenzen von Orts- und Regionalbussen an ausgewählten Querschnitten

Verkehrsbelastung

Fahrleistungen des Strassenverkehrs

Die durchschnittliche Jahresfahrleistung der Personenwagen betrug 1993 im Kanton Zürich 12'600 km. In kleinen Gemeinden und in ländlichen Gebieten liegt die durchschnittliche Fahrleistung pro Personenwagen deutlich höher als in den Städten Zürich und Winterthur.

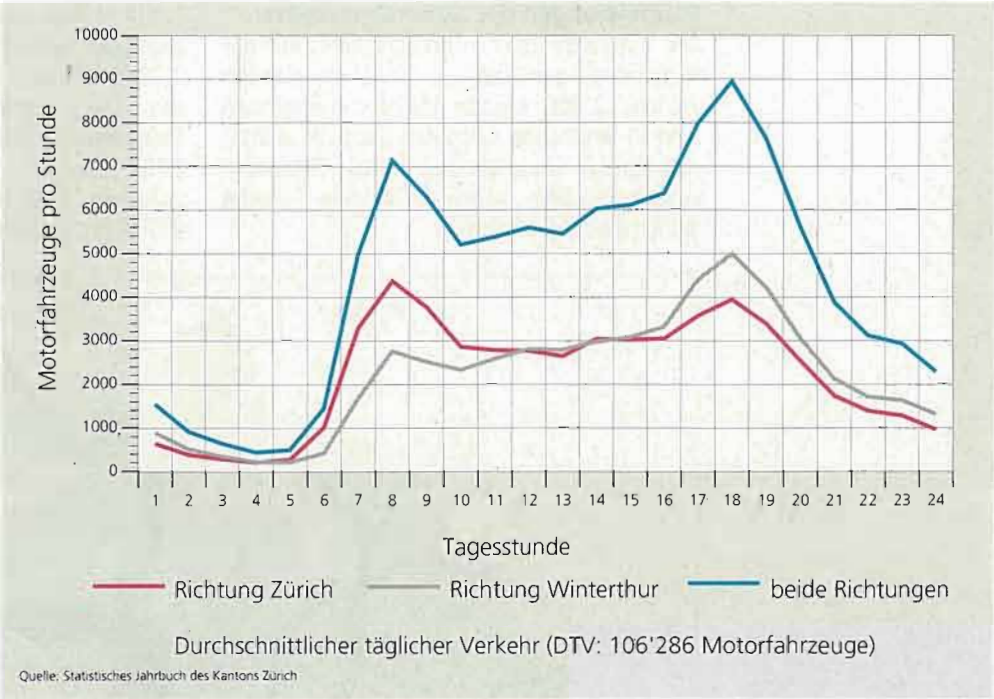
Für 1995 wurde eine gesamte Fahrleistung des motorisierten Strassenverkehrs von 7,76 Milliarden Fahrzeugkilometern ermittelt. Die Zuwachsrate des motorisierten Strassenverkehrs ist in der Periode 1990 bis 1993 deutlich geringer ausgefallen als zwischen 1985 und 1990. Sie hat sich von 3,6 % pro Jahr auf 1,6 % reduziert.



Quelle: Tiefbauamt des Kantons Zürich

Karte 8
Verkehrsbelastungen des Strassenverkehrs auf den Hauptverkehrsstrassen 1995, Verkehrsentwicklung 1990 –1995

Verkehrsbelastung



Quelle: Statistisches Jahrbuch des Kantons Zürich

Abb. 11
Tägliches Verkehrsaufkommen auf der Nationalstrasse A1 bei Wallisellen (Zählдauer 1.7.1994 – 30.6.1995)

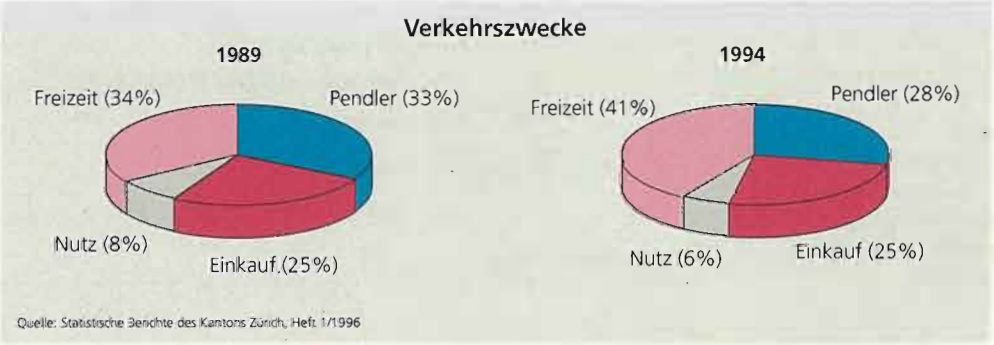
Verkehrsverhalten

Das Mobilitätsverhalten der Schweizer Bevölkerung wird seit 1979 alle fünf Jahre im Rahmen des Mikrozensus empirisch untersucht. Diese Ergebnisse zeigen, dass 1994 wie 1989 das Auto das wichtigste Verkehrsmittel bildete. Dieses wurde jedoch 1994 nicht häufiger benutzt als Ende der achtziger Jahre. Vor allem im Verkehr zu und in den Zentren konnten öffentliche Verkehrsmittel den Mobilitätszuwachs auffangen.

Fast 90 % aller befragten Personen begaben sich am zufällig festgelegten Stichtag ausser Haus und sind deshalb als mobil zu bezeichnen. Im Durchschnitt legten sie bei 3,6 Ortsveränderungen 40 km zurück und wendeten dafür eine Zeit von 100 Minuten auf. 40 % der Ortsveränderungen sind weniger als 2,5 km lang. Zu diesen kurzen Wegen zählen 87 % aller Fusswege, aber immerhin auch 16 % aller mit dem Auto zurückgelegten Wege.

Verkehrszweck

Der Freizeitverkehr ist mit gut 40 % aller unternommenen Wege der bedeutendste Verkehrszweck. 1994 wie 1989 wurde knapp die Hälfte der zurückgelegten Kilometer und der Unterwegszeit für die Frei-



Quelle: Statistische Berichte des Kantons Zürich, Heft 1/1996

Abb. 12
Anteile der Verkehrszwecke an der Gesamtzahl der Ortsveränderungen 1989 und 1994

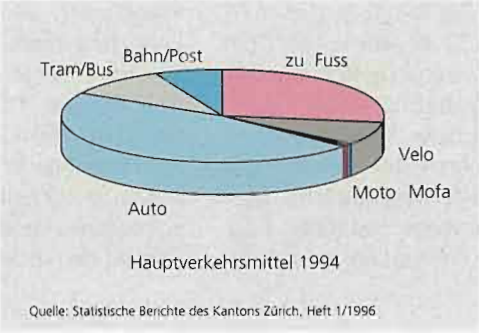


Abb. 13
Anteile der Hauptverkehrsmittel an der Gesamtheit aller Ortsveränderungen 1994

zeit aufgewendet. Der Anteil der Pendlerwege lag 1994 bei 28 %, nachdem er 1989 noch 32 % betragen hatte. Ein durchschnittlicher Pendlerweg dauerte unverändert 23 Minuten und mass 10 km. 25 % aller Ortsveränderungen wurden für Einkaufszwecke unternommen, dabei wurden häufig nur kurze Strecken zurückgelegt.

Bezüglich des Arbeitspendlerverkehrs liegen als aktuellste Angaben die Auswertungen aus der Volkszählung 1990 vor. 335'000 der 649'000 Erwerbstätigen und 32'000 der 147'000 in Ausbildung befindlichen Personen verliessen zu Arbeits- oder Ausbildungszwecken täglich die Wohngemeinde. Weitere 91'000 Personen strömten aus Nachbarkantonen zu, davon 38'600 aus dem Kanton Aargau. 23'000 Personen pendelten vom Kanton Zürich in Nachbarkantone. Die stärksten Pendlerbeziehungen bestehen zwischen der Stadt Zürich und den umliegenden Regionen. Von den rund 181'000 Zupendlern in die Stadt Zürich stammen mehr als ein Drittel aus Gemeinden mit einer maximalen Entfernung von 10 km zur Stadt.

Der bereits in den siebziger Jahren beobachtete Trend zur Trennung von Arbeits- und Wohngemeinde setzte sich in den achtziger Jahren fort. In den Städten Zürich und Winterthur nahm die Zahl der Zupendler zwischen 1980 und 1990 um 23 % beziehungsweise um 31 % zu. Im übrigen Kanton betrug diese Zuwachsrate 63 %.

Wahl der Verkehrsmittel

Fast die Hälfte aller Ortsveränderungen wurden 1994 mit dem Auto bewältigt. Der Anteil der Wege, die mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt wurden, ist stabil geblieben und lag 1994 wie 1989 bei rund 17 %. Die verfeinerte Erhebungstechnik beim Mikrozensus 1994 ermöglichte eine bessere Erfassung der zu Fuss zu-

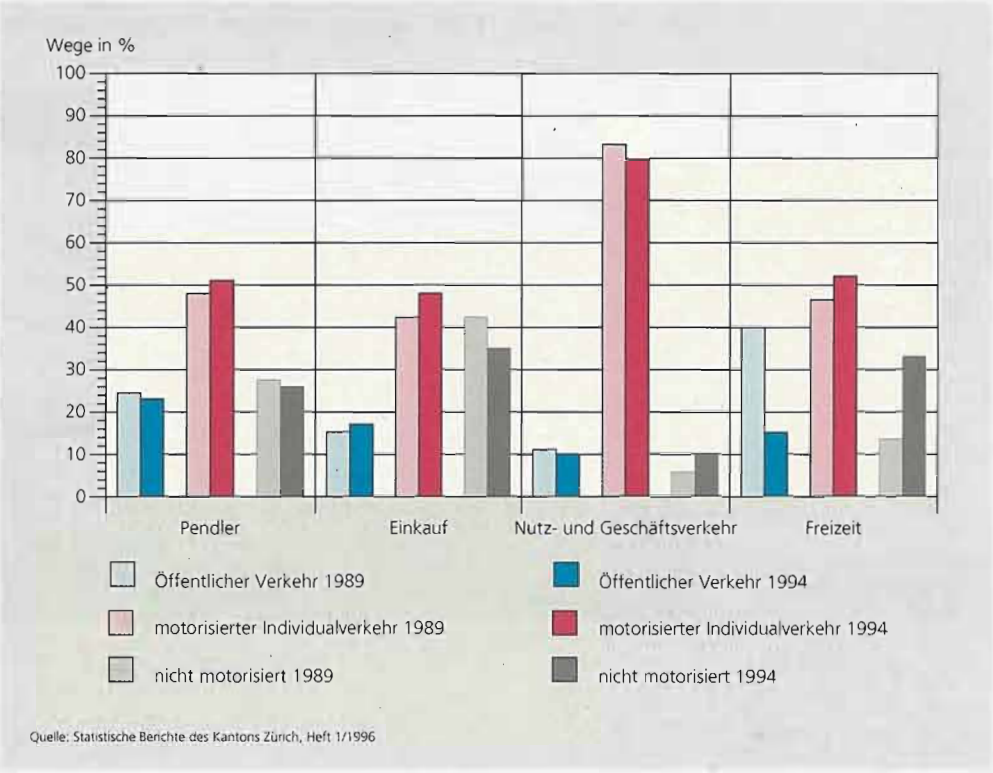


Abb. 14
Verkehrszweck und Verkehrsmittelbenützung 1989 und 1994

Verkehrsverhalten

rückgelegten Wege. Die Resultate dieser Erhebung zeigen, dass 27 % aller Wege 1994 ausschliesslich zu Fuss zurückgelegt wurden. Die mittlere Weglänge beträgt dabei 1,3 km und die mittlere Wegdauer 21 Minuten.

Öffentliche Verkehrsmittel werden für Arbeits- und Schulwege wesentlich häufiger benutzt als für Freizeitwege. Besonders häufig werden öffentliche Verkehrsmittel für Wege nach der gut mit öffentlichen Verkehrsmitteln erschlossenen Stadt Zürich und innerhalb der Stadt Zürich benutzt. Gemäss Volkszählung 1990 lag der Modal-Split bei den Zupendlern in die Stadt Zürich bei 59 %. Erwerbstätige Pendler aus Gemeinden, die durch den öffentlichen Verkehr schlecht erschlossenen sind, fahren jedoch mehrheitlich mit dem privaten Wagen in die Stadt.

Flugverkehr

Verkehrsaufkommen

Der Flugverkehr entwickelte sich etwas schwächer als in den achtziger Jahren, doch verzeichnet er nach wie vor hohe Wachstumsraten. Zwischen 1990 und 1996 stieg die Zahl der An- und Abreisenden im Flughafen Kloten um 27 % auf 16,3 Mio. pro Jahr. Im Zeitraum 1980 –1990 war noch ein Anstieg um 60 % verzeichnet worden.

Eher stärker als in den achtziger Jahren hat sich dagegen der Frachtverkehr entwickelt. Er steigerte sich im Zeitraum 1990 –1996 um 119'800 auf 445'600 Tonnen jährlich oder um 37 %. Das Ausmass des Flugverkehrs äussert sich in der Zahl der An- und Abflüge. Diese stiegen zwischen 1990 und 1996 um 17 % auf 258'000 (davon 209'000 Linien- und Charterflüge) pro Jahr, was einem Tagesdurchschnitt von 707 Flugbewegungen entspricht.

Der Weiterausbau des Flughafens Kloten im Rahmen der 1995 beschlossenen fünften Bauetappe wird bis 2005 eine Erhöhung der Kapazitäten um 38 % auf insgesamt 20 Millionen Passagiere mit sich bringen.

Die Erneuerung der Kurz- und Mittelstreckenflotte mit Flugzeugmodellen, die einen um 40 % tieferen NOx-Ausstoss aufweisen, wird die Swissair bis Ende 1997 abgeschlossen haben. Jedoch werden sich die schadstoffärmeren Triebwerke bei anderen Fluggesellschaften nur langsam durchsetzen.

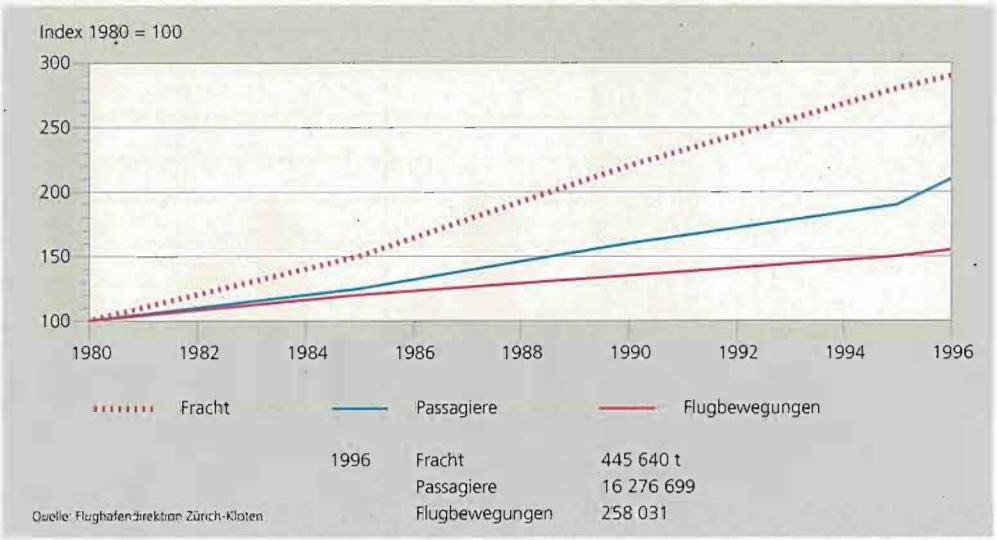


Abb. 15
Frequenzentwicklung auf dem Flughafen Kloten 1980 –1996

Die Entwicklung der Mobilität verlief anfangs der neunziger Jahre etwas weniger rasant als noch in den achtziger Jahren. Dennoch verzeichnet der Verkehr weiterhin hohe Wachstumsraten. Markant sind die regionalen Unterschiede. Während der Verkehr in den Städten nur noch leicht zugenommen hat, sind es vor allem die Agglomerationsgemeinden und ländliche Gebiete, die hohe Zuwachsraten aufweisen. Nachdem bisher vor allem der Arbeitspendlerverkehr im Zentrum der verkehrspolitischen Diskussion stand, wird es notwendig, in Zukunft dem Freizeitverkehr mehr Beachtung zu schenken. Angesichts seines diffusen Charakters in räumlicher und zeitlicher Hinsicht stellt dieser noch weit höhere Ansprüche an die Problembewältigung.

Die weiterhin zunehmende Mobilität lässt in verschiedener Hinsicht Grenzen sichtbar werden: Verbesserungen der Luftsituation durch Emissionsbegrenzungen an Fahrzeugen und Lärmverminderungen durch Schallschutzmassnahmen entlang von Verkehrsachsen werden durch die stetige Verkehrszunahme langfristig wieder in Frage gestellt. Erhöhte Bedeutung für die Zukunft erhalten deshalb Massnahmen, welche die Zunahme der Nachfrage nach Verkehrsleistungen des motorisierten Individualverkehrs reduzieren, langfristig vor allem im Rahmen der Planung, kurzfristig in Form wirtschaftlicher Anreize.

Landwirtschaft

Umweltschonende Landwirtschaft 53
Indirekter Umweltschutz: Subventionierung von Güllengruben 58
Moderne Meliorationen bringen auch der Umwelt etwas 59
Moderne Meliorationen am Beispiel Greifensee 60

Umweltschonende Landwirtschaft

In den letzten vier Jahren hat sich in der Landwirtschaft eine grundlegende Veränderung angebahnt. Die wesentlichen Anstösse zu dieser Trendwende gehen von der Agrarpolitik des Bundes aus.

Mit der Agrarreform des Bundes soll die Ökologisierung der Landwirtschaft, mit grossem ökonomischem Anreiz, zügig vorangetrieben werden. Von ökologischen Lenkungsmassnahmen, wie Abgaben auf mineralischen Düngern, wird zur Zeit noch abgesehen.

Neue Instrumente werden mit zunehmender Geltungsdauer positiven Einfluss auf die ökologische Aufwertung der bewirtschafteten Flächen im Kanton Zürich haben.

Direktzahlungsprogramme des Bundes

Ein tragendes Element der Agrarreform stellen die Direktzahlungen des Bundes für gezielte ökologische Leistungen dar. Diese sollen zu einer besonders umweltschonenden Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und zur Verminderung negativer Auswirkungen auf die Umwelt führen, was mit Verboten und Geboten auf der Grundlage des geltenden Rechts nur beschränkt erreicht wurde. Konkrete Ziele solcher Zahlungen sind:

- Erhaltung der Artenvielfalt im landwirtschaftlich genutzten Raum
- Senkung der Nitrat- und Phosphatbelastung in den Grund- und Fliessgewässern
- Reduktion des Einsatzes von Hilfsstoffen, insbesondere von Pflanzenbehandlungsmitteln
- Förderung besonders artgerechter Tierhaltungsformen

1993 wurden vier Programme in die Öko-Beitrags-Verordnung (OeBV) aufgenommen:

1. Der ökologische Ausgleich
2. Die Integrierte Produktion (IP)
3. Der biologische Landbau (Bio)
4. Die kontrollierte Freilandhaltung (KF)

Die «Ökobeiträge» werden den ganzjährig bewirtschafteten Betrieben bei entsprechenden Leistungen auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausbezahlt. Vielfältig sind die Möglichkeiten für einen Landwirt, «Ökobeiträge» geltend zu machen. Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt, in

Ökologischer Ausgleich:
Darunter versteht man Elemente im landwirtschaftlich genutzten Raum (wie Hecken, Trockenstandorte usw.), die dazu dienen, die Artenvielfalt zu erhalten, empfindliche Gebiete besser zu schützen und die natürlichen Regulationsmechanismen zu fördern.

Integrierte Produktion:
Dies ist eine Bewirtschaftungsform, die gesamtbetrieblich möglichst umweltschonend und tiergerecht produziert. Bedingungen für dieses Programm sind ein ausgeglichener Nährstoffhaushalt, eine artgerechte Tierhaltung, eine geregelte Fruchtfolge, die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und der ökologische Ausgleich. Landwirtschaftliche Hilfsstoffe sollen nur gezielt eingesetzt werden.

Biologischer Landbau:
Im Gegensatz zur Integrierten Produktion wird bei dieser Landbauform gänzlich auf den Einsatz von chemisch-synthetischen Hilfsstoffen und Düngemitteln verzichtet. Im Zentrum steht das Schliessen der betrieblichen Nährstoffkreisläufe und die gezielte Förderung der natürlichen Lebensprozesse.

Kontrollierte Freilandhaltung (KF):
Darunter fallen Betriebe, die den Tieren regelmässig Bewegung und Auslauf im Freien gewähren sowie über eine artgerechte Stallhaltung verfügen.

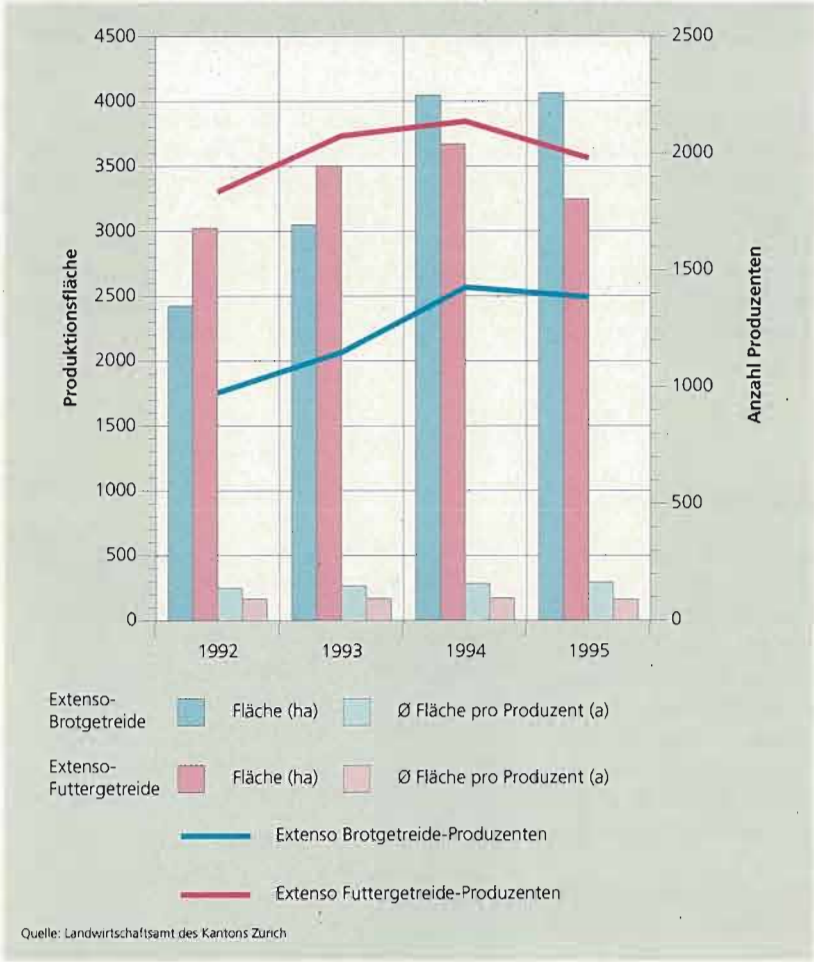


Abb. 16
Extensive Getreideproduktion: Beteiligung

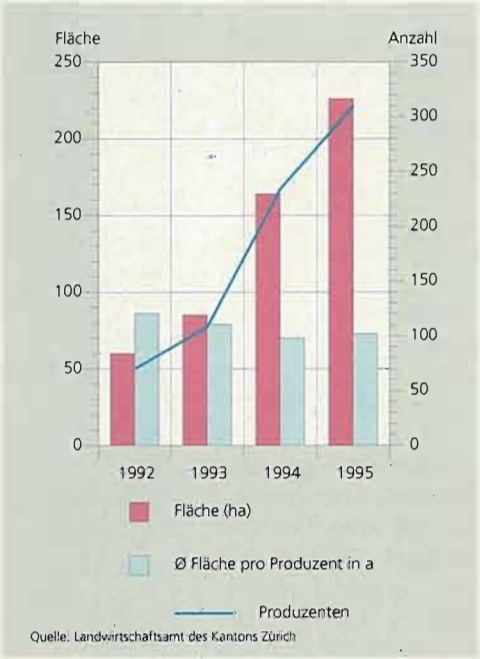


Abb. 17
Extensiv genutzte Wiesen auf stillgelegtem Ackerland: Beteiligung 1992–1995

welchen Bereichen solche ausbezahlt werden und wie der Erfolg dieser Direktzahlungsprogramme im Kanton Zürich ist.

Extensive Getreideproduktion (Extenso)
Dieser Beitrag wird nur ausbezahlt bei vollständigem Verzicht auf den Einsatz von Wachstumsregulatoren, Fungiziden und Insektiziden nach der Aussaat bis zur Ernte. Rund 40 % der Brot- und Futtergetreidefläche von 1990 werden heute nach diesem Verfahren bewirtschaftet.

Extensiv genutzte Wiesen auf stillgelegtem Ackerland
Diese Beiträge werden für nachweisbar stillgelegtes Ackerland in der Ackerbauzone und den Übergangszonen ausbezahlt. Auf diesen Flächen dürfen keine Hof-, Abfall- und Handelsdünger und keine Pflanzenbehandlungsmittel (mit Ausnahme der Einzelstockbehandlung im Pflanzenschutz) eingesetzt werden. Extensive Wiesen dürfen grundsätzlich nicht gedüngt und mit Ausnahme der Herbstweide (letzter Aufwuchs) nur gemäht werden. Es wird ein Schnittzeitpunkt (in der Regel auf 15. Juni) für den ersten Schnitt (Versamung) festgelegt.

Grünbrache
Diese Beiträge werden nur für alternativ genutzte Flächen auf stillgelegtem Ackerflächen ausbezahlt. Auf diesen Flächen dürfen weder Pflanzenbehandlungsmittel (mit Ausnahme von Einzelstockbehandlung von Problem-Unkräutern) noch Hof-, Abfall- und Handelsdünger eingesetzt werden. Die Grünbrachefläche betrug 1995 lediglich 146 ha.

Wenig intensiv genutztes Wiesland
Diese Beiträge werden für Naturwiesen wie Fromental- oder Goldhaferwiesen ausbezahlt. Auf diesen Flächen dürfen keine Pflanzenbehandlungsmittel (mit Ausnahme der Einzelstockbehandlung) im Pflanzenschutz eingesetzt werden. Nährstoffe (Stickstoff) dürfen nur in Form von hofeigenem Mist zugeführt werden. Nur ausnahmsweise ist Vollgülle zulässig. Diese Flächen dürfen mit Ausnahme der Herbstweide (letzter Aufwuchs) nur gemäht werden.

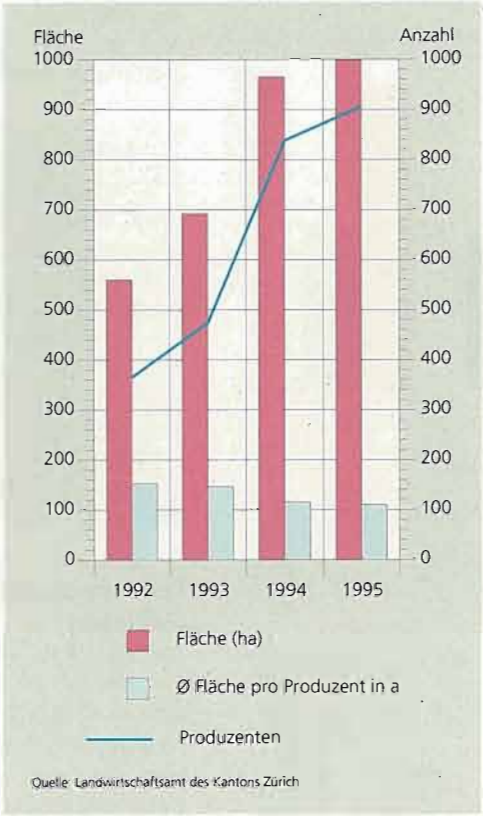


Abb. 18
Wenig intensiv genutztes Wiesland: Beteiligung 1992–1995

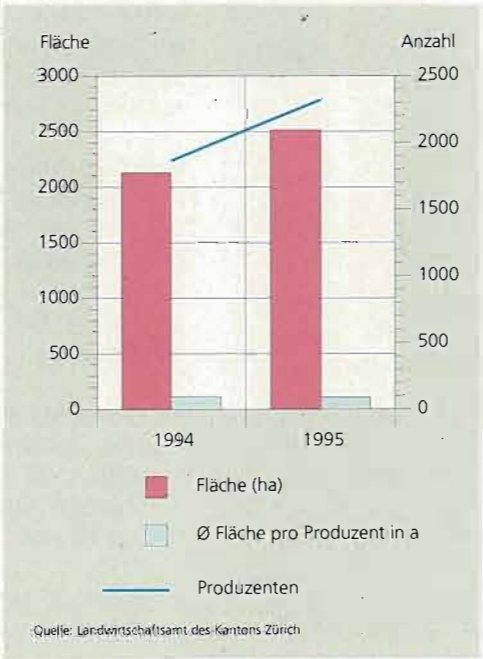


Abb. 19
Extensiv genutzte Wiesen, Streueflächen, Hecken und Feldgehölze: Beteiligung 1992–1995

Extensiv genutzte Wiesen, Streueflächen, Hecken und Feldgehölze
Auf diesen Flächen dürfen keine Hof- und Handelsdünger sowie keine Pflanzenbehandlungsmittel (mit Ausnahme der Einzelstockbehandlung im Pflanzenschutz) eingesetzt werden. Hecken- und Feldgehölze müssen in der Regel mit einem vorgelagerten Krautsaum von mindestens drei Metern Breite versehen sein. Extensive Wiesen dürfen mit Ausnahme der Herbstweide (letzter Aufwuchs) nur gemäht werden. Extensive Wiesen müssen jährlich einmal gemäht werden. Der erste Schnitt darf in der Regel nicht vor dem 15. Juni (Versamung!) erfolgen.

Extensiv genutztes Ackerland, Buntbrache
Dieser Beitrag wird für nachweisbar stillgelegtes Ackerland von mindestens drei Metern Breite in der Ackerbauzone, den Übergangszonen und der voralpinen Hügelzone ausbezahlt. Auf diesen Flächen muss eine empfohlene Saatmischung mit einheimischen Wildkräutern gesät werden. Es dürfen keine Hof- oder Handelsdünger sowie keine Pflanzenbehandlungsmittel (mit Ausnahme der Einzelstockbehandlungen im Pflanzenschutz) eingesetzt werden. Der Ertrag dieser Flächen darf nicht verfüttert werden. Ein Pflegeschnitt alle zwei Jahre ist zulässig.

Hochstamm-Feldobstbäume
Um in den Genuss dieser Beiträge zu kommen, müssen pro Betrieb mindestens 20 beitragsberechtigte Bäume stehen. Für Bäume in Obstanlagen werden keine Beiträge ausgerichtet.

Integrierte Produktion und biologischer Landbau
IP- und Biobetriebe erfüllen eine Reihe von Voraussetzungen betreffend Umweltschonung, biologischer Vielfalt und Tierschutz. 1995 wirtschafteten bereits über ein Viertel der Haupterwerbsbetriebe mit rund 27 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche des Kantons Zürich nach der Methode

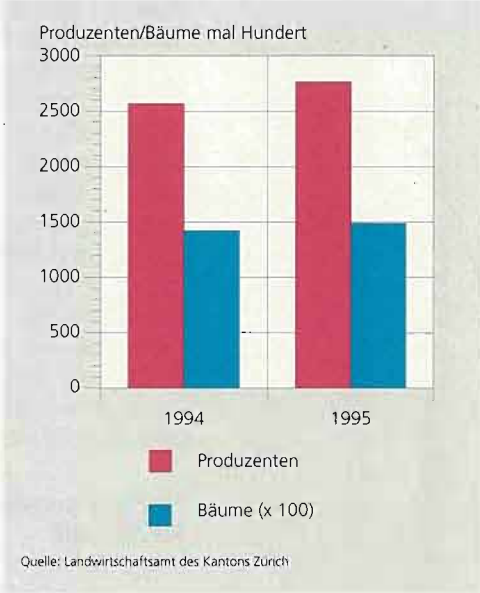


Abb. 20
Hochstamm-Feldobstbäume: Beteiligung 1992 –1995

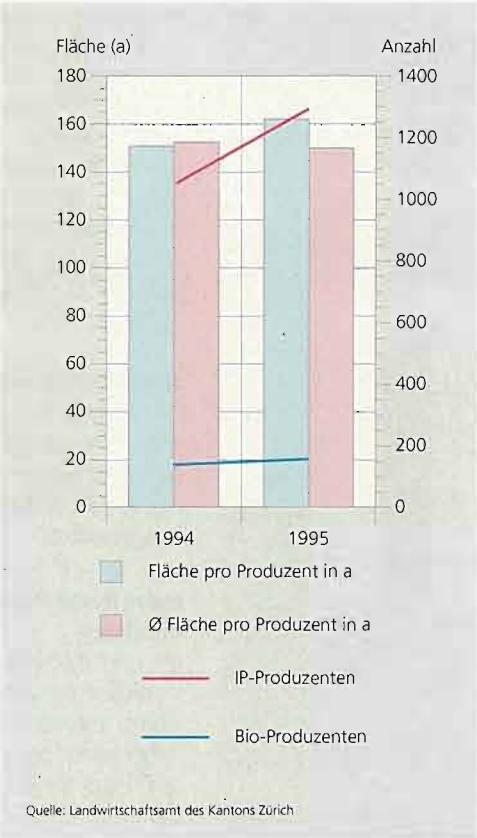


Abb. 21
Integrierte Produktion und biologischer Landbau: Beteiligung 1992 –1995

der Integrierten Produktion (IP). Für 1996 wird mit einer Verdoppelung der Anzahl IP-Betriebe gerechnet.

Aufgrund der momentanen schlechten Einkommenssituation wird sich der Zuwachs in den beiden Bewirtschaftungssystemen «Integrierte Produktion» und «biologischer Landbau» fortsetzen. Schätzungen gehen davon aus, dass bis ins Jahr 2000 über 90 % aller Zürcher Bauern nach entsprechenden Regeln der Integrierten Produktion oder des biologischen Landbaus wirtschaften werden. Auf die Umwelt hat diese Tendenz günstige Auswirkungen.

Flächenbeiträge für Hang- und Steillagen

Hangbeiträge erhalten die Bewirtschafter von Flächen im Berggebiet und in der voralpinen Hügelzone mit mehr als 18 % Hangneigung. Die Ausrichtung der Beiträge setzt eine standort- und sachgerechte Bewirtschaftung voraus, die einen botanisch ausgewogenen Pflanzenbestand und die landwirtschaftliche Ertragskraft des Bodens langfristig erhält und der Umwelt nicht schadet. Für diese Flächen ist ebenfalls Mähnutzung vorgeschrieben.

Welche Erfolge sind mit der neuen Beitragspolitik zu erwarten?

Experten schätzen, dass durch die eingeleitete Agrarpolitik die Stickstoffemissionen ins Wasser und in die Luft um bis zu 30 % gesenkt werden können, dies aus folgenden Gründen:

- Preissenkungen für Produkte führen zu einer relativen Verteuerung von Hilfsstoffen wie Dünger. Dies wird zu einer Effizienzsteigerung beim Hilfsstoffeinsatz führen.
- Es wird vermutet, dass die offene Ackerfläche aufgrund des geänderten

Preisgefüges zurückgehen wird und damit auch der Einsatz entsprechender Hilfsstoffe.

- Der ökonomische Zwang zur Umstellung auf die Integrierte Produktion oder auf den biologischen Landbau wird zu einer umweltfreundlicheren Landwirtschaft führen.

- Die landwirtschaftlichen Erträge in den verschiedenen Ackerkulturen werden durch diese umweltfreundlichere Produktion nicht mehr derart stark ansteigen wie in den siebziger oder achtziger Jahren. In der Viehwirtschaft wird sich der bisherige Trend weiter fortsetzen, wonach die Milchviehbestände weiter zurückgehen. In Randregionen könnten in Zukunft arbeitsextensive Mastformen (Weidemast, Mutterkuhhaltung) an Bedeutung gewinnen. Der im Kanton Zürich traditionell tiefliegende Tierbesatz von 1,2 DGVE (Düngergrossvieheinheiten) pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche wird sich nicht wesentlich verändern.

- Auch bei den landwirtschaftlichen Hilfsstoffen dürfte aufgrund der starken Zunahme der IP-Betriebe eine Stabilisierung oder gar eine Senkung des gesamten Hilfsstoffmitteleinsatzes resultieren, da diese Betriebe unter anderem einen ausgeglichenen Nährstoffhaushalt aufweisen müssen.

Das Parlament hat den Bundesrat beauftragt, in den nächsten Jahren einen Gesetzesentwurf auszuarbeiten, der die Einführung von Lenkungsabgaben auf landwirtschaftlichen Hilfsstoffen vorsieht, falls mit den neu eingeführten umwelt- und agrarpolitischen Massnahmen für eine umweltschonende Landwirtschaft nicht die beabsichtigte Wirkung erzielt wird.

Landwirtschaft zwischen Ökologie und Ökonomie

Im Durchschnitt reduzierte sich das bäuerliche Einkommen in den letzten sechs Jahren um über 30 %. Die Einkommensschwierigkeiten bedrängen insbesondere die Haupterwerbsbetriebe, die überwiegend vom landwirtschaftlichen Einkommen abhängig sind; gerade diese sind hingegen im Interesse einer professionellen, rationellen, aber auch ökologisch verantwortungsvollen Landwirtschaft besonders förderungswürdig. Mit dem Leitbild für die Zürcher Landwirtschaft wird versucht, ergänzend zur Bundespolitik vor allem solchen Betrieben auch kantonal zu helfen. Dies soll insbesondere durch eine optimale Aus- und Weiterbildung erfolgen, sodann durch die Unterstützung von gezielten Projekten, welche die Bauern befähigen, in der veränderten Marktsituation mit einer umweltschonenden Produktion zu bestehen.

Indirekter Umweltschutz: Subventionierung von Güllengruben

Die wichtigste Voraussetzung für einen optimalen Gewässerschutz auf dem Landwirtschaftsbetrieb ist eine ausreichende Lagerkapazität für Gülle. Ist zuwenig Lagerraum vorhanden, muss die Güllengrube zur Unzeit geleert und die Gülle, statt als Dünger ausgebracht, lediglich «entsorgt» werden. Dies kann Gewässerverschmutzungen zur Folge haben durch oberflächliches Abfliessen der Gülle in die Gewässer oder durch Auswaschung ins Grundwasser. Auch wenn Gewässerverschmutzungen durch geschicktes Ausbringen und mit etwas Glück verhindert werden können, werden doch mindestens vorhandene Ressourcen verschleudert. Die Gülle ist ein Dünger, der auf dem Betrieb anfällt. Wird dieser Dünger nicht richtig eingesetzt, sondern durch unzeitiges Ausbringen bloss «entsorgt», muss er durch zugekauften Kunstdünger ersetzt werden. Dies kann sich die Landwirtschaft aus ökologischen und wirtschaftlichen Gründen nicht mehr leisten.

Über 500 subventionierte Güllengruben in acht Jahren

Mit dem 1987 revidierten Landwirtschaftsgesetz wurde die Möglichkeit geschaffen, bis Ende 1996 erstellte Hofdüngerlager zu subventionieren. Der Bau von über 500 Güllengruben wurde im Kanton Zürich bis Ende 1995 mit Beiträgen gefördert. Während zu Beginn dieser Kampagne relativ kleine Güllengruben erstellt wurden, nahm das durchschnittliche Volumen im Verlaufe der letzten Jahre ständig zu.

Der Güllenlagerbedarf ist in den letzten zehn Jahren auf den Tierhaltungsbetrieben ebenfalls laufend gewachsen. Zurückzuführen ist dies auf folgende Faktoren:

- Die Kühe sind im Durchschnitt grösser und haben eine höhere Milchleistung als früher, was zu einem erhöhten Stoffumsatz und damit zu einer Vergrösserung der Harn- und Kotmenge pro Tier führt.
- Die neue Tierschutzverordnung des Bundes und die eidgenössische Ökobeitragsverordnung verlangen von den meisten Rindviehhaltungsbetrieben die Errichtung von Laufhöfen. Da es sich meist um befestigte Laufhöfe handelt, müssen diese in die Güllengrube entwässert werden.
- Durch den fortschreitenden Strukturwandel wachsen die Betriebe und halten grössere Viehbestände.
- Die IP-Richtlinien verlangen einen ausgeglichenen Nährstoffhaushalt. Kunstdünger kann nicht mehr beliebig zugekauft werden, weil sonst der Nährstoffanfall auf dem Betrieb zu gross wird. Somit müssen die Hofdünger zum richtigen Zeitpunkt eingesetzt werden, was eine ausreichende Lagerkapazität bedingt.
- Die vorgeschriebene Lagerdauer variiert je nach Standort des Betriebes zwischen vier und fünfeinhalb Monaten. Es handelt sich dabei um die minimale, nicht um die optimale Lagerdauer. Aus ökologischer Sicht reicht eine viermonatige Lagerdauer nicht aus. Optimal wäre eine Lagerdauer von fünf bis sechs Monaten.

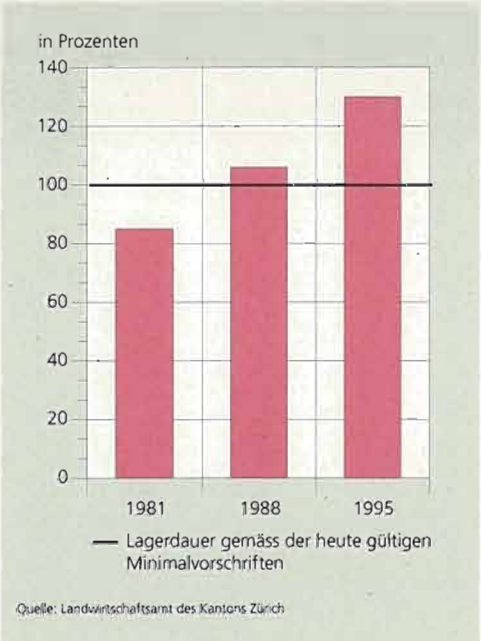


Abb. 22
Lagerdauer für in den letzten Jahren subventionierte Güllengruben in Prozent der heute gültigen Minimalvorschriften

Nach dem heutigen Berechnungsmodus reichen die im Jahr 1981 subventionierten Gruben im Durchschnitt für 85 % der heute vorgeschriebenen minimalen Lagerdauer, die im Jahr 1988 erstellten für 106 % und die 1995 erstellten für über 130 % (vgl.

Abb. 22). Das bedeutet, dass z. B. ein 1981 subventionierter Betrieb im Talgebiet durchschnittlich eine Lagerdauer für 3,4 Monate, ein im Jahr 1988 subventionierter Betrieb eine Lagerdauer für 4,2 Monate und ein 1995 subventionierter Betrieb eine solche für 5,2 Monate aufweist. Es wurde also erreicht, dass heute auf den neu subventionierten Betrieben ein genügend grosses Güllenlagervolumen vorhanden ist, um einen umweltverträglichen Umgang mit dem anfallenden Hofdünger zu ermöglichen.

Moderne Meliorationen bringen auch der Umwelt etwas

Die Ziele der Land- und Forstwirtschaft werden überlagert und umwoben von Zielen des Umweltschutzes und der Raumplanung. Damit werden Meliorationen Werke im allgemeinen öffentlichen Interesse. Zeitgemässe Meliorationen (lateinisch: Verbesserungen) beschränken sich nicht auf die Land- und Forstwirtschaft. Vielmehr sind sie ganzheitliche Projekte, welche die multifunktionalen Aufgaben unserer Kulturlandschaft erhalten, fördern, entwickeln und mitgestalten. Auf der Bühne der Meliorationen müssen sich die Gegensätze von Land- und Forstwirtschaft, Landschafts-, Natur- und Gewässerschutz, Verkehrs- und Siedlungsplanung, Erholung und Tourismus und weiteren, finden, anfreunden und ergänzen.

Seit der Revision des eidgenössischen Landwirtschaftsgesetzes im Jahre 1951 haben Meliorationen auch die Aufgabe, den Zielen des Natur- und Landschaftsschutzes Rechnung zu tragen. Dies geschah in den produktionsorientierten Nachkriegsjahrzehnten in eher bescheidenem Mass. Auf die Entwässerung eigentlicher Feuchtgebiete wurde bald einmal verzichtet. Es verschwand jedoch eine Grosszahl von Landschaftselementen, die als Bewirtschaftungshindernisse eingestuft wurden. Im Rahmen der Landzuteilung konnten immerhin der öffentlichen Hand häufig die Schutzgebiete zugehalten werden, was deren Fortbestand auf der rechtlichen Ebene längerfristig gewährleistet.

Erst Ende der siebziger Jahre befassten sich die Projektierenden ernsthafter mit ökologischen Ausgleichsflächen und Vernetzung von Lebensraumfunktionen. Mit Wegleitungen für Natur- und Heimatschutz bei Meliorationen auf Bundes- und Kantonsebene wurden Grundsteine für die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlich gelagerten Interessenskreisen gelegt. Die Umsetzung der neu formulierten Ziele erfolgte aber entsprechend der Denkweise der Grundeigentümer eher zaghaft. Heute werden alle Vorhaben, unabhängig von der Grösse, an den neuzeitlichen Massstäben gemessen.

Neue Organisationsformen

Frühere Meliorationsprojekte wurden vor allem von Planern ausgearbeitet. Die betroffenen Bauern konnten zwar Wünsche äussern, wurden aber im übrigen nur zu Abstimmungen oder Beschwerdemöglichkeiten eingeladen, wenn einzelne Projektteile vorlagen.

Moderne Meliorationen wollen nun einerseits vermehrt von den Wünschen der Betroffenen, anderseits von übergeordneten, öffentlichen Interessen ausgehen. Die betroffenen Landbesitzer – dies können neben Landwirten auch andere Grundeigentümer sein – sollen nicht mehr nur Ja oder Nein sagen können, sondern aktiv in die Projekterarbeitung eingebunden werden. Diese Idee führt zu einer viel anspruchsvolleren Projektleitung und zu neuen Organisationsformen.

Hatte man früher zwischen den Landeigentümern und Staatsstellen praktisch nur einen Genossenschaftsvorstand und ein projektierendes Ingenieurbüro, so versucht man heute, das Ingenieurbüro durch eine Arbeitsgemeinschaft zu ersetzen, in dem ausser Kulturingenieuren und den Landbesitzern auch Vertreter aus Naturschutzkreisen mitwirken. In dieser «koordinierten Projektleitung» werden grundsätzliche Weichen gestellt.

Grundlagen
Für diese neuen Verfahren, Abläufe und Entscheidungshilfen genügen gute subjektive Ideen nicht. Vielmehr werden klar verständliche, praxistaugliche Grundlagen benötigt. Diese Anliegen wurden von einer schweizerischen Projektgruppe in einem neuen Leitbild für künftige Meliorationen bearbeitet. Im Kanton Zürich wurde eine Kommission «Moderne Meliorationen» ins Leben gerufen, die sich mit der Umsetzung des Leitbildes in der Praxis befasst. In dieser Kommission sind die betroffenen kantonalen Stellen, der Bauernverband und die drei grossen kantonalen Naturschutzorganisationen vertreten. Die Kommission hat bereits Hilfsmittel zu den Themen «Planung von Feld- und Waldwegen», «Ökologische Ausgleichsmassnahmen bei Meliorationen», «Anlage und Begrünung von Böschungen» und «Richtlinien über Entwässerungen» erarbeitet.

Chance – nicht nur für die Natur
Das wichtigste Instrument der Meliorationen stellt die Neuzuteilung der Flächen an die Grundeigentümer dar. Seit geraumer Zeit werden im Rahmen von Meliorationsprojekten die Flächen nicht nur für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen zugeteilt, sondern auch gezielt ökologisch wertvolle Landschaftselemente geschaffen bzw. bestehende erweitert. Bei dieser ökologischen Aufwertung der Kulturlandschaft zielt man auf möglichst geringe Erschwernisse für die Land- und Forstwirtschaft. Moderne Meliorationen stellen einen Schritt in Richtung einer ökologischeren Landwirtschaft dar.

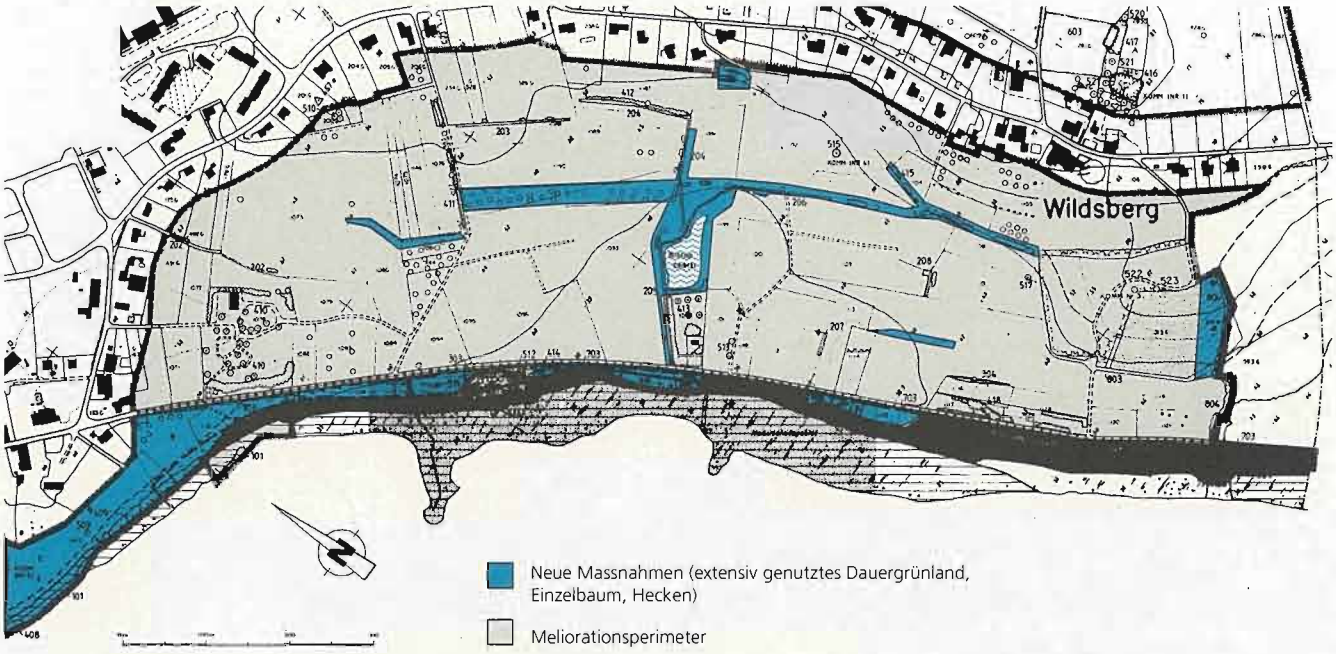
Moderne Meliorationen am Beispiel Greifensee

Die Melioration Greifensee ist ein konkretes Beispiel, wie die Ziele der Landwirtschaft mit denjenigen des Umweltschutzes und der Raumplanung zur Deckung gebracht werden können. Es beteiligten sich 42 Grundeigentümer mit gesamthaft rund 103 Hektaren Land. Vor der Melioration waren diese Flächen ausserhalb der Bauzonen unvermessen und stark zerstückelt. Ein schlechtes Wegnetz erschwerte zudem ein rationelles und kostensparendes Arbeiten.

Im Frühling 1988 konnte mit den Planungsarbeiten begonnen werden. Ende 1991 lag ein erstes, auf der Bestandesaufnahme von Natur und Landschaft (Kartierungen) basierendes Vorprojekt vor und konnte öffentlich aufgelegt werden. Mit einem Landschaftskonzept konnten dann Einsprachen gegen das Wegnetz und Wünsche der Landbesitzer berücksichtigt und das Projekt verfeinert werden. Der Regierungsrat und der Bund genehmigten das bereinigte Projekt schliesslich im Frühling 1995. Damit war der Weg frei, die Flächen zu bonitieren und unter den Grundeigentümern neu zu verteilen. Im Herbst 1996 konnten die neuen Parzellen schliesslich von ihnen übernommen werden.

Was bringt diese Melioration?
1. Zur Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen der Landwirtschaft wurden grössere und gut geformte Parzellen geschaffen, das Wegnetz verbessert und gezielt ergänzt sowie Entwässerungsanlagen in nassem Kulturland verbessert und ergänzt.
2. Die im Perimeter bestehenden rund 8,2 ha Nass- bzw. Trockenstandorte konnten der öffentlichen Hand zugeteilt und durch 6,8 ha neue, extensiv genutzte Flächen erweitert und vernetzt werden. Mittels einem Landschaftskonzept liess sich ein zusammenhängendes Biotopsystem entlang von Wegen schaffen. Zusätzliche Bachabschnitte wurden geöffnet und renaturiert. Zudem konnte in Zusammenarbeit mit (privaten) kantonalen Naturschutzorganisationen sowie der öffentlichen Hand ein grösserer Weiher als vielseitiges Biotop neu angelegt werden.
3. Seit längerem ist rund um den Greifensee ein Radweg geplant; im Rahmen der Melioration konnte das auf dem Gemeindegebiet Greifensee dafür benötigte Land ebenfalls ausgeschieden werden.

Moderne Meliorationen am Beispiel Greifensee



Quelle: Meliorations- und Vermessungsamt des Kantons Zürich

Abb. 23
Ausschnitt aus dem Landschaftsplan der Gesamtmelioration Greifensee

Moderne Meliorationen: Ein Fazit

Mit dem Instrument der modernen Melioration lassen sich botanisch und optisch verarmte Kulturlandschaften wieder bereichern und aufwerten, ausgeräumte Landstriche wieder naturnah «möblieren». Moderne Meliorationen sind im Vergleich zu den früheren umfassender, landschaftsschonender und trotzdem für die Bewirtschafter benutzerfreundlicher. Den Beweis dafür am konkreten Beispiel anzutreten ist allerdings nicht einfach, weil es moderne Meliorationen noch nicht lange gibt und die von ihnen erbrachten Leistungen zugunsten der Natur ihre Zeit benötigen, um sich voll zu entfalten.

Waldnutzung

Hauptfunktionen des Waldes 63
Baumartenzusammensetzung und Verjüngung 65
Waldschäden 67

Hauptfunktionen des Waldes

Das neue Bundesgesetz über den Wald von 1991 berücksichtigt moderne Anforderungen, die an den Wald gestellt werden, und zielt deshalb auf eine umfassende aktive Waldpflege im Sinne einer ökologisch ausgewogenen Bewirtschaftung.

Das heutige Waldgesetz des Bundes weist dem Wald drei neue Hauptfunktionen zu. Er soll uns:

- als naturnahe Lebensgemeinschaft erhalten bleiben und Erholungsraum bieten
- vor Naturgefahren schützen
- mit Holz versorgen.

Der Wald ist in seiner Fläche und räumlichen Verteilung zu erhalten. Er ist so zu bewirtschaften, dass er seine Funktionen dauernd und uneingeschränkt erfüllen kann. Die traditionell auf die Holznutzung bezogene Nachhaltigkeit wird somit auf die anderen Funktionen des Waldes erweitert. Es können nicht alle Funktionen gleichzeitig auf der gleichen Waldfläche im gleichen Ausmass erbracht werden. Auch wenn die Waldpflege meistens auf mehrere Zwecke ausgerichtet werden kann, gibt es Flächen, auf denen eine besondere Waldfunktion Vorrang hat und eine entsprechende Zielsetzung erfordert.

Lebensraum

Wälder sind zu einem guten Teil noch relativ naturnahe Räume unserer Umwelt, die von meist intensiv genutztem Offenland umgeben sind. Im Rahmen der Waldnutzung und Waldpflege nimmt der Förster direkten Einfluss auf diese Naturräume. Die nachhaltige Nutzung des Waldes muss Nachhaltigkeit im Sinne aller Waldfunktionen bedeuten. Dies heisst im Hinblick auf einen gezielten Natur- und Artenschutz vor allem Erhaltung und Förderung der entsprechenden naturnahen Lebensräume sowie deren Vernetzung. Die Wälder mit ihrer natürlicherweise hohen Artenvielfalt (z. B. über 650 Arten von Farn- und Blütenpflanzen, verschiedene Säugetiere, ca. 20 gefährdete Waldbrüter, seltene Reptilien und Amphibien, unzählige Insekten) spielen in diesem Biotopverbund eine wichtige Rolle. Die Förderung der Artenvielfalt ist daher ein zentrales Anliegen der forstlichen Nutzung des Lebensraumes Wald.

Auch im Wald ist ein Artenverlust feststellbar. Betroffen sind vorwiegend Pflanzen und Tiere mit hohen Lichtansprüchen oder grosser Störanfälligkeit. Neben dem Fortführen der bisherigen Bestrebungen, auf der gesamten Waldfläche naturnahen Waldbau zu betreiben, werden in ausgewählten Waldbeständen daher gezielt auch lichtreiche Waldformen gefördert. Um alle Phasen der natürlichen Waldentwicklung zu verfolgen, werden Waldreservate eingerichtet. Zusätzlich sollen Wälder, Kulturland, Hecken oder andere Lebensräume durch vielfältige Waldränder und eventuell durch gezielte Ersatz-Aufforstungen besser miteinander verzahnt und vernetzt werden.

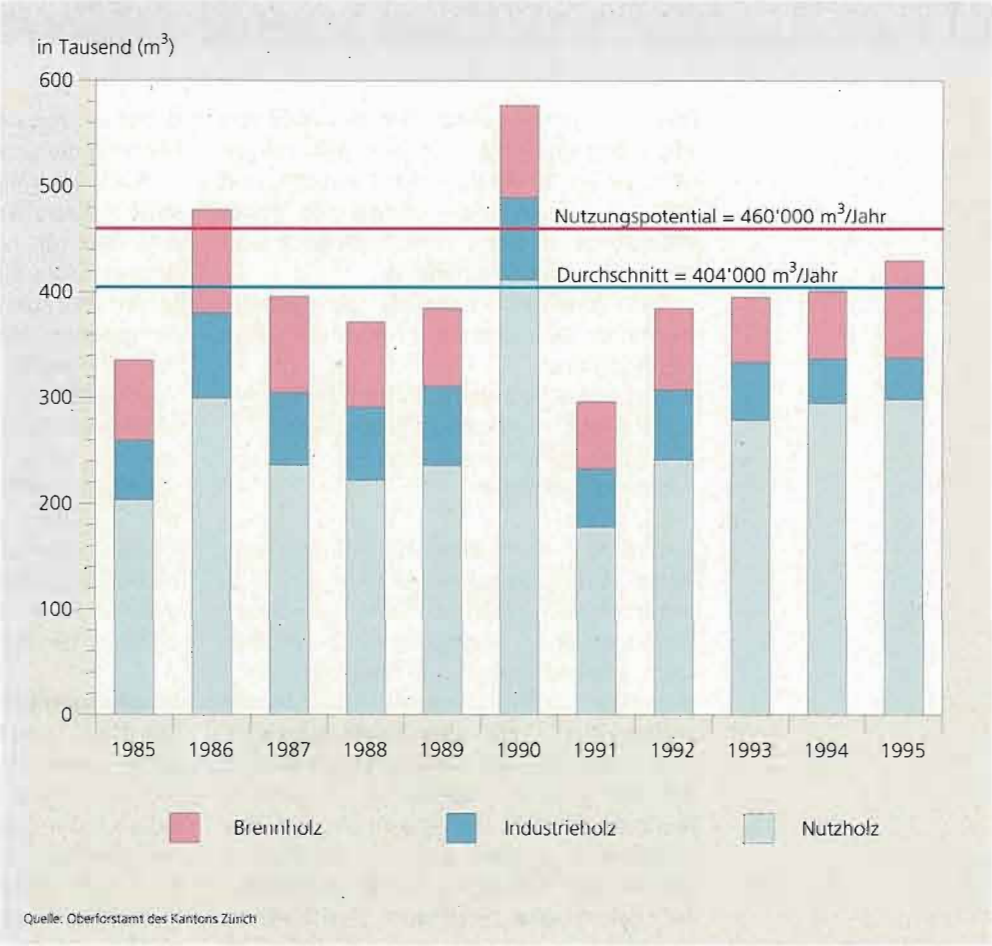
Erholungsraum

Der stark besiedelte Kanton Zürich ist zu 29 % seiner Fläche mit Wald bedeckt (Schweiz: 25 %). Pro Einwohner ergibt dies lediglich 4 a Waldfläche. Ausser den Kantonen Genf und Basel-Stadt haben alle Kantone mehr Waldfläche pro Einwohner, z. B. im Kanton Graubünden 25mal mehr (104 a pro Einwohner).

Gesamthaft kommt der Wirkung des Waldes als Erholungs- und Erlebnisraum für Entspannung und Sport der Bevölkerung ein hoher volkswirtschaftlicher Wert zu. Die Aufwendungen für erhöhten Wegunterhalt, Vorsichtsmassnahmen bei der Holzernte, Erholungseinrichtungen usw. werden jedoch heute zur Hauptsache noch vom Waldbesitzer aufgebracht. Jene Forstbetriebe, die eine forstliche Betriebsabrechnung (BAR) führen, wendeten im Wirtschaftsjahr 1994/95 für «Schutz und Wohlfahrt» Fr. 66.–/ha Wald auf, davon als verbleibende Eigenleistung (nach Abzug der Leistungen Dritter) Fr. 50.–/ha Wald. Dies verdient besondere Beachtung, da sich der Wald im Kanton Zürich zu beinahe 50 % in privater Hand befindet (Schweiz: 25 %).

In der Umgebung der Städte Zürich und Winterthur und anderer dicht besiedelter Gebiete (Limmattal, Uster, Kloten, Bülach u.a.m.) wird der Wald sehr intensiv von Erholungssuchenden genutzt, ebenso in

Hauptfunktionen des Waldes



Quelle: Oberforstamt des Kantons Zürich

Abb.24
Holznutzung 1985–1995

attraktiven Wandergebieten (Albis, Türlersee, Oberland, Thur u.a.m.).

Zwischen verschiedenen Benützern kann es gelegentlich zu Konflikten kommen, etwa zwischen Mountainbikern und Wanderern auf schmalen Wegen. An Stellen, wo regelmässig und konzentriert abseits von Wegen durch den Waldbestand geritten wird, treten Schäden an Waldboden und Waldverjüngung auf. In Gebieten, die in hoher Frequenz mit Hunden begangen werden, wird das Wild in der Bewegungsfreiheit eingeschränkt, muss sich stets in Deckung halten und verursacht in derart beengten Einständen mehr Verbissschäden.

Schutzwirkungen

Auch wenn der Kanton Zürich nicht zu den Gebirgskantonen zählt, spielt der Schutz des Waldes vor Erosion und Hochwasserspitzen eine wesentliche Rolle. Im vergangenen Jahrhundert wurden z. B. im Tössstockgebiet grosse Flächen zum Schutz vor Hochwassern aufgeforstet.

Viele Grundwasser- und Quellschutzzonen befinden sich im Wald. Dem Schutz der Wasservorkommen kommt zugute, dass zur Waldbewirtschaftung seit langem keine Dünger und Giftstoffe eingesetzt werden. Dieser Grundsatz ist im Waldgesetz verankert. Gerade angesichts der hohen Stickstoffeinträge aus der Luft spielt die Waldfläche für die Wasserreinheit eine wesentliche Rolle.

Holznutzung

Die Holznutzung betrug im Kanton im Durchschnitt 1985–1995 rund 404'000 m³ pro Jahr und lag damit trotz den massiven Windwürfen in den Jahren 1986 und 1990 (Vivian) immer noch fast 60'000 m³ unter dem aktuellen Nutzungspotential. Dieses entspricht dem Zuwachs, den die Wälder des Kantons mit der gegenwärtigen Baum-

arten-, Alters- und Vorratsverteilung leisten und der gemäss dem Nachhaltigkeitsprinzip genutzt werden könnte. Energetisch und lufthygienisch wäre es sinnvoll, das ganze Nutzungspotential des Waldes auszunützen, zumal heute moderne Holzverbrennungssysteme zur Verfügung stehen und die Verbrennung von Holz CO_2-neutral ist. Kantonsweit gesehen findet demnach eine Vorratsäufnung statt, wenn auch gebietsweise grosse Unterschiede bestehen. Die Zusammensetzung der anfallenden Holzsortimente ist relativ starken jährlichen Schwankungen ausgesetzt, zeigt in den letzten Jahren aber tendenzmässig eine Abnahme des Industrieholzanteils bei eher zunehmendem Nutzholzanteil. Hier spielt die Preisentwicklung in der Bau- bzw. Papierbranche eine wichtige Rolle.

Baumartenzusammensetzung und Verjüngung

Für das bessere Verständnis des komplexen Ökosystems Wald wurden in den achtziger Jahren die Standortverhältnisse in den Wäldern des Kantons Zürich kartiert. Diese Kartierung erlaubt es, die potentiell natürliche Baumartenzusammensetzung, wie sie ohne menschlichen Einfluss wäre, abzuschätzen (vgl. Abb. 25). Die Buche würde über die Hälfte der Waldfläche einnehmen. Die gleiche Kartierung bildet die Grundlage für Empfehlungen zur standortgerechten Baumartenwahl. Danach sind die Anteile der weiteren Laub- und Nadelholzarten zu Lasten des Buchenanteils grösser als im rein natürlichen Wald. Der Ist-Zustand der Baumartenverteilung zeigt nach wie vor eine Überver-

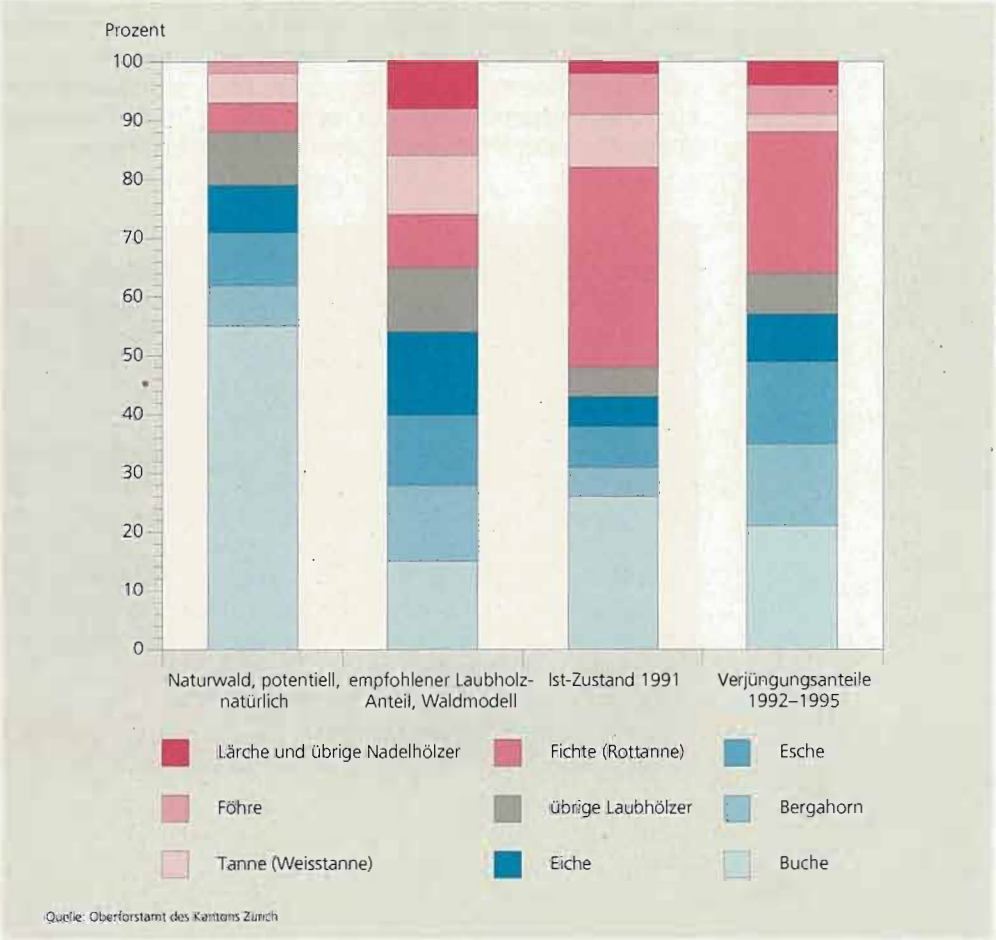
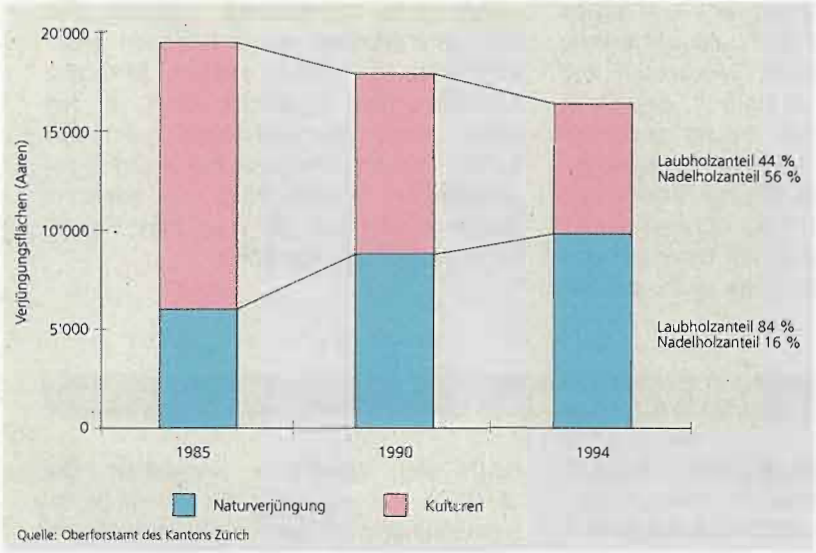


Abb. 25
Baumartenanteil der Zürcher Wälder im Vergleich mit Modellen

Baumartenzusammensetzung und Verjüngung



Quelle: Oberforstamt des Kantons Zürich

Abb. 26
Zusammensetzung der Verjüngungsflächen im Kanton Zürich

tretung vor allem der Fichte, aber auch der Buche gegenüber den Verjüngungsempfehlungen. Daraus ist zu folgern, dass Pflanzungen in einem gewissen Umfang nötig bleiben, um die Baumartenzusammensetzung den Zielvorstellungen annähern zu können, da sich z. B. die untervertretenen und/oder lichtbedürftigen Laubholzarten oft nur schwer natürlich verjüngen lassen bzw. in nadelholzreichen Gebieten oder in Gebieten ohne entsprechende Samenbäume gar nicht. Trotzdem gibt der Anteil Naturverjüngung an der Gesamtverjüngung grundsätzlich einen guten Hinweis auf die Naturnähe der Waldbewirtschaftung (vgl. Abbildung 26).

In den vergangenen 10 Jahren erhöhte sich die Naturverjüngung gegenüber den Pflanzungen von 31 % auf 62 %, und die Naturverjüngungen weisen einen Laubholzanteil von 84 % auf. Diese Tendenz wird sich fortsetzen. Die heutige Baumartenzusammensetzung in den Verjüngungsflächen stimmt mit den Empfehlungen sehr gut überein und wird dazu führen, dass auch die Baumartenverteilung in den Altwäldern langsam den gewünschten Zustand erreicht. Der Wildverbiss von Tannensämlingen bewirkt, dass die (Weiss-)Tannenverjüngung gegenüber der Fichte reduziert ist. Zusätzlich ist die Tanne in den Altbeständen wegen Vitalitätsverlusten gebietsweise schon stark zurückgegangen, so dass bereits die natürliche Aussaat fehlt.

Zusammenfassend darf eine deutliche Entwicklung zur Naturverjüngung festgestellt werden und mit ihr eine Entwicklung zu flächendeckend standortgerechten Waldbeständen.

«Naturverjüngung»
Der Anteil Naturverjüngung an der Gesamtverjüngung gibt – mit Ausnahme gewisser Spezialfälle – einen klaren Hinweis auf die Naturnähe der Waldbewirtschaftung. Lichtbedürftige Baumarten z. B. lassen sich oft nur schwer natürlich verjüngen, in Gebieten ohne entsprechende Mutterbäume gar nicht. Da die natürliche Baumartenzusammensetzung unserer Wälder einen sehr grossen Anteil an Buchen aufweisen würde, sind Pflanzungen in einem gewissen Umfang nötig, um einen naturnahen Wirtschaftswald mit erhöhter Baumartenvielfalt gemäss den Empfehlungen verwirklichen zu können.

Zielwert
Gemäss dem Bericht «Vorsorgeplanung Pflanzenbeschaffung» des Oberforstamtes von 1990 wird für die Naturverjüngung ein Anteil von 66 % angestrebt.

Handlungsbedarf / Massnahmen
Seit 1985 ist der Naturverjüngungsanteil kantonsweit kontinuierlich von etwa 30 % auf rund 60 % gestiegen. Damit ist der Zielwert fast erreicht. Da sich der Trend vermutlich fortsetzen wird, besteht kein besonderer Handlungsbedarf.

Waldschäden

Seit über zehn Jahren wird im Kanton Zürich sowohl auf einem systematischen Stichprobennetz als auch auf 13 intensiver untersuchten, gezielt ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen u. a. der Nadel-/Blattverlust der wichtigsten Waldbäume erhoben. Obwohl seit 1992 die Stichprobenzahl aus Kostengründen von ursprünglich 496 auf rund die Hälfte hat reduziert werden müssen, liegen jährliche Bonitierungsergebnisse von insgesamt über 4200 Bäumen vor. Aufgrund der neuesten Ergebnisse aus dem Stichprobennetz bewegt sich die Kronenverlichtung 1995 etwa auf dem Niveau des Jahres 1994. In den Dauerbeobachtungsflächen hingegen ist der Anteil der Fichten und Buchen mit einer Kronenverlichtung von mehr als 25 % (Schadstufen 2, 3 und 4) – solche gelten gemäss internationaler Konvention als geschädigt – um 7 % bis 10 %



Quelle: Oberforstamt des Kantons Zürich

Abb.27
Waldschadenentwicklung 1985–1995

Waldschäden

auf rund 20 % gestiegen. Langfristig gesehen zeichnet sich ein wellenförmiger Verlauf der Waldschadenentwicklung ab mit zunehmendem Trend des Nadel-/Blattverlustes, v. a. in den untersten Stufen. Dieser Trend weist zusammen mit dem 1995 wiederum starken Rückgang des Längenwachstums der Gipfeltriebe sowie der gehemmten Verzweigung auf einen anhaltenden Vitalitätsrückgang hin. Ausserdem zeigt sich aufgrund von chemischen Nadel-/Blattanalysen eine Verschlechterung der Nährstoffverhältnisse mit all ihren ungünstigen Konsequenzen. Dazu gehören z. B. eine erhöhte Sturmgefährdung und Anfälligkeit gegenüber Insekten oder pathogenen Pilzen sowie erhöhte Frostempfindlichkeit, da der Wachstumsabschluss im Herbst verzögert sein kann.

Die weitere sorgfältige Beobachtung unserer Waldökosysteme, begleitet von Untersuchungen über Wirkungszusammenhänge, ist daher erforderlich.

«Nadel-/Blattverlust»

Der Nadel-/Blattverlust gibt einen Hinweis auf den Gesundheitszustand der Bäume bzw. der Wälder. Obwohl der Wirkungszusammenhang mit der Umwelt – z. B. mit den Immissionen – noch nicht restlos geklärt ist, ist die Indikation eines Vitalitätsverlustes wahrscheinlich. Die Kronenverlichtung gilt allgemein immer noch als geeignetes Merkmal für einen stressbedingten Vitalitätsverlust. Die Kronenverlichtung wird vom Boden aus beurteilt unter Zuhilfenahme von Vergleichsbildern. Mittels sogenannten Eichparcours wird versucht, Schwankungen zwischen den Aufnahmegruppen zu minimieren.

Zielwert:

Bäume mit einer Kronenverlichtung von mehr als 25 % gelten gemäss internationaler Konvention als geschädigt. Als Zielwert ist daher anzustreben, die Kronenverlichtung in sämtlichen Beständen unter diese 25 % zu senken.

Handlungsbedarf / Massnahmen:

- *Herabsetzen der Immissionsbelastung ganz allgemein*
- *wenig forstliche Einflussmöglichkeiten wie z. B. mit der Baumartenwahl und der Bestandesstruktur*
- *Weiterführen der Beobachtungsreihen bzw. des Überwachungsprogrammes*

Stoffe, Abfälle und Abfallanlagen

Abfallmengen	**69**
Stand der Abfallwirtschaft	**69**
Siedlungsabfälle	**71**
Betriebsabfälle	**74**
Bauabfälle	**76**
Sonderabfälle	**77**
Abfallbehandlung	**79**

Abfallmengen

1995 fielen im Kanton Zürich knapp 2,15 Mio. Tonnen Abfälle an, wobei der Aushub, als Fraktion der Bauabfälle definiert, in der Grössenordnung von ca. fünf Mio. Tonnen nicht mitberücksichtigt ist. Umgerechnet auf die Bevölkerung des Kantons Zürich entspricht dies einer Abfallmenge von 1,85 Tonnen pro Person.

Gegenüber 1994 hat sich die gesamte Abfallmenge kaum verändert. Zwischen 1991–1995 nahm die Abfallmenge um rund 10 % bzw. 150 kg pro Kopf der Bevölkerung ab.

Die Bauabfälle machen nach wie vor den Hauptteil der Gesamtmenge aus (vgl. Abb. 28). 1995 waren die Hälfte der Abfälle entweder Bauschutt (36,5 %) oder Bausperrgut (12 %). Eine leichte Zunahme von 2 % gegenüber dem Vorjahr ist bei den Abfallsammlungen durch die Gemeinden zu verzeichnen. Die Fraktion Sonderabfälle, mit einem Anteil von 5 % an der Gesamtmenge, hat stark abgenommen. Gegenüber 1994 ist ein Mengenrückgang von 9 % zu verzeichnen. Der Rückgang bei den Sonderabfällen verteilt sich, bis auf denjenigen Teil, der auf die Sanierung von Altlasten zurückzuführen ist, auf alle Teilfraktionen. Die prozentual leichten Abnahmen beim Schrott, den Shredderrückständen sowie beim Klärschlamm haben auf die Gesamtmengen nur einen geringen Einfluss.

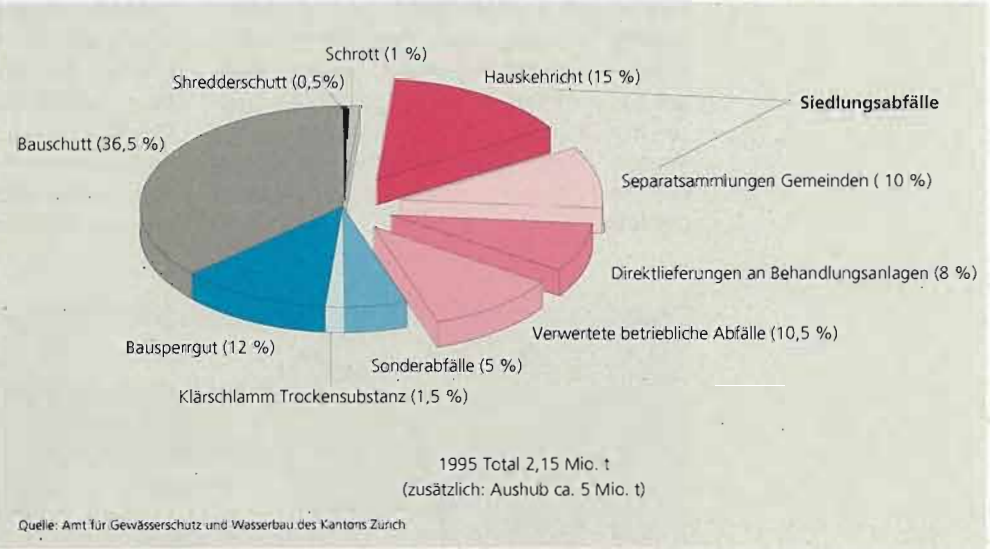


Abb. 28
Anteile der Abfallkategorien im Kanton Zürich 1995

Stand der Abfallwirtschaft

Abfallgesetz – eine neue Grundlage

Auf den 1. Januar 1996 wurde das kantonale Abfallgesetz teilweise in Kraft gesetzt. Eine moderne Gesetzgebung löst damit die bisherigen Rechtsgrundlagen im Einführungsgesetz zum Gewässerschutzgesetz und im Schrottgesetz ab.

Zum zentralen Grundsatz macht das Gesetz die bereits im kantonalen Abfallkonzept von 1989 formulierte Prioritätenordnung – vermeiden, verwerten, behandeln. Nach diesen Vorgaben haben sich weiterhin die Abfallwirtschaft, neu aber auch die Produktion und der Konsum zu richten. So konkretisiert das Gesetz das Verursacherprinzip, äussert sich zur Vorbildfunktion und definiert die Rahmenvorgaben betreffend der Rücknahme- und Ablieferungspflicht.

Präziser wurden auch die Zuständigkeiten geregelt. Gingen die ursprünglichen Rechtsgrundlagen davon aus, dass die Abfallbewirtschaftung in erster Linie eine

öffentliche Aufgabe sei, so werden nun die Zuständigkeiten für die einzelnen Abfallgruppen mit dem Abfallgesetz festgehalten.

Insbesondere die Gemeinden haben sich nur noch um die Siedlungsabfälle zu kümmern, während für die Betriebsabfälle die Unternehmen selber zuständig sind. Durch diese Regelung wird die Eigenverantwortung gestärkt.

Für die Bauabfälle wurden minimale Trennvorgaben vorgeschrieben, und für die Altlastenbearbeitung wurde eine gesetzliche Grundlage geschaffen.

Abfallkonzept und -planung

Die Massnahmen in der Abfallwirtschaft stützen sich auf die Vorgaben im Abfallkonzept und in der Abfallplanung. Insbesondere gewinnt eine überregionale Planung bei den Abfallbehandlungsanlagen zunehmend an Bedeutung. So soll sichergestellt werden, dass die bestehenden Anlagen optimal betrieben werden. Auch um die in diesen Bereichen getätigten grossen Investitionen sichern zu können, hat der Kanton heute wirksame Steuerungsmittel wie die Festlegung von Einzugsgebieten in der Hand.

Finanzierungsvorgaben und -instrumente

Damit die Abfallwirtschaft auch längerfristig finanzierbar bleibt, wurden klare Finanzierungsvorgaben und neue Finanzierungsinstrumente geschaffen. Durch die Bildung von Fonds in den Bereichen Sonderabfall, Deponienachsorge und Altlastensanierung kann einerseits dem Verursacherprinzip nachgelebt werden, anderseits müssen entsprechende staatliche Aufwendungen nicht mehr automatisch durch den Steuerzahler abgedeckt werden. Die Bewirtschaftung dieser Fonds, die in der Staatsrechnung ausgewiesen werden, hat sich an genauen Vorgaben zu orientieren.

Standortsicherung für Abfallanlagen

Dem Erlass des Abfallgesetzes gingen verschiedene wichtige Arbeiten mit massgebenden Auswirkungen auf die Abfallwirtschaft voraus. Ausgelöst durch das Abfall-Leitbild des Bundes (1986), wurden mit dem Abfallkonzept des Kantons Zürich Grundsätze und Ziele formuliert und ein umfassender Massnahmenkatalog vorgelegt. Einige dieser Massnahmen erhielten mit der Revision des Planungs- und Bau-

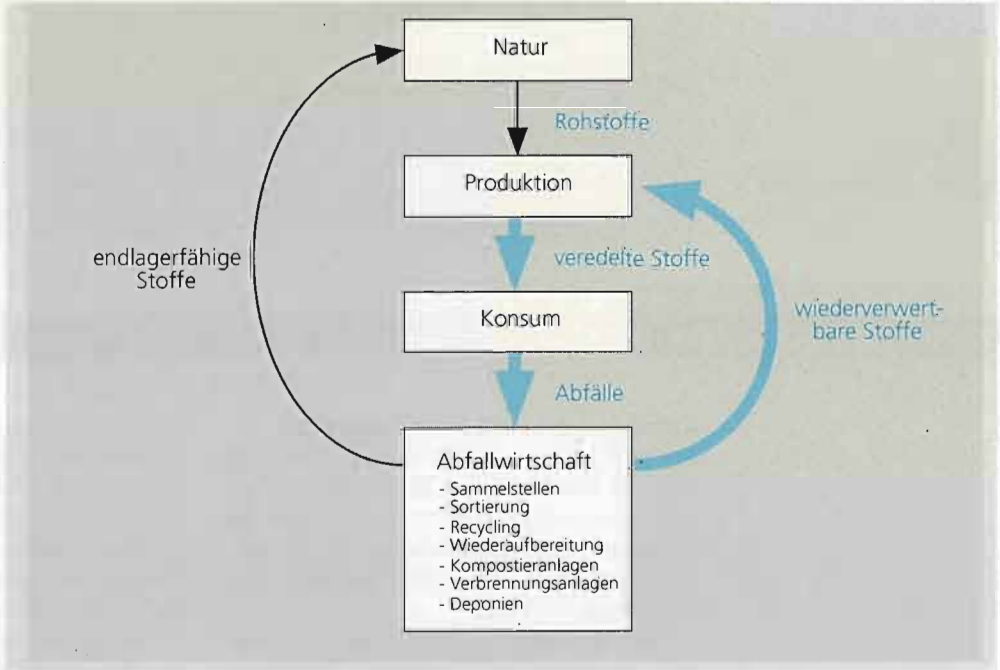


Abb. 29
Stoffkreislauf

gesetzes (1991) eine rechtliche Grundlage, und die notwendigen Standorte für Anlagen konnten 1995 im kantonalen Richtplan gesichert werden. Mit dem Abfallgesetz werden nun all diese Instrumente zusammengeführt, und ein planerischer und konzeptioneller Prozess kann abgeschlossen werden.

Hohen Stand halten

Der in den letzten Jahren erreichte hohe Stand der Abfallbewirtschaftung im Kanton Zürich ist mit der Teilinkraftsetzung des Abfallgesetzes rechtlich abgesichert worden. Es gilt nun, die neuen Bestimmungen in der Praxis anzuwenden, Erfahrungen zu sammeln und die vorgegebenen Handlungsspielräume sinnvoll zu nutzen. Auch in Zeiten mit knapperen finanziellen Mitteln muss alles unternommen werden, um das erarbeitete Niveau zu halten und die Stoffkreisläufe der Wirtschaft zu optimieren, d. h. soweit als möglich zu schliessen, damit eine umweltgerechte Abfallbewirtschaftung sichergestellt werden kann.

Siedlungsabfälle

Entwicklung der Siedlungsabfallmengen

Die Gesamtmenge der Siedlungsabfälle liegt heute im Kanton Zürich bei über 530'000 Tonnen pro Jahr oder 450 kg pro Kopf der Bevölkerung (vgl. Abb. 30).

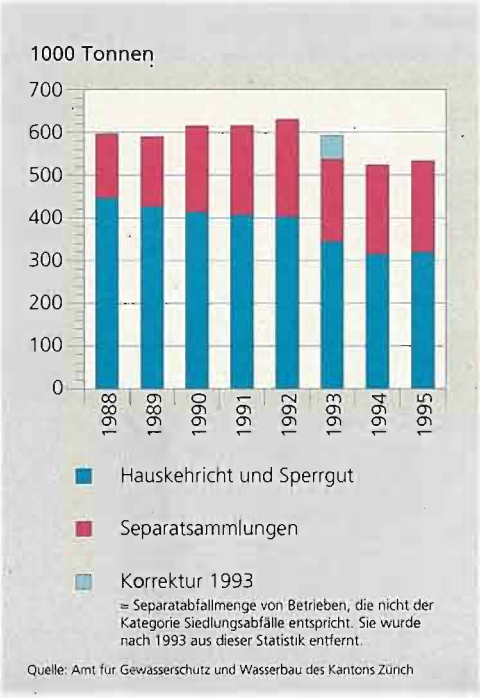


Abb. 30
Entwicklung der Siedlungsabfallmengen 1988 –1995

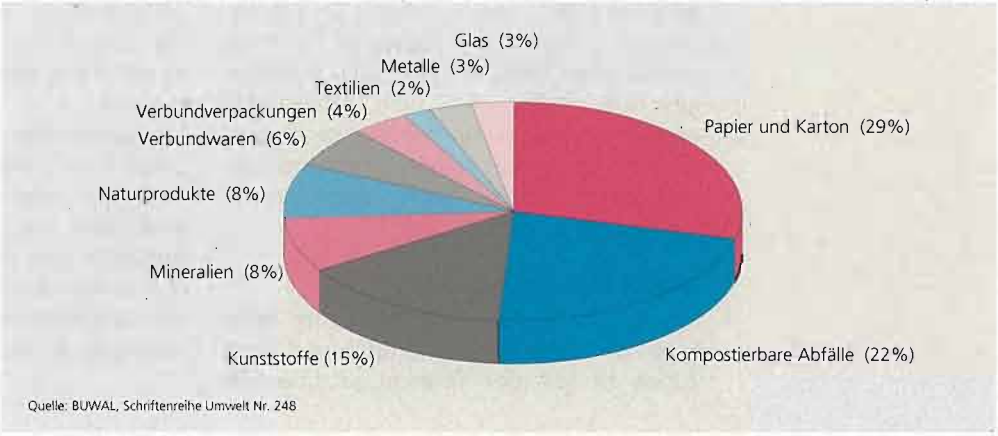
Das sind 70'000 Tonnen oder 80 kg pro Kopf der Bevölkerung weniger als anfangs der neuziger Jahre. Um diese Kehrichtmenge zu den Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) zu transportieren, sind rund 100'000 Lastwagenfahrten notwendig. Alle Lastwagen hintereinandergereiht ergäben eine Kolonne von rund 800 km Länge.

Separat gesammelte Abfälle

Der Anteil der separat gesammelten Abfälle Papier, Karton, Glas, Metalle (Eisen, Buntmetalle, Nichteisenmetalle), kompostierbare Abfälle, Textilien und Sonderabfälle hat von 25 % im Jahre 1989 auf 40 % im Jahre 1995 zugenommen (vgl. Abb. 30 und Abb. 32). Verschiedene Faktoren haben die markante Verlagerung der Abfallflüsse vom Kehricht zu den Separatsammlungen massgeblich beeinflusst: die Einführung von verursachergerechten Gebühren (Sackgebühren, Containergebühren), das steigende Umweltbewusstsein der Bevölkerung, die gute Sammelinfrastruktur und das breitere Angebot an abfallärmeren Gütern und Verpackungen.

Mittels Kehrichtsortierungen lässt sich die Zusammensetzung des Siedlungsabfalls ermitteln (vgl. Abb. 31). Erstaunlich ist, dass immer noch über 20 % der kompostierbaren Abfälle nicht verwertet werden.

Siedlungsabfälle



Quelle: BUWAL, Schriftenreihe Umwelt Nr. 248

Abb. 31
Zusammensetzung des Siedlungsabfalls (Kehrichtsortierungen 1992 / 1993)

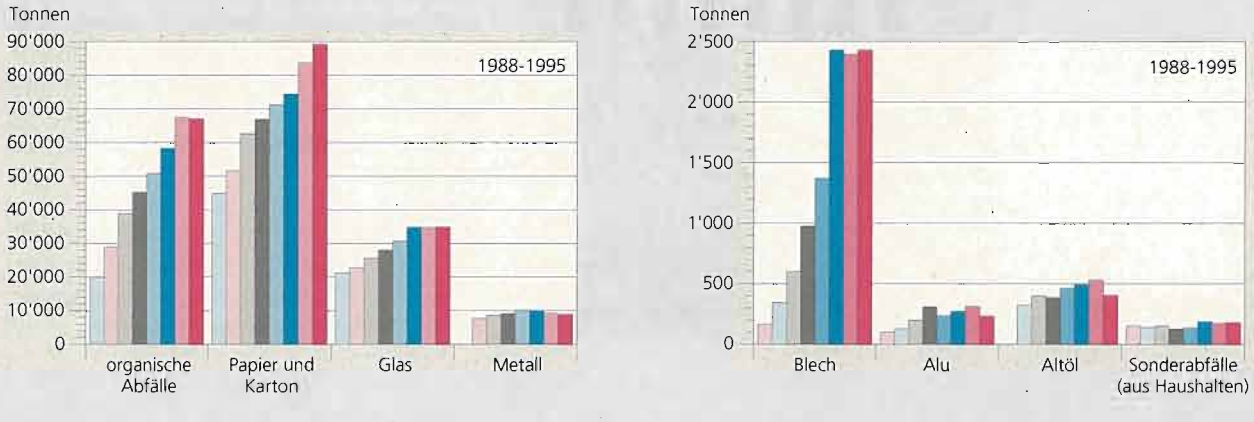
Materialfluss der Abfälle durch die KVA

Das Materialflussschema der Siedlungsabfälle (vgl. Abb. 33) gibt Auskunft über die Entsorgungswege und die Reststoffe der in den KVA behandelten Siedlungsabfälle im Jahr 1995. Aus einer Tonne verbrannten Kehrichts fallen neben Abgasen rund 240 kg an festen Reststoffen (Schlacke, Filterstäube, Rückstände aus der Rauchgasreinigung) an, so dass 1995 120'000 Tonnen Schlacke weiterbehandelt, aufbereitet und/oder deponiert werden mussten. Die Rückstände aus der Rauchgasreinigung von KVA gelten als Sonderabfall und werden teilweise ins Ausland exportiert. Kehrichtschlacke wurde 1995 nur noch zum kleineren Teil aufbereitet und als Kiesersatzmaterial verwendet; der Grossteil der Schlacke gelangte auf Reaktordeponien.

Kosten der Abfallbewirtschaftung

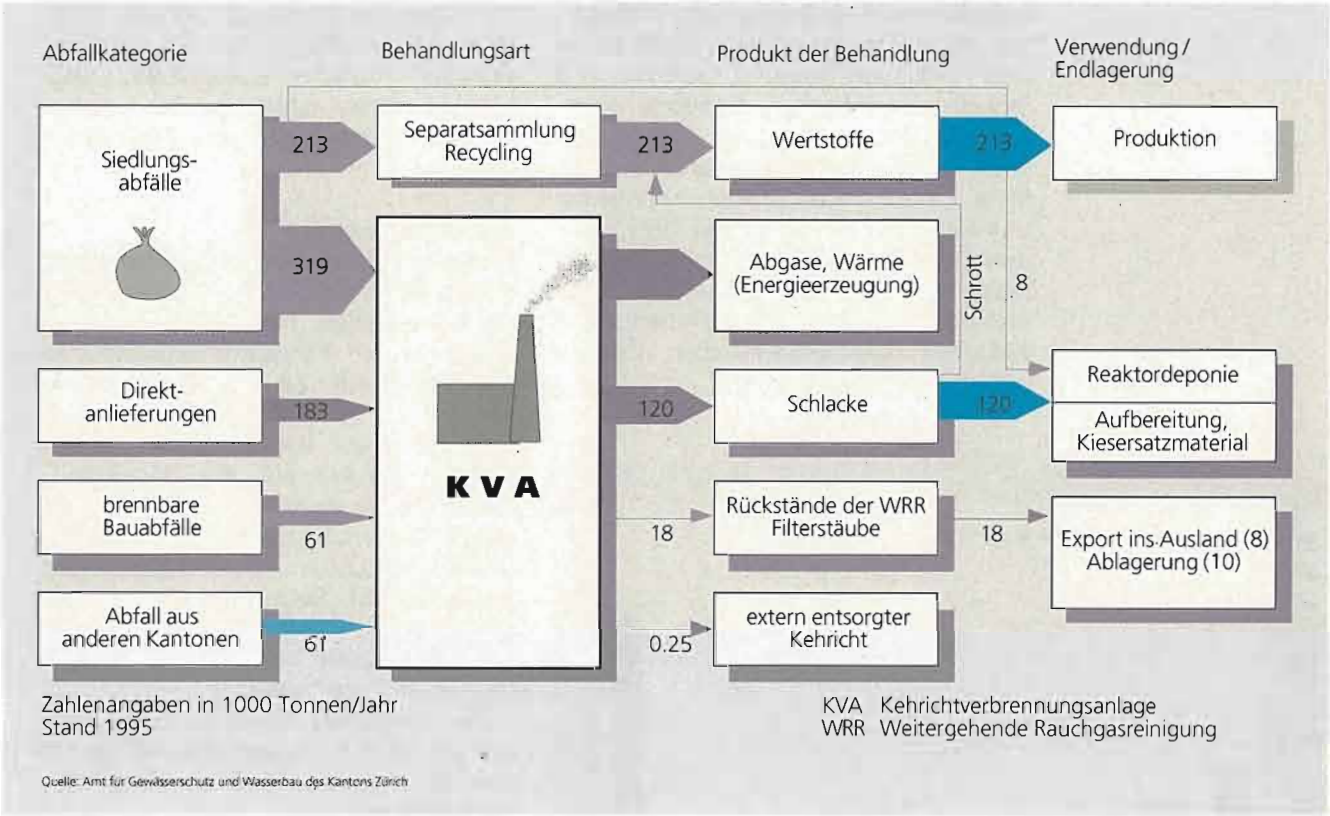
Zwischen 1990 und 1993 stiegen die Kosten für die Abfallbewirtschaftung um rund 58 % von 95 auf 150 Franken pro Einwohner und Jahr. 1994 nahmen die Kosten erstmals wieder ab. Sie sanken im Vergleich zum Vorjahr um ca. 3 Prozent auf rund 145 Franken pro Einwohner und Jahr (vgl. Tab. 1). Diese Kostenreduktion ergab sich durch die Verlagerung vom teuren Kehricht auf die günstigeren Separatabfallfraktionen; die Annahmetarife der Kehrichtverbrennungsanlagen im Kanton Zürich stiegen von durchschnittlich 130 Franken pro Tonne im Jahr 1990 auf 280 Franken im Jahr 1994.

Abb. 32
Separat gesammelte Abfälle 1988 –1995



Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Siedlungsabfälle



Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Abb. 33
Materialflussschema der Siedlungsabfälle im Kanton Zürich 1995

	Kosten je Einwohner		Kosten je Tonne
Fixkosten			
Gemeinkosten	Fr. 9.–	6%	
Sammelkosten	Fr. 10.–	7%	
Total Fixkosten	**Fr. 19.–**	**13%**	
Direkte Kosten			
Kehricht (⅔ für Transport bzw. ⅓ für Verbrennung)	Fr. 93.–	64%	Fr. 400.–
Grüngut	Fr. 13.–	9%	Fr. 245.–
Altpapier	Fr. 8.–	6%	Fr. 130.–
Häckseln	Fr. 2.10		Fr. 260.–
Altmetall	Fr. 2.–		Fr. 155.–
Altglas	Fr. 3.10		Fr. 90.–
Übriges	Fr. 4.80		keine Angabe
Total direkte Kosten	**Fr. 126.–**	**87%**	
Gesamtkosten 1994	**Fr. 145.–**		

Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Tab. 1
Durchschnittliche Kosten der Abfallbewirtschaftung im Kanton Zürich 1994

Betriebsabfälle

Abfallkataster als Beratungsgrundlage

Seit 1991/92 stehen mit dem Abfallkataster über Abfälle aus Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben detaillierte Angaben über Art, Mengen und Entsorgungswege von Betriebsabfällen zur Verfügung. Diese Zahlen wurden mittels statistischer Unterlagen auf den Stand von 1995 hochgerechnet und dienen der fundierten Beratung von Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben sowie zur Ausarbeitung wirksamer branchenspezifischer Abfallbewirtschaftungsstrategien.

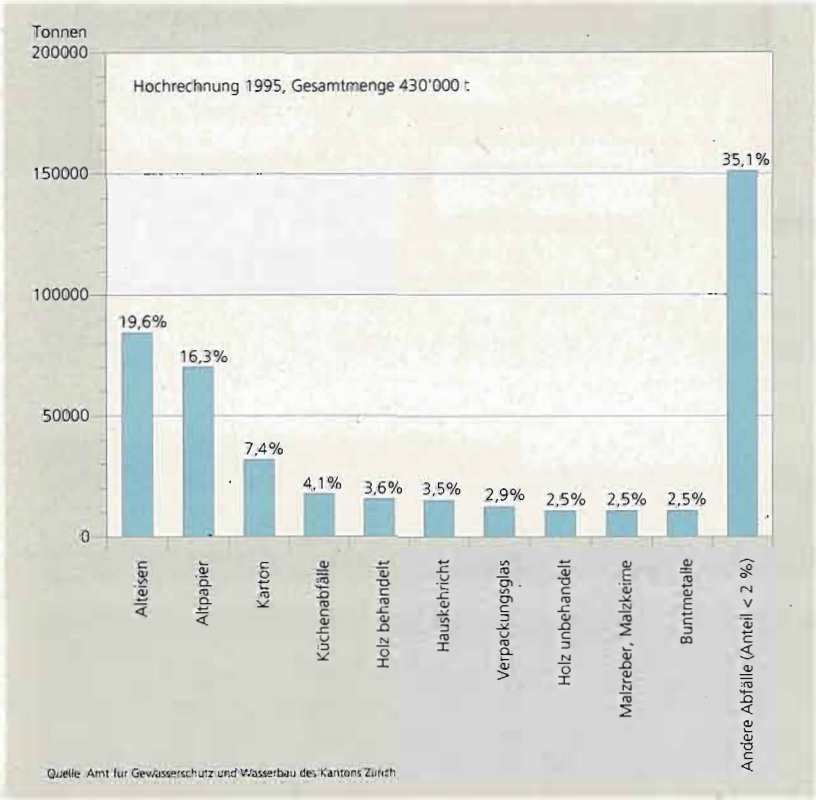


Abb. 34
Mengenmässig bedeutendste Abfallarten aus Betrieben 1995

Abfallmengen

Die Hochrechnung ergab für 1995 eine Totalmenge von ca. 430'000 Tonnen Betriebsabfällen inklusive Wertstoffe (vgl. Abb. 34). In dieser Zahl sind Aushub, Bauschutt, Bausperrgut, Strassenaufbruch und Sonderabfälle nicht enthalten.

Die Hochrechnungsergebnisse basieren auf einer Anzahl Betriebe mit insgesamt ca. 435'000 Beschäftigten. Dies entspricht 82 % der total ca. 530'000 für 1995 im Kanton Zürich ermittelten Beschäftigten mit einem Beschäftigungsgrad von über 90 %. Nicht berücksichtigt sind die Branchen «Verlage, Grafische Erzeugnisse», «Bauhauptgewerbe», «Luftfahrt» und «Anstalten und Einrichtungen des Gesundheitswesens».

Entsorgungswege

Mengenmässig bedeutendster Entsorgungsweg ist der Altstoffhandel, der rund 33 % der Betriebsabfälle (144'000 Tonnen) aufnimmt. In den Kehrichtverbrennungsanlagen werden rund 28 % (120'000 Tonnen) verbrannt.

Rund 62 % der Betriebsabfälle (267'000 Tonnen) entfallen auf die «klassischen» Wertstoffe. Sie werden zu rund zwei Dritteln der Verwertung zugeführt. Die höchsten Verwertungsquoten weisen Alteisen und Buntmetall auf. Sie werden beinahe vollständig, Papier und Karton zu je rund 50 %, Kunststoffe (Folien und Behälter) zu rund einem Viertel rezykliert.

Pro Arbeitsplatz resultieren etwas weniger als 1000 kg betriebliche Abfälle pro Jahr. Darin sind ca. 620 kg «klassische» Wertstoffe enthalten.

Zukünftige Entwicklung der Abfallmengen

Zwei einfache Szenarien sollen mögliche Entwicklungen der Abfallmengen für die nächsten zehn Jahre aufzeigen. Bei den betrieblichen Abfällen kann im Gegensatz zu den Bauabfällen angenommen werden, dass keine bedeutenden Abfall-Zwischenlager bestehen.

In Szenarium I wird davon ausgegangen, dass sich die Verlagerung hin zu den Dienstleistungsbetrieben im Vergleich zur Periode 1991–1995 linear fortsetzt: Pro Jahr gehen so 35'000 Arbeitsplätze in der verarbeitenden Produktion und im Baugewerbe zugunsten einer entsprechenden Zunahme in den Bereichen «Banken, Versicherungen, Beratungen», «sonstige Dienstleistungen» und «öffentliche Verwaltung» verloren.

Unter der Annahme, dass die gesamte Anzahl Arbeitsplätze bzw. die Gesamt-Produktivität konstant bleibt, resultieren die in Abb. 36 dargestellten Prognosen.

Szenarium II geht davon aus, dass das Branchenspektrum konstant bleibt, ebenso die Anzahl der Arbeitsplätze bzw. die

Betriebsabfälle

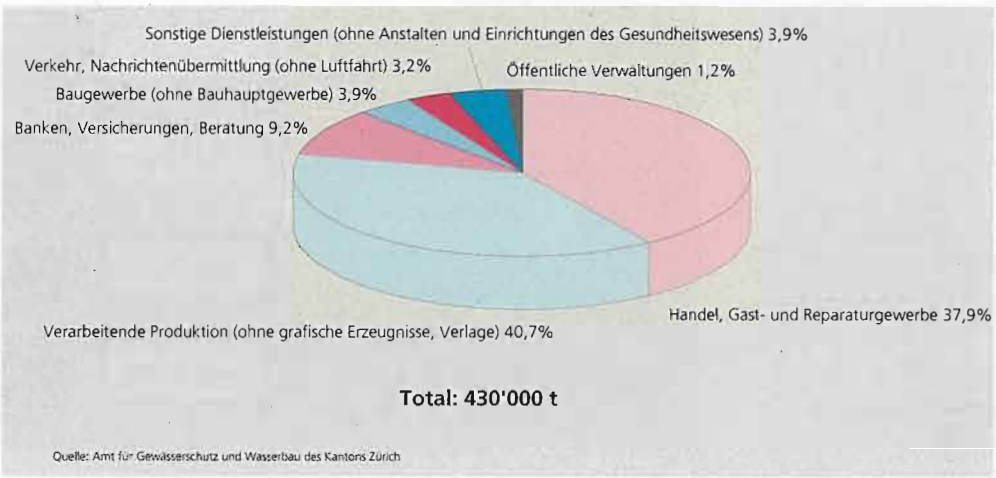


Abb. 35
Herkunft der Betriebsabfälle nach Wirtschaftsabteilungen 1995

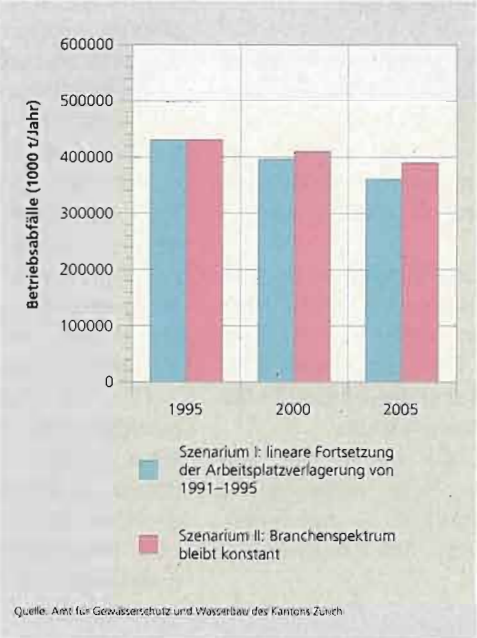


Abb. 36
Prognose der für 1995 –2005 zu erwartenden Betriebsabfallmengen

Gesamt-Produktivität. Durch Abfallvermeidung oder -verminderung reduziert sich die Abfallmenge jährlich um 1 % (immer bezogen auf den Wert des Vorjahres). Die Resultate dieser Annahme sind ebenfalls in Abb. 36 wiedergegeben.

Gemäss beiden Szenarien nimmt die Abfallmenge aus Betrieben ab. Da die Kosten für die Verwertung und Entsorgung in Zukunft noch stärker ins Gewicht fallen werden (verursachergerechte Gebühren), ist auch bei einem stärkeren Wirtschaftswachstum kaum mit einer wesentlichen Zunahme der Abfallmenge zu rechnen.

Bauabfälle

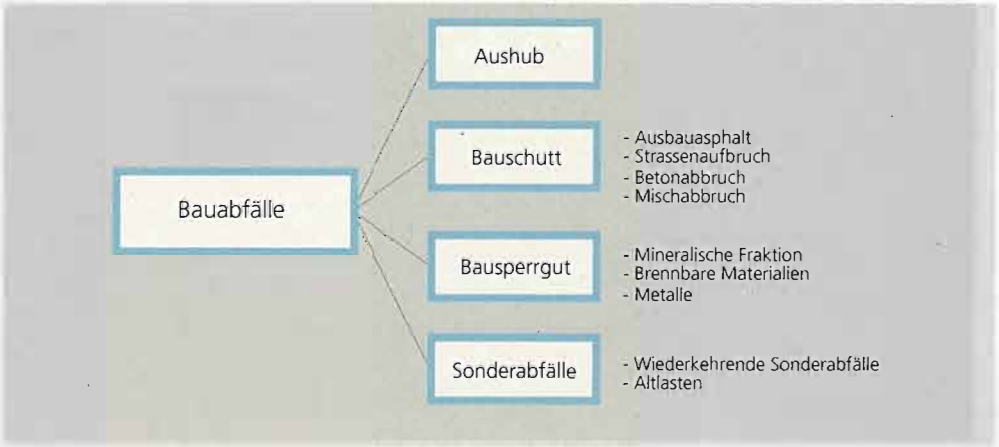


Abb. 37
Klassifikation der Bauabfälle

Mengen und Behandlung von Bauabfällen

In den Hoch- und Tiefbauten sind heute im Kanton Zürich rund 265 Mio. Tonnen Baumaterial gebunden. Rund zwei Drittel der Materialien wurden in den vergangenen 3 Jahrzehnten verbaut. Davon entfallen rund 70 % auf den Hochbau und 30 % auf den Tiefbau.

Bauabfälle fallen bei Abbrüchen, Erneuerungen und in geringem Masse bei Neubauten an. 1995 waren dies 1,2 Mio. Tonnen Bauschutt und 260'000 Tonnen Bausperrgut (vgl. Abb. 38) sowie rund 4,2 Mio. Tonnen unverschmutzter Aushub.

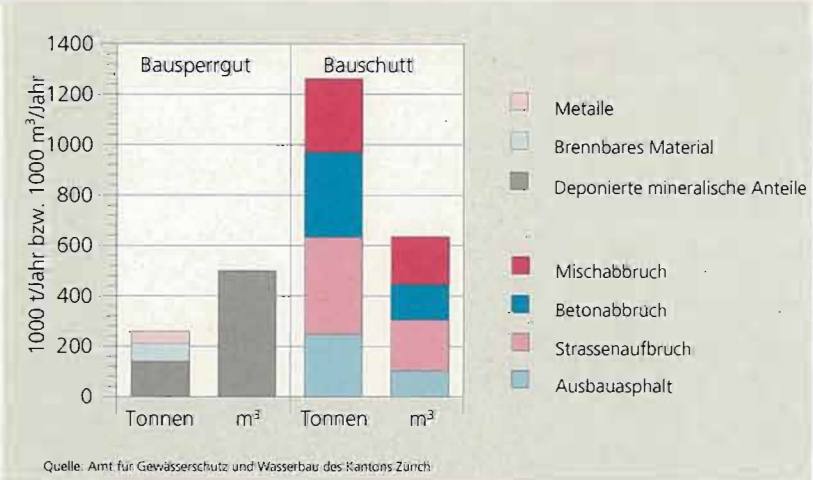
Bis zum Jahre 2005 dürfte die Bauschuttmenge um ca. 25 %, diejenige des Bausperrgutes um rund 30 % zunehmen. Eine Voraussage für den Aushub ist schwierig, da die Menge von einigen geplanten grossen Tiefbauvorhaben wesentlich bestimmt werden wird.

Unverschmutzter Aushub (Lockergestein, Felsaushub) ist – vom Transportproblem abgesehen – ein unproblematischer Bauabfall. Er wird bei geeigneter Kornzusammensetzung zur Gewinnung von Kies- und Sandanteilen aufbereitet, vor Ort wiederverwendet oder für Geländeauffüllungen (z. B. von Kiesgruben) eingesetzt. Bei Grossbaustellen wird, wenn immer möglich, der Bahntransport verlangt.

Die vier Bauschuttfraktionen können grundsätzlich als hochwertige Baustoffe einer Wiederverwertung zugeführt werden. Relativ unproblematisch ist die umweltgerechte Verwertung von Strassenaufbruch und Betonabbruch, da diese Materialien marktkonform in ihren ursprünglichen Einsatzbereichen eingesetzt werden können. Für Ausbauasphalt und Mischabbruch hingegen fehlen nach wie vor genügend Einsatzmöglichkeiten, die eine umweltgerechte und marktkonforme Verwertung sicherstellen könnten.

Die umweltgerechte Behandlung der Bausperrgutfraktionen ist im wesentlichen gesichert. Für die mineralische Fraktion steht in den nächsten Jahren genügend Deponieraum zur Verfügung. Kehrichtverbrennungsanlagen, Zementwerke und Grossfeuerungsanlagen verfügen zusammen über genügend Kapazität zur Übernahme der jeweils geeigneten brennbaren Anteile. Die Metallfraktion wird vom Schrotthandel seit jeher ohne grössere Probleme übernommen.

Abb. 38
Bauschutt- und Bausperrgutmengen im Kanton Zürich 1995



Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Baustoffe im optimierten Materialkreislauf

In den vergangenen Jahren wurden sämtliche Voraussetzungen für eine optimierte Bewirtschaftung der als Abfälle anfallenden Baustoffe geschaffen. Die erforderlichen rechtlichen Grundlagen sind mit der eidgenössischen Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) und dem kantonalen Abfallgesetz vorhanden. Der Regierungsrat hat 1995 beschlossen, die Empfehlung SIA 430 «Entsorgung von Bauabfällen» in den Anhang zur Besonderen Bauverordnung aufzunehmen und ab dem 1. Januar 1996 als verbindlich zu erklären. Technische Richtlinien über die Verwendung von Recyclingmaterialien aus Bauschuttfraktion stehen seit längerer Zeit zur Verfügung. Alle für die Bewirtschaftung der Bauabfälle erforderlichen Anlagen verfügen über genügend Behandlungskapazität.

Über alles gesehen, hat die Bewirtschaftung der Bauabfälle im Kanton Zürich innerhalb von wenigen Jahren einen guten Stand erreicht. Im Vollzug stellen sich allerdings noch einige Probleme. Verschiedene Branchenverbände unternehmen grosse Anstrengungen, um die Eigenverantwortung ihrer Mitglieder zu fördern. Von Seiten der Verwaltung müssen ebenfalls vermehrt Anstrengungen unternommen und viel Überzeugungsarbeit geleistet werden, um dem gesamtwirtschaftlich sinnvoll optimierten Materialkreislauf zum endgültigen Durchbruch zu verhelfen.

Sonderabfälle

Sonderabfallmengen

Basierend auf der Verordnung des Bundes über den Verkehr mit Sonderabfällen (VVS) hat sich die Erfassung der Sonderabfallmengen gegenüber dem Beobachtungszeitraum 1986 –1990 besser eingespielt. Mit der erhöhten Sicherheit der Datenlage wurden die Erstellung von realistischen Jahresvergleichen und Aussagen über wahrscheinliche Entwicklungstendenzen möglich.

In der Beobachtungsperiode 1991–1994 fielen zwischen maximal 156'000 Tonnen (1991) und minimal 91'000 Tonnen (1993) Sonderabfälle pro Jahr an (vgl. Abb. 39). Die relativ starken Mengenschwankungen sind hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass Filterstäube aus der Abluftreinigung, Elektrofilterstäube aus Kehrichtverbrennungsanlagen und aluminiumhaltige Leichtmetallkrätzen (Kategorie 7 VVS) sowie verunreinigtes Erdreich von Altlasten (Kategorie 12 VVS) in unterschiedlichem Umfang anfallen.

In allen vier Jahren verteilten sich die Hauptmengen an Sonderabfällen auf die Kategorien 3 (Flüssige, ölige Abfälle), 7 (Siede-, Schmelz- und Verbrennungsrückstände) und 12 (Verunreinigte Materialien und Geräte) der VVS (vgl. Abb. 40). Herkunft sowie Entsorgungswege der flüssigen, öligen Abfälle blieben gegenüber 1990 praktisch unverändert. Die Entsorgung der Siede-, Schmelz- und Verbrennungsrückstände erfolgte hauptsächlich durch Recycling in inländischen und ausländischen Stahlwerken und durch Ablagerung in ausländischen Untertagedeponien.

Verunreinigtes Altlastenmaterial wurde entweder einer geeigneten Aufbereitung zugeführt oder aber durch Hochtemperaturverbrennung oder Deponierung entsorgt.

Sonderabfallbehandlung

Der Anteil der aus dem Kanton Zürich exportierten Sonderabfälle nahm stetig ab von 24 % im Jahre 1991 auf 4 % im Jahr 1994 (vgl. Abb. 39). Der im Inland behandelte Sonderabfall wurde zu knapp einem Drittel verbrannt, ein weiteres knappes Drittel (mit zunehmender Tendenz) wurde chemisch-physikalisch behandelt, und der Rest wurde rezykliert oder deponiert.

Der Hauptteil der exportierten Sonderabfälle (60 –76 %) wurde aufbereitet (rezykliert), zwischen 5 und 30 % wurden deponiert, zwischen 0,5 und 27 % in einer Untertagedeponie abgelagert und ein minimaler Teil (0,4 bis 1,4 %) in einer Hoch-

Sonderabfälle



Abb. 39
Sonderabfallmengen im Kanton Zürich 1991–1994

temperaturverbrennungsanlage entsorgt (vgl. Abb. 41).

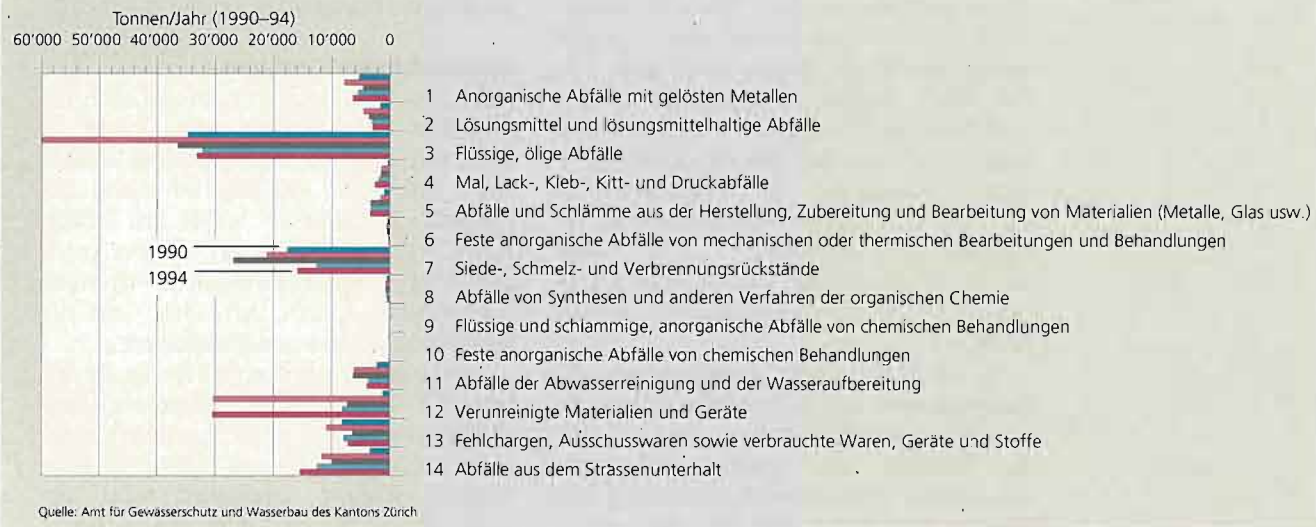
Hauptabnehmer der exportierten Sonderabfälle blieben Länder der EU. Es ergaben sich jedoch markante Verschiebungen. Früher wichtige Abnehmer wie Grossbritannien, Norwegen und Jugoslawien zählten 1994 nicht mehr zu den Sonderabfall-Empfängern, während sich Deutschland zum wichtigsten Empfängerland entwickelte (1991: 20 %; 1994: 51 %, vgl. Abb. 42).

Die starke Reduktion der Direktexporte aus dem Kanton Zürich unterscheidet sich markant von der gesamtschweizerischen Exportentwicklung im selben Zeitraum, für die nur eine sehr schwache Reduktion von 17 % im Jahre 1991 auf 15 % im Jahre 1994 resultierte. Weil jedoch die VVS-Vorschriften an die neuen EU-Regelungen angepasst werden müssen, ist in absehbarer Zukunft auch gesamtschweizerisch eine starke Reduktion der exportierten Sonderabfallmengen zu erwarten, zumal das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) künftig Abfallausfuhren nur noch dann – und zudem beschränkt auf Wiederaufbereitung und Untertagdeponierung – bewilligen wird, wenn eine Entsorgung im Inland technisch nicht möglich oder mit unverhältnismässigen Kosten verbunden ist. Zur Senkung der Exporte trägt auch der Ausbau der inländischen Sonderabfallverbrennungskapazitäten bei.

Vermeidung von Sonderabfällen

Bestätigt haben sich die Erwartungen, dass vorerst nicht mit einem signifikanten Rückgang der Sonderabfallmengen zu rechnen sei. Inwieweit die leicht gesunkenen Sonderabfallmengen auf die wirtschaftlich schwierigere Lage oder aber auf betriebliche Umstellungen zurückzuführen sind und ob es sich dabei effektiv um den Beginn einer generellen Reduktion der Sonderabfallmengen handelt, wird sich erst nach dem Vorliegen von zusätzlichen Jahresdaten schlüssig beantworten lassen.

Abb. 40
Abgabe von Sonderabfällen im Kanton Zürich nach VVS-Kategorien (inkl. Direktexporte)



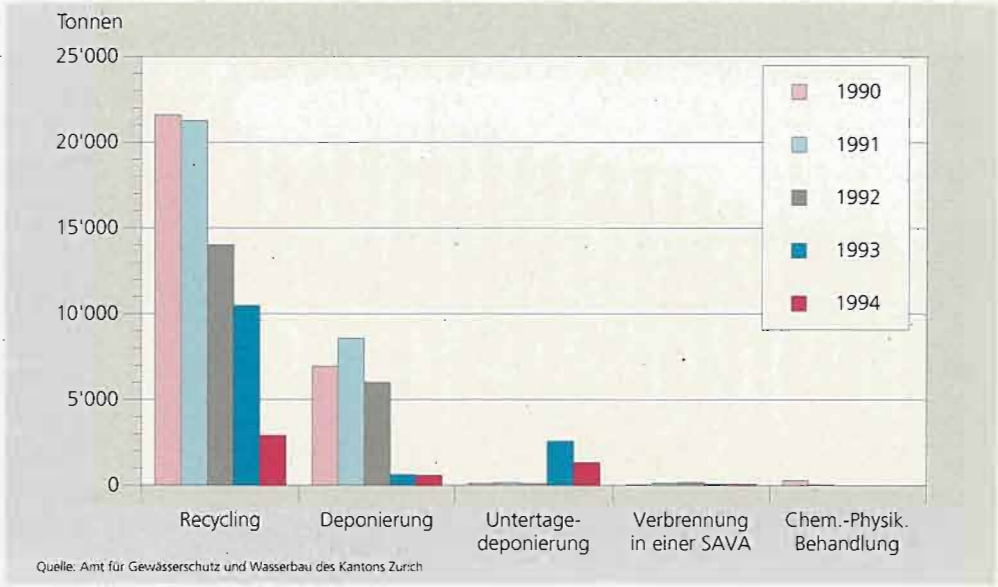


Abb. 41
Exportierte Sonderabfallmengen nach Behandlungsarten 1990 –1994

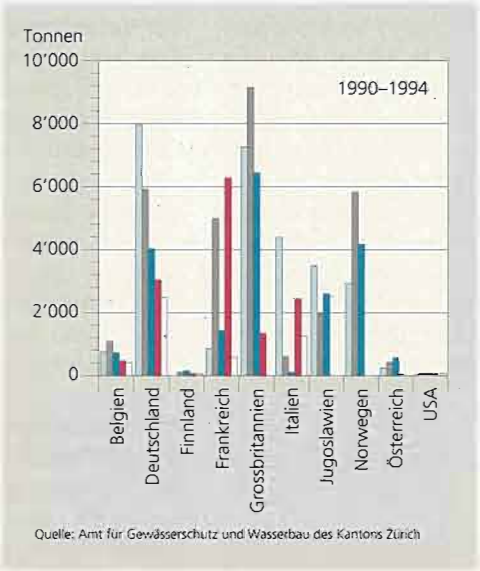


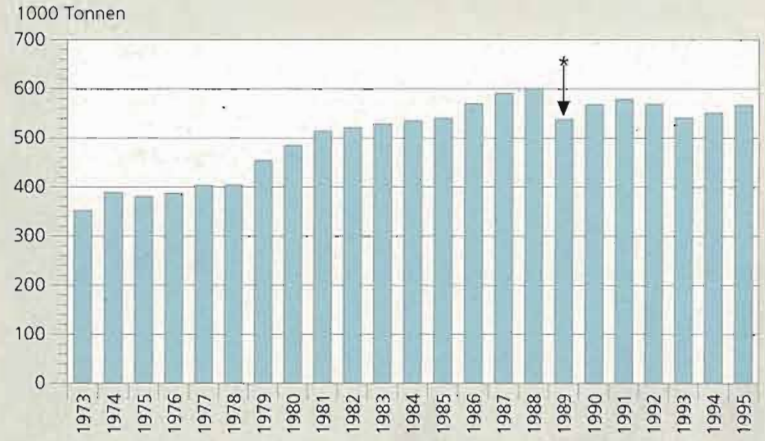
Abb. 42
Aus dem Kanton Zürich direkt ins Ausland exportierte Sonderabfälle nach Abnehmerländern 1990 –1994

Abfallbehandlung

Erst verbrennen, dann deponieren

Die in den KVA des Kantons Zürich verbrannte Abfallmenge hat bis 1988 auf 600'000 Tonnen kontinuierlich zugenommen. Seither ist eine leichte Abnahme, mit jährlichen Schwankungen zwischen ca. 540'000 Tonnen und ca. 580'000 Tonnen Abfall, zu verzeichnen (vgl. Abb. 43).

Seit der Inbetriebnahme des ersten von zwei neuen Öfen in der Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) Dietikon im Jahre 1993 gelangt der gesamte Hauskehricht des Kantons Zürich, das heisst alle brennbaren Siedlungsabfälle, die keiner Verwertung zugeführt werden können, in eine der sechs zürcherischen KVA. 1995 stammten rund 60'000 Tonnen der im Kanton Zürich verbrannten Abfallmenge aus ausserkantona len Gebieten (hauptsächlich aus den Kantonen Zug und Schaffhausen).



Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Jahr	Neuerungen, Veränderungen
1967	Horgen, Inbetriebnahme Ofen 1
1970	Hinwil, Inbetriebnahme Ofen 1
1971	Dietikon, Inbetriebnahme Ofen 1 und 2
1973	Zürich-Hagenholz, Inbetriebnahme Ofen 1
1976	Hinwil, Inbetriebnahme Ofen 2 und 3
1978	Zürich-Josefstrasse, Ersatz Ofen 1
1978	Winterthur, Inbetriebnahme Ofen 1
1982	Zürich-Hagenholz, Inbetriebnahme Ofen 2
1989	Zürich-Hagenholz, Erneuerung Ofen 1;
1991	Horgen, Inbetriebnahme Ofen 2
1992	Horgen, Ersatz Ofen 1
1993	Dietikon, Ersatz Ofen 1
1994	Winterthur, Inbetriebnahme Ofen 2
1995	Zürich-Josefstrasse, Inbetriebnahme Ofen 2
1995	Dietikon, Ersatz Ofen 2
1995	Hinwil, Ersatz Ofen 1
1996	Hinwil, Erneuerung Ofen 3
1996	Winterthur, Erneuerung Ofen 1

* Mehrmonatiger Ausfall der KVA Zürich-Hagenholz; Export von Abfall nach Frankreich

Abb. 43
Total der in den zürcherischen KVA verbrannten Abfälle 1973 –1995

Um rund 80 % abgenommen hat zwischen 1988 und 1995 das in Reaktordeponien eingebaute Material. Dabei ging die Bauabfallmenge seit 1988 um über 85 % zurück (vgl. Abb. 44). Die Ursachen dafür liegen im wesentlichen in einer abflauenden Baukonjunktur und in verstärkten Bemühungen zur Triage und Wiederverwertung. Zudem dürften ein gewisser «Exportüberschuss» im Austausch mit Nachbarkantonen und ein Anteil nicht sachgemässer Entsorgung über Baustellengruben den Anfall von Reaktormaterial tendenziell reduzieren.

Abb. 44
In Reaktordeponien abgelagertes Material 1988 –1995



Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Ausrüstungsstand der Verbrennungsanlagen

Eine zeitgemässe Kehrichtverbrennungsanlage muss, damit sie die Bestimmungen der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) erfüllt, mit Elektrofiltern (Entstaubung der Rauchgase), mit Anlagen zur weitergehenden Rauchgasreinigung (Entfernung von Schwermetallen und Säuren) sowie mit Anlagen zur Entstickung der Rauchgase (sogenannten DENOX-Anlagen) ausgerüstet sein. Sämtliche sechs KVA des Kantons Zürich verfügen heute über diese Anlagen.

Produktion nutzbarer Energie

Bei der Verbrennung der Abfälle in der KVA wird Energie in Form von Wärme und Elektrizität erzeugt. Die von allen KVA im Kanton Zürich produzierte Gesamtenergie von 1,5 Mio. MWh entspricht etwa dem Energieverbrauch von 43'000 Haushalten. (Zum Vergleich: Die Stadt Winterthur hat rund 40'000 Haushalte und 90'000 Einwohner. Der Energieverbrauch eines 4-Personen-Haushaltes in einer Mehrfamilienhauswohnung, inkl. Heizung, Warmwasser und einem Auto mit 15'000 km/Jahr Fahrleistung, entspricht etwa 35 MWh/Jahr).

Rund 60 % der Energieproduktion der KVA können zur Zeit genutzt werden. Der grösste Teil davon wird in Form von Heisswasser oder Strom an Private (Betriebe, Haushaltungen) abgegeben. Rund 20 % der erzeugten Energie wird für den Betrieb der Anlagen selbst benötigt (vgl. Abb. 45).



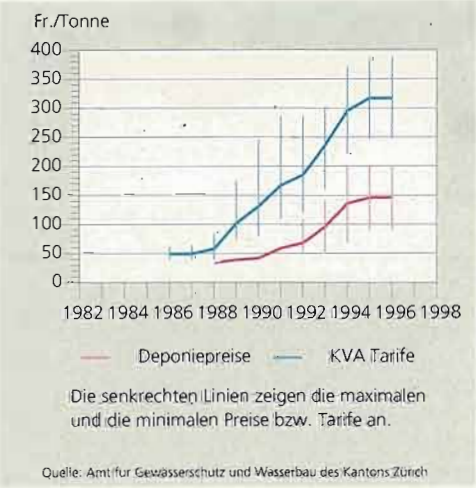
Energie aus KVA		MWh/Jahr (1991)	MWh/Jahr (1995)
Wärmeabgabe an Dritte	Heisswasser	134'717	220'401
	Dampf	448'535	378'757
Wärme Eigenbedarf		18'920	110'363
Strom ins Netz		119'166	127'566
Strom Eigenbedarf		43'196	67'127
ungenutzte Wärme		684'122	638'216

Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Abb. 45
Energieproduktion und -verbrauch der KVA 1995

Begrenzte Verbrennungskapazitäten

Als Folge der Zunahme des Kunststoff- und Holzanteils im Kehricht erhöhte sich sukzessive dessen Heizwert. Dadurch wurde die Durchsatzkapazität der Verbrennungsöfen reduziert. In den frühen neunziger Jahren mussten sämtliche Anlagen im Kanton Zürich ohne Reservekapazitäten, die im Falle von Havarien oder Revisionen notwendig sind, betrieben werden. Der Ausbau der Verbrennungsanlagen durch die Installation zusätzlicher oder den Ersatz alter Öfen drängte sich bereits Ende der achtziger Jahre auf. In den letzten zwei bis drei Jahren hat dieser Ausbau der Anlagen zusammen mit dem gleichzeitigen Rückgang der Kehrichtmenge zu Überkapazitäten der Anlagen geführt. Das kann sich in den kommenden Jahren bereits wieder ändern, da zahlreiche Öfen ein Alter von ca. 20 Jahren erreichen. Damit besteht die Möglichkeit, nur Anlagen zu erneuern oder zu ersetzen, bei welchen dies der Kapazitätsbedarf rechtfertigt.



Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

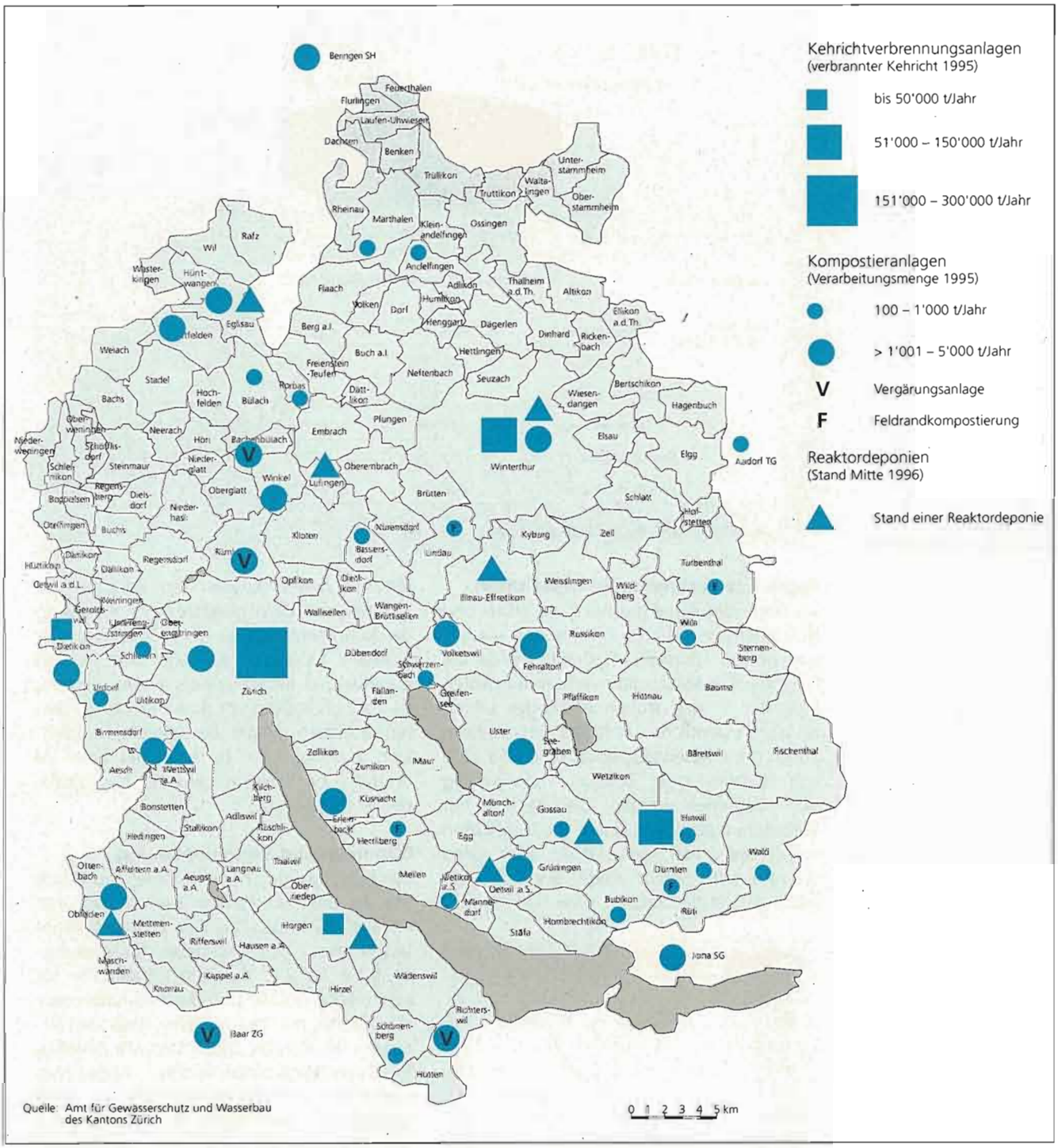
Abb. 46
Entwicklung der durchschnittlichen Deponiepreise für Bauschutt und durchschnittliche KVA-Tarife 1982–1996

Deponien und Deponieplanung

Zur Entsorgung unserer Abfälle sind heute gemäss der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) noch drei Deponietypen zugelassen: die Inertstoffdeponie für gesteinsähnliche Abfälle, die Reststoffdeponie für erzähnliche Abfälle und die Reaktordeponie für Abfälle mit chemischem Reaktionsvermögen. Im Kanton Zürich sind alle bewilligten Deponien Reaktordeponien, wobei zwei davon ein Reststoffkompartiment zur Ablagerung von verfestigten Rückständen aus der Rauchgasreinigung von Kehrichtverbrennungsanlagen aufweisen.

Die Ablagerung von Abfall in zürcherischen Deponien reduzierte sich von 400'000 Festkubikmetern im Jahre 1988 auf 100'000 Festkubikmeter 1995. Drei Gründe sind dafür verantwortlich: die Rezession, die zunehmende Verwertung

Abfallbehandlung



Karte 9
Standorte der Kehrichtverbrennungs-, Kompostierungs-, und Vergärungsanlagen sowie der Reaktordeponien 1996

(insbesondere von Bauabfällen) und die ausserkantonale Entsorgung. Diese nahm seit 1990 wegen der steigenden Deponiepreise und der gleichzeitig sinkenden Transportpreise stark zu. Zusammen mit der unsachgemässen Entsorgung von Abfällen (speziell über Baugruben) dürften etwa 200'000 m³ Deponieabfälle, die aus dem Kanton Zürich stammen, ausserhalb zürcherischer Deponien entsorgt werden.

In der Deponieplanung wird davon ausgegangen, dass mittelfristig alle technisch möglichen und finanziell verhältnismässigen Verfahren angewandt werden, um die Materialkreisläufe mit positiver Stoffflussbilanz zu optimieren. Dadurch fallen pro Jahr z. B. 60'000 Festkubikmeter Kehrichtschlakke, 10'000 m³ Rauchgasreinigungsrückstände sowie 10'000 m³ Giessereisande und Strassensammlerschlämme weg (Basis: Zahlen zur Abfallwirtschaft 1995). Mittelfristig dürften im Kanton Zürich um die 300'000 Festkubikmeter Abfälle (mit einem grossen Schwankungsbereich von 150'000 bis 600'000 Festkubikmetern) in Deponien zu entsorgen sein. Dies unter der Annahme, dass sich die unterschiedlichen Deponiepreise gesamtschweizerisch angleichen und die unsachgemässe Entsorgung vermindert wird.

Das bewilligte Deponievolumen beläuft sich im Kanton Zürich auf 1,4 Mio. m³. Im 1995 verabschiedeten kantonalen Richtplan sind weitere 9 Mio. m³ Deponievolumen ausgeschieden. 6 Mio. m³ sind noch in Evaluation. Damit können maximal rund 16 Mio. m³ Deponievolumen planerisch gesichert werden. Bei einem mittleren Anfall von 300'000 m³ reicht dieses Volumen für rund 60 Jahre (mit einem Schwankungsbereich von 30 bis 120 Jahren), vorausgesetzt, alle richtplanerisch ausgeschiedenen Standorte können in Zukunft auch nutzungsplanerisch umgesetzt werden.

Der Rückgang der Abfallmenge seit 1991 ist auf die wirtschaftliche Rezession, aber auch auf die Wirksamkeit der eingeleiteten Massnahmen im Abfallbereich zurückzuführen. In allen Bereichen konnte die Verwertungsquote markant erhöht werden. Dennoch verbleiben wesentliche Verwertungspotentiale nach wie vor ungenutzt. Bei den Siedlungsabfällen liessen sich vor allem kompostierbare Abfälle, bei den betrieblichen Abfällen vor allem konventionelle Wertstoffe wie Papier, Karton und Kunststoffe noch vermehrt der Verwertung zuführen. Angesichts der verbleibenden Verwertungspotentiale und der steigenden Entsorgungsgebühren darf damit gerechnet werden, dass die Abfallmenge aus den Betrieben auch bei verbesserter Wirtschaftslage nicht mehr ansteigt. Erwartungsgemäss hat die Menge der Sonderabfälle noch nicht abgenommen. Es dürfte sich allerdings in den nächsten Jahren zeigen, ob die eingeleiteten Massnahmen in diesem Bereich erfolgreich sind. Inzwischen besteht eine gewisse Überkapazität bei den Kehrichtverbrennungsanlagen. Diese ist im Zusammenhang mit allfälligen Sanierungen den Bedürfnissen anzupassen.

Störfälle/Unfälle

Zugsentgleisung Zürich-Affoltern: Beispiel für einen Störfall 85
Übersicht über Unfälle und Störfälle im Kanton Zürich 86
Schutzgüter, Schutzziele, «schwere Schädigung» 88
Chemierisikokataster 89

Zugsentgleisung Zürich-Affoltern: Beispiel für einen Störfall

Definitionen

Störfall: Ausserordentliches Ereignis in einem Betrieb oder auf einem Verkehrsweg, bei dem erhebliche Einwirkungen auf die Bevölkerung und/oder die Umgebung eintreten können.

Unfall: Plötzlich eintretendes, unerwartetes Ereignis, das einen Schaden auslöst.

Am Morgen des 8. März 1994 entgleiste kurz nach acht Uhr beim Bahnhof Zürich-Affoltern ein Güterzug mit 20 Zisternenwagen, die je 80'000 Liter Benzin geladen hatten; Ursache war ein defektes Radsatzlager an einem Fahrgestell. Der entgleiste Wagen wurde beschädigt, und es entstand ein Leck, aus dem Benzin ausfloss und sich entzündete. Weitere Wagen gerieten in Brand bzw. waren dem Feuer des ausgeflossenen Benzins ausgesetzt. Drei Personen wurden verletzt, eine davon schwer. Das Feuer richtete enormen Sachschaden an. Drei in Gleisnähe stehende Häuser verglühten regelrecht, ein Haus brannte teilweise aus. 23 Personen verloren ihr Heim.

Unerwartete Folgen zeitigte das Unglück in der Kanalisation. Mehrere hunderttausend Liter Benzin wurden freigesetzt. Über die Entwässerung der Gleisanlage gelangten grössere Mengen Benzin in die Kanalisation. Es entwickelte sich ein höchst explosives Gemisch aus Benzindämpfen und Luft, das schliesslich mit grosser Wucht an verschiedenen Orten explodierte, insbesondere auch im Regenwasserbecken Reckenholz. Mehrere hundert Meter Kanalisationsleitungen sowie das Regenwasserbecken wurden zerstört. Stunden später brachte die Wiedereinschaltung der Beleuchtung in einer Unterführung auch dort Benzindämpfe zur Explosion. Es entstanden Boden- und Gewässerverschmutzungen durch Benzin und kontaminiertes Löschwasser.



Abb. 47
Grosseinsatz für Rettungsdienste und Feuerwehr: Störfall Zürich-Affoltern vom 8. März 1994

Übersicht über Unfälle und Störfalle im Kanton Zürich

Datum, Ort	Ereignis	Tragweite	Branche: Chemie	Industrie	Brennstoffe	Transporte	Sportanlagen [1]	Auswirkungen: Wasser	Grundwasser	Boden	Menschen	Sachschaden
17. Februar 1993, Dürnten	Brand in einer Fabrik – ausgelöst durch versehentlich in Nitroverdünner getauchtes erhitztes Material – bewirkte Sachschaden.	●	●		●							●
2. April 1993, Wald	Brand in einer Lackiererei.	●	●									●
21. April 1993, Gibswil	Rund acht Liter Insektizid flossen von einem umgekippten Anhänger in den Leebach und verdünnten sich mit ca. 300 Liter Wasser.	●	●			●		●				
29. Juni 1993, Wallisellen	Rund 500 Liter Heizöl sind nach einer Kollision ausgeflossen. Eine Umweltverschmutzung konnte jedoch verhindert werden.	●				●				●		●
10. Juli 1993, Oberwinterthur	Hydrauliköl floss aus einer im Depot abgestellten Lokomotive aus und versickerte im Erdreich.	●				●				●		
19. Juli 1993, Gossau	Auf dem Areal einer landwirtschaftlichen Genossenschaft sind beim Auffüllen eines Tanks 600 Liter Dieselöl ausgelaufen.	●				●				●		
24. Juli 1993, Egg [2])	Rund 500 bis 600 Liter Heizöl sind beim Umfüllen aus einem Tanklastwagen in den Heizöltank eines Lagerhauses ausgelaufen.	●				●						
2. August 1993, Wila [2])	Auf dem Gelände einer Fabrik für Verbundschaumstoffe ist eine leimähnliche Flüssigkeit ausgelaufen.	●	●									
14. August 1993, Wetzikon	Bei Renovationsarbeiten im Domschacht eines Benzintanks von einer Tanksstelle kam es zu einer Explosion.	●			●						●	
13. September 1993, Zürich	Aus Unachtsamkeit ist bei einem Festbetrieb am Grillstand eine Butangasflasche explodiert.	●			●						●	
16. Oktober 1993, Hirzel	Ein voll beladener Tanklastwagen ist von der Fahrbahn abgekommen und eine steile Böschung hinuntergestürzt. 6000 bis 7000 Liter Benzin sind ausgelaufen und im Erdreich versickert.	●				●				●		
18. November 1993, Wettswil	Bei einer Kollision zwischen einem Schwertransporter und einem Lastwagen ist eine grössere Menge Kühlöl ausgelaufen.	●				●				●		
2. Dezember 1993, Opfikon	Durch eine Explosion wurde der Aluminiumaufbau eines Lastwagens während der Fahrt vollständig zerrissen. Drei Autos wurden durch die umherfliegenden Teile beschädigt. Verletzt wurde niemand.	●				●						●
10. Januar 1994, Männedorf [2])	An einer Tankstelle sind ca. 150 Liter Benzin ausgeflossen.	●			●							
29. Januar 1994, Wettswil	Brand in einer Fabrikhalle.	●		●								●
9. März 1994, Zürich-Affoltern	Brandkatastrophe in Zürich-Affoltern (vgl. dazu Kurzdarstellung eingangs dieses Kapitels).	●				●			●	●	●	●
23. März 1994, Gündisau	Eine nicht bekannte Substanz gelangte in den Bach. Mehrere hundert Fische sind im Mülistettenbach verendet.	●						●				

Übersicht über Unfälle und Störfalle im Kanton Zürich

Datum, Ort	Ereignis	Tragweite	Branche: Chemie	Branche: Industrie	Branche: Brennstoffe	Branche: Transporte	Branche: Sportanlagen [1]	Auswirkungen: Wasser	Auswirkungen: Grundwasser	Auswirkungen: Boden	Auswirkungen: Menschen	Auswirkungen: Sachschaden
21. Mai 1994, Küsnacht	Fahrlässiger Umgang mit Flüssiggas hatte zur Folge, dass ein Grossfeuer ausbrach.	●										●
8. August 1994, Niedersteinmaur	Rund 50 Liter Dieselöl sind aus einem defekten Pumpenaggregat in den Fischbach geflossen.	●		●				●		●		
7. September 1994, Winterthur [2]	Ein Chauffeur, der Natriumbisulfid in den falschen Tank einfüllte, hat eine chemische Reaktion verursacht, die zu gesundheitsgefährdenden Dämpfen führte.	●		●								
21. September 1994, Adliswil	In einer Lackfarbenfabrik sind 750 Liter Dispersionsfarbe ausgelaufen und in einen Fabrikkanal gelangt.	●	●					●				
10. November 1994, Wetzikon	Als Folge einer Gewässerverschmutzung sind im Aabach 350 Fische verendet.	●						●				
11. Februar 1995, Zürich [2]	Über 20 000 Liter leichtes Heizöl/Dieselöl sind über das Kanalsystem in die Abwasserreinigungsanlage Glatt gelangt.	●			●							
20. März 1995, Volketswil	Aus einem Tank auslaufendes Dieselöl hat zu einer Gewässerverschmutzung geführt.	●						●				
2. Mai 1995, Zürich	Brand in einem Labor der ETH.	●	●									●
13. Mai 1995, Zürich [2]	Ein Bagger beschädigte bei Grabarbeiten eine Gasleitung. Das ausströmende Gas stellte eine akute Explosionsgefahr dar.	●										
20. Juli 1995, Winterthur	Beim Auswechseln eines leeren Ammoniaktanks wurde die zentrale Zuleitung beschädigt. Ca. 200 Liter Ammoniak konnten entweichen.	●		●					●		●	
18. November 1995, Zürich [2]	An einer Tankstelle sind beim Umladen aus einem Tankwagen in die Reservoirs der Tankstelle 200 bis 300 Liter Benzin ausgeflossen. Es bestand eine akute Explosionsgefahr.	●			●							
11. Dezember 1995, Wallisellen	Beim Auffüllen eines Heizöltanks sind rund 3000 Liter Heizöl in die Kanalisation ausgelaufen.	●		●						●		

Tab. 2
Übersicht über die Unfälle und Störfälle im Kanton Zürich 1993–1995

● = Im Sinne der Störfallverordnung bedeutende Auswirkungen

● = Im Sinne der Störfallverordnung weniger bedeutende Auswirkungen

[1] *In den letzten drei Jahren haben sich weder in Schwimmbädern noch auf Eisfeldern oder sonstigen Sportanlagen nennenswerte Unfälle oder gar Störfälle ereignet.*

[2] *Aufgrund der vorsorglich getroffenen Sicherheitsmassnahmen bzw. dem raschen Eingreifen der zuständigen Einsatzkräfte traten in den genannten Schädenfällen keine nennenswerten Auswirkungen auf.*

Schutzgüter, Schutzziele, «schwere Schädigung»

Um die Schwere einer Schädigung durch einen Störfall in Bezug auf Mensch oder Umwelt vergleichbar zu formulieren, müssen solche Schäden normiert, d. h. auf einer Wertskala vergleichbar gemacht werden.

Schutzgüter

Unter Schutzgüter verstehen wir die zu schützenden, materiellen und vorwiegend versicherbaren (z. B. Personen, Gebäude und Anlagen) bzw. immateriellen und oft unversicherbaren Werte (wie Umweltgüter).

Zweck der Störfallverordnung des Bundes (StFV) ist der Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor schweren Schädigungen infolge von Störfällen, die beim Betrieb von Anlagen entstehen können. Was aber unter einer «schweren Schädigung» im Sinne der Störfallverordnung zu verstehen ist, geht aus dieser nirgends hervor. Es galt, den Begriff der «schweren Schädigung» festzulegen.

Der Regierungsrat hat am 4. Oktober 1995 beschlossen, dass folgende Güter im Sinne der Störfallverordnung schützenswert sind:

- Leib und Leben des Menschen
- Oberflächengewässer
- Trinkwasser
- fruchtbarer Boden
- Infrastruktureinrichtungen und Sachwerte

Schutzziele

Schutzziele geben das Mass an Sicherheit an, das für schutzwürdige materielle und immaterielle Werte (Schutzgüter) als notwendig erachtet wird.

Der Kanton Zürich hat sich für diese Schutzgüter folgende Schutzziele gesetzt:

- Keine dauerhaften Schäden an Leib und Leben von Menschen
- Keine länger dauernde schwere Beeinträchtigung von Gewässern
- Keine länger dauernde schwere Beeinträchtigung von Wasser als Trinkwasser
- Keine länger dauernde schwere Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit
- Keine schweren Schäden an Infrastruktureinrichtungen und Sachwerten.

Schwere Schädigungen

Als «schwere Schädigung» werden bezeichnet:

- Beim Menschen: Zehn oder mehr Tote.
- Bei Gewässern sowie Wasser als Trinkwasser: Starke Verunreinigung bedeutender Seen, Fliessgewässer und Grundwasservorkommen, insbesondere wenn
  - mehr als 1 % der Fläche oder des Volumens des Zürichsees verunreinigt sind (für den Greifensee und den Pfäffikersee wird die Grenze bei 10 % festgelegt),
  - die natürliche Fauna des Türler-, Katzen-, Lützel- oder Hüttnersees lange andauernd und vollständig vernichtet wird,
  - mehr als 0,5 km^2 eines Fliessgewässers verunreinigt sind,
  - ein Fliessgewässer über mehr als zehn Tage von einer Verunreinigung betroffen ist,
  - ein Schadstoffeintrag in einen Grundwasserträger von grosser Bedeutung (so z. B. das Rafzerfeld, das Limmattal, das Tösstal oder das Glattal) die direkte Nutzung als Trinkwasser während mindestens einiger Wochen unmöglich macht,
  - die direkte Nutzung eines Grundwasserträgers von mittlerer Bedeutung für eine Dauer von mehr als einem Jahr unmöglich wird.

  Bei unbedeutenden Seen, Flüssen, Bächen und kleinen, isolierten Grundwasservorkommen kann kein schwerer Schaden verursacht werden.
- Bei der Bodenfruchtbarkeit: Verlust der Funktion als Nahrungsträger von mindestens 0,1 km^2 fruchtbaren Bodens über mehr als fünf Jahre (0,1 km^2 beträgt etwa die Fläche eines durchschnittlichen schweizerischen Bauernbetriebs).
- Bei Sachwerten: Mehr als 50 Mio. Franken Schaden an Sachwerten und Infrastruktureinrichtungen (Indexstand 1994).

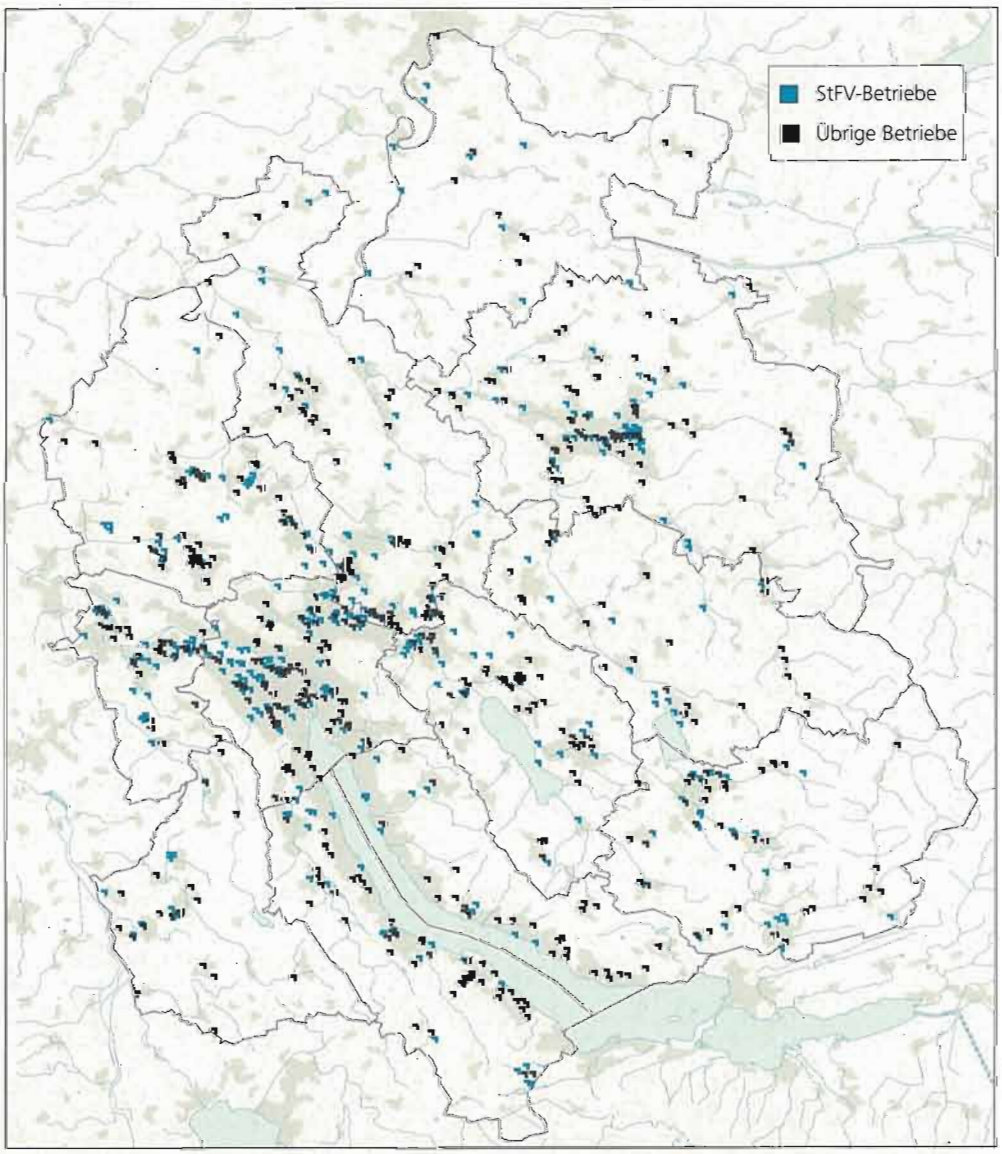
Chemierisikokataster

Der kantonale Chemierisikokataster ist in seiner heutigen Form ein Verzeichnis der störfallrelevanten Betriebe und in begrenztem Umfang eine Übersicht über die auf den Verkehrswegen (Kantons- und Durchgangsstrassen, Schienennetz) transportierten Gefahrgüter.

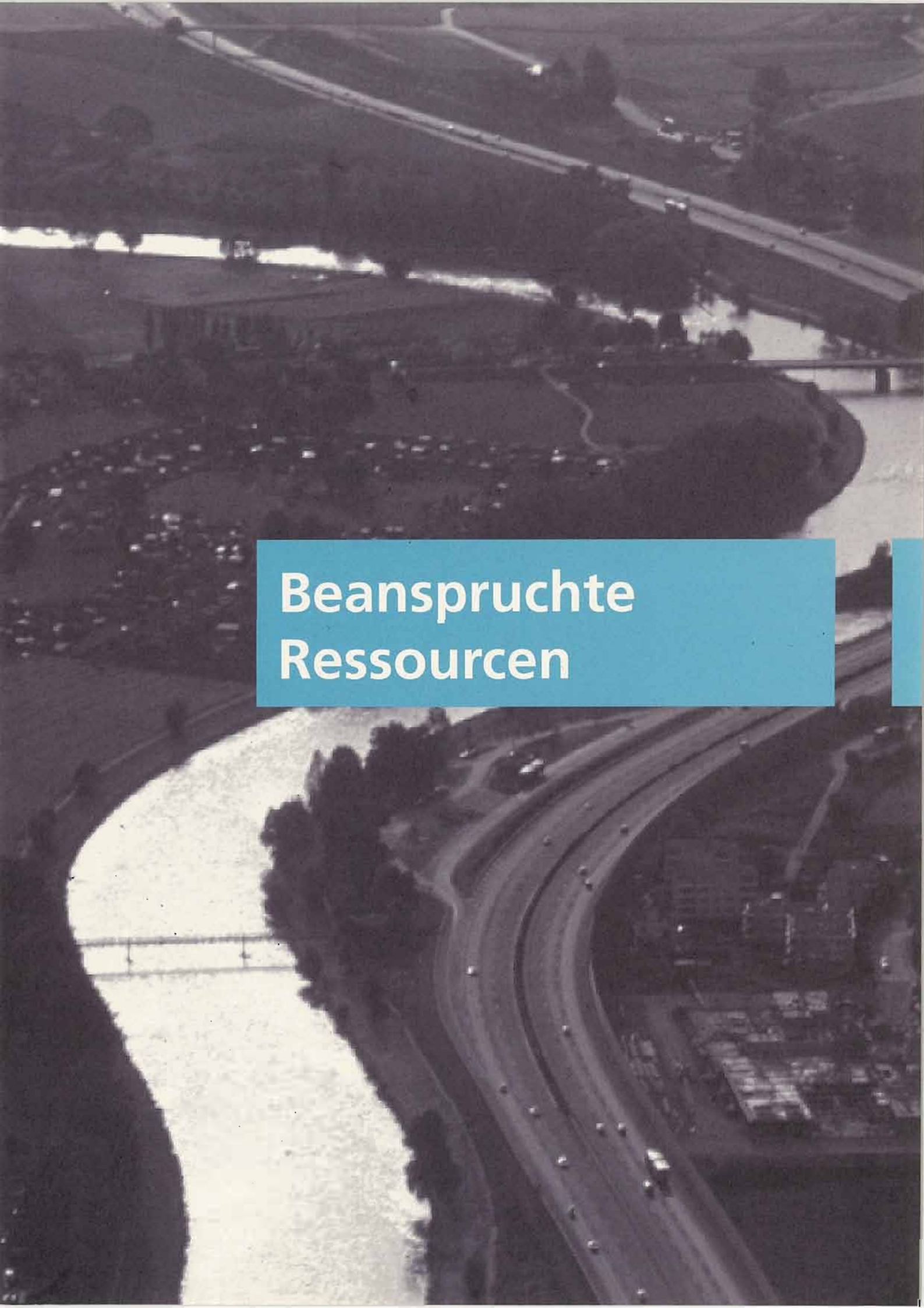
Im Chemierisikokataster sind zwei Kategorien von Betrieben erfasst:

1. Betriebe, die der Störfallverordnung unterliegen (total ca. 360 Betriebe, beschrieben in einem Kurzbericht; zusätzlich liegt teilweise, wenn aufgrund des Kurzberichtes ein schwerer Schaden nicht auszuschliessen ist, eine detaillierte Risikoermittlung vor).
2. Betriebe, die zwar nicht direkt der Störfallverordnung unterliegen, die aber mit grösseren Mengen von Gefahrengütern (mindestens ein Viertel der Mengenschwellen der Störfallverordnung) arbeiten (total ca. 540 Betriebe).

Eine erste Aktualisierung der Betriebsdaten sowie die Erstellung eines Verzeichnisses mit den sogenannten Leitchemikalien ist erfolgt. Eine Übersicht über die im Kanton Zürich vorhandenen grösseren Stoffmengen, sogenannte Gefahrenpotentiale, wurde erstellt (siehe Karte 10). In einer weiteren Phase folgen Übersichten, welche die Risiken der eingelagerten Stoffmengen aufzeigen und diese auch bewerten.



Karte 10
Chemierisikokataster des Kantons Zürich: Betriebe mit chemischem Gefahrenpotential



Beanspruchte Ressourcen

Energie

Energie und Umwelt 93
Heutiger Energieverbrauch – Substitutionspotential 95
Handlungsbedarf und Massnahmen 97

Energie und Umwelt

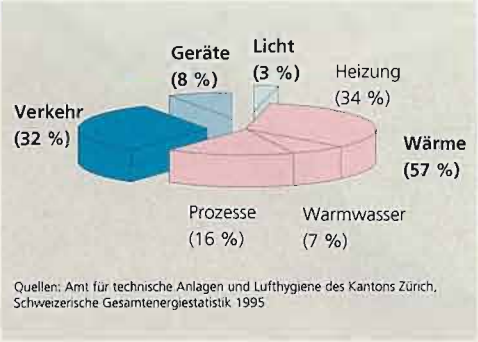


Abb. 48
Prozentuale Aufteilung des Energieverbrauchs nach Anwendungsbereichen

Für die meisten Aktivitäten wird Energie benötigt, was eine mehr oder weniger grosse Belastung der Umwelt mit sich bringt. Dieser unmittelbare Bezug wird jedoch in den häufigsten Fällen nicht bewusst wahrgenommen. Gebäudeheizung und Warmwasseraufbereitung beanspruchen zusammen mit 41 % den grössten Anteil am Gesamtenergieverbrauch (Abb. 48).

Im Umgang mit Energie können von der Energiegewinnung bis zur -nutzung in verschiedenen Umweltbereichen Probleme entstehen.

Tab. 3 gibt dazu eine Übersicht, die mit Nummern versehenen Problemfelder werden betreffend Handlungsbedarf und -möglichkeiten des Kantons Zürich als relevant angesehen und werden hier näher behandelt.

Ressourcenverbrauch

Die Energieversorgung der Schweiz und des Kantons Zürich beruht hauptsächlich auf nicht erneuerbaren Energieträgern. Gegenstand der aktuellen Diskussion ist nicht mehr bloss die beschränkte Verfügbarkeit, sondern auch die Umweltverträglichkeit verschiedener Energieformen. Vor allem die Verbrennung der fossilen Brenn- und Treibstoffe innerhalb weniger Jahrzehnte, womit ein in Jahrmillionen gebildeter Vorrat von Kohlenstoff freigesetzt wird, birgt schwierig absehbare Risiken.

Seit 1950 nahm der Energieverbrauch stark zu. Die siebziger Jahre mit den beiden Erdölkrisen brachten eine vorübergehende Wende. Der Heizölverbrauch (Erdölbrennstoffe) ging dank Verbesserungen von Wärmedämmung und Haustechnik und Substitution durch Erdgas und Elektrizität zurück. Der Treibstoffverbrauch stieg allerdings weiterhin stark an. Ab 1992 wurde das in den zehn vorangegangenen Jahren starke Wachstum des Gesamtenergieverbrauchs unterbrochen: Der Verbrauch nahm 1992 nur wenig zu und ging in den Jahren 1993 und 1994 sogar wieder zurück. Dieser Rückgang ist in der wirtschaftlichen Rezession, der warmen Witterung aber auch in den kantonalen Anstrengungen zur rationellen Energienutzung im Gebäudebereich sowie in den Aktionen im Rahmen von

	Verbrauch nicht erneuerbare Ressourcen	Flächenverbrauch	Emissionen			Abfallstoff Radioaktive Strahlung
			CO_2	Luftschadstoffe	Lärm	
Primärenergiebereitstellung	1)		3)	4)		
Energieumwandlung	2)	2)				2)
Transport, Verteilung						
Energienutzung						

Tab. 3
Übersicht über die bei der Bereitstellung und Nutzung von Energie entstehenden Umweltprobleme.

1) siehe Abschnitt «Ressourcenverbrauch»
2) insbesondere relevant für Elektrizität, siehe Kapitel «Umwelteinflüsse der Elektrizitätsproduktion»
3) Vorrangiger Problembereich, siehe Abschnitt «Das CO_2-Problem – Treibhauseffekt»
4) siehe Kapitel «Luft»

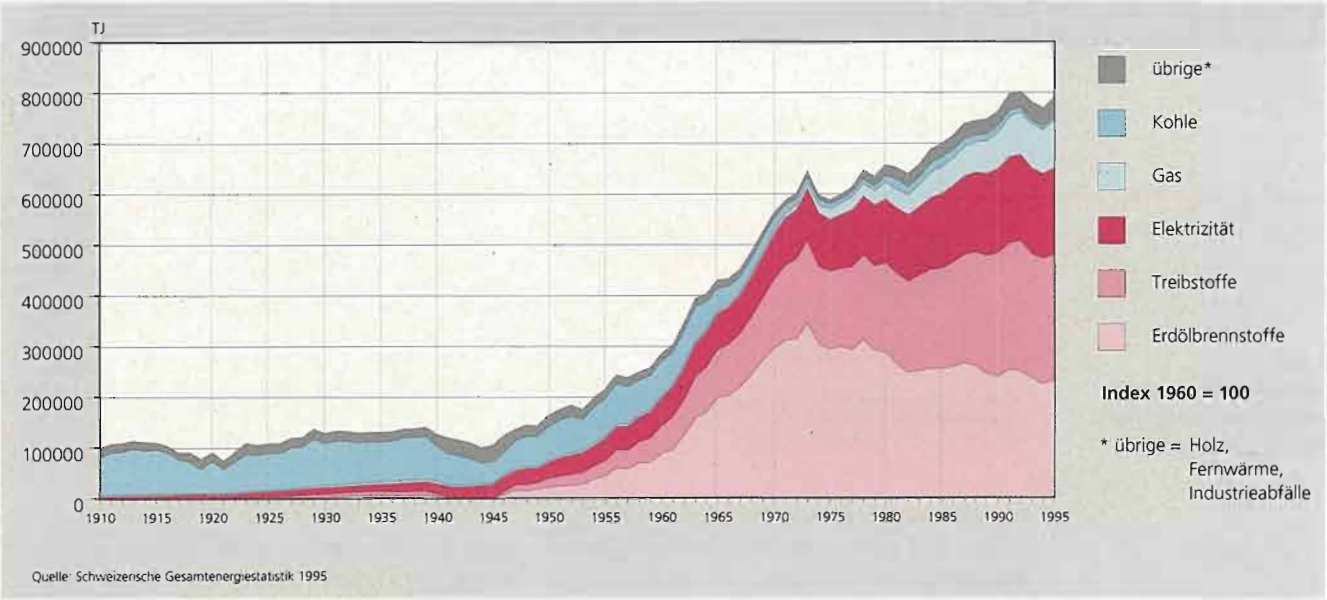


Abb. 49
Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs (Schweiz)

«Energie 2000» begründet. Im kühleren Jahr 1995 nahm der Gesamtverbrauch wieder um 2,5 % zu.

Eine deutliche Entkoppelung der Entwicklung des Energieverbrauchs vom Bruttoinlandprodukt lässt weiter auf sich warten. Dies liegt vor allem daran, dass die Energiepreise heute sehr tief sind. Heizöl ist real rund 2,5mal billiger als 1985, und trotz dem 1992 in Kraft getretenen Treibstoffzoll-Zuschlag ist der reale Benzinpreis 1994 tiefer als vor zwanzig Jahren.

Das CO_2-Problem – Treibhauseffekt

Den fossilen Energieträgern (Heizöl, Erdgas, Kohle) ist eigen, dass bei ihrer Verbrennung Kohlendioxid (CO_2) freigesetzt wird. Dadurch steigt dessen Anteil in der Erdatmosphäre. Zusammen mit weiteren «Treibhausgasen» (Methan, Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe [FCKW], Distickstoffoxid [N_2O], troposphärischem Ozon [O_3], Wasserdampf und anderen) bewirkt der CO_2-Anstieg eine Temperaturerhöhung der Atmosphäre. Am gesamten durch den Menschen verstärkten Treibhauseffekt ist das CO_2 aus fossilen Energien etwa mit 50 % beteiligt. Durch den Einsatz der fossilen Brenn- und Treibstoffe Öl und Erdgas werden im Kanton Zürich rund 7 Mio. Tonnen CO_2 pro Jahr ausgestossen.

Nach heutigen Erkenntnissen wird der zusätzlich durch den Menschen verursachte Treibhauseffekt eine Erhöhung der durchschnittlichen Atmosphärentemperatur um ca. 3 Grad (± 1,5 Grad) in den nächsten fünfzig Jahren zur Folge haben. Die Konsequenzen daraus sind schwer voraussagbar. Mit grösster Wahrscheinlichkeit dürften aber die aus dem Treibhauseffekt resultierenden Folgen für die Menschheit wesentlich teurer zu stehen kommen als die Kosten zu dessen Vermeidung.

Das CO_2-Problem ist ein globales Problem. Trotzdem besteht ein lokaler Handlungsbedarf, da der Kanton Zürich einen stark überdurchschnittlichen Anteil der Pro-Kopf-Emissionen aufweist. Zudem bestimmen die technisch hochentwickelten Industrieländer in grossem Masse die künftige Weltenergienachfrage, indem sie die Wünsche und die eingesetzte Technik in Entwicklungs- und Schwellenländern, wo drei Viertel der Weltbevölkerung (mit steigender Tendenz) leben, entscheidend beeinflussen.

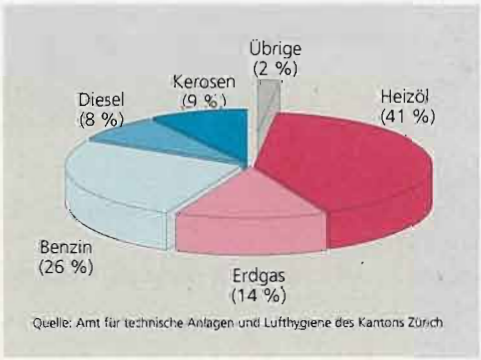


Abb. 50
CO_2-Emissionen im Kanton Zürich 1995: Prozentuale Aufteilung nach Energieträgern

Der Ausstoss von CO_2 bei der Verbrennung fossiler Energieträger kann weder durch Prozessoptimierung noch durch technische Hilfsmittel verringert werden, denn die Gewinnung von Wärme beruht allein auf der Umwandlung der in den Brennstoffen enthaltenen Kohlenstoffatome in CO_2. Die Senkung des Verbrauchs fossiler Brennstoffe ist deshalb die einzige mögliche Handlungsweise.

Luftschadstoffe

Bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen neben CO_2 auch Luftschadstoffe wie Stickoxide (NOx), Kohlenwasserstoffe (VOC), Kohlenmonoxid (CO) und Schwefeldioxid (SO_2). Da bei Verbrennungsprozessen mittels technischer Massnahmen, wie der Low-NOx-Technik bei Heizanlagen oder dem Katalysator bei Autos, die Schadstoffemissionen beträchtlich reduziert werden können, besteht kein direkter Zusammenhang zwischen verbrauchter Energiemenge und ausgestossenen Luftschadstoffen (vgl. Kapitel Luft).

Elektrizitätsproduktion: Umwelteinflüsse

Mit der Elektrizitätsproduktion sind verschiedene, schwierig zu bewertende Umweltrisiken und -einwirkungen verbunden: Bei der Kernenergienutzung sind das Störfallrisiko sowie die radioaktiven Abfälle, bei der Elektrizitätsgewinnung aus Wasserkraft die Restwassermenge sowie der Landschaftsverbrauch zu erwähnen. Im Ausland wird ein grosser Teil der Elektrizität in Kohlenkraftwerken produziert, wodurch CO_2 und Luftschadstoffe ausgestossen werden.

Der Kanton Zürich ist in das internationale Elektrizitäts-Verbundsystem, das sich über ganz West- und Mitteleuropa erstreckt, integriert. Die verbrauchte Elektrizität wird hauptsächlich in Kernkraft- (56 %) und Wasserkraftwerken (37 %) ausserhalb des Kantons produziert. Die Versorgung mit elektrischer Energie erfolgt vorwiegend durch die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK), die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) sowie die Elektrizitätswerke der Stadt Zürich (EWZ).

Heutiger Energieverbrauch – Substitutionspotential

Gesamter Endenergieverbrauch

Der gesamte Endenergieverbrauch im Kanton Zürich betrug 1995 rund 36'000 GWh, dies sind 1800 GWh oder 4,8 % weniger als 1991. Dominanter Energieträger ist das Erdöl mit rund 22'000 GWh/Jahr (das entspricht knapp zwei Mio. Tonnen Heizöl). Abb. 51 zeigt die Aufteilung der zur Bedarfsdeckung eingesetzten Energiequellen.

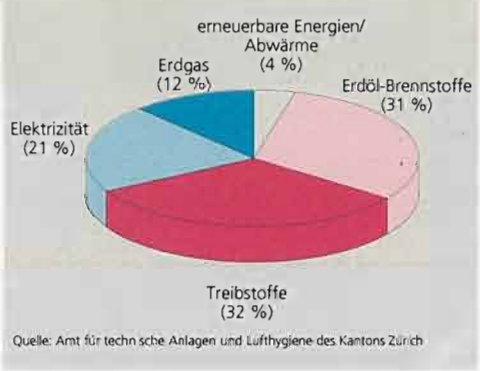


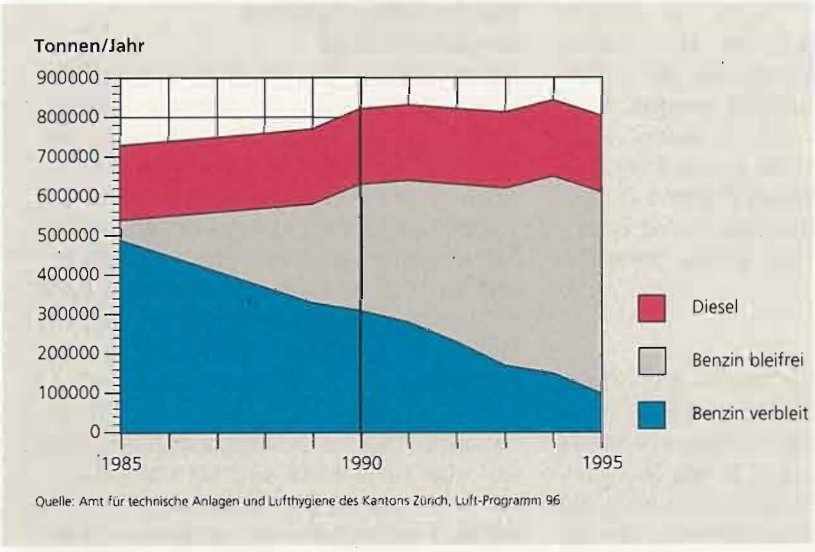
Abb. 51
Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs nach Energieträgern

Treibstoffverbrauch

Der Treibstoffverbrauch hat in den letzten Jahren immer noch stark zugenommen (vgl. Abb. 49 und Abb. 52). Lufthygienisch von grosser Bedeutung ist, dass sich bis 1995 der Anteil des bleihaltigen Benzins bis auf 16 % der Gesamtmenge reduziert hat. Die langjährig zunehmende Tendenz beim Benzin- und Dieselverbrauch hat 1993 und 1994 einem Rückgang Platz gemacht. Aufgrund der Verkehrsprognosen dürfte dieser Effekt aber nur vorübergehend sein.

Substitutionspotential

Mit der vermehrten Nutzung von Abwärme und erneuerbarer Energien, die CO_2-neutral sind, können Öl und Gas substituiert und der CO_2-Ausstoss gesenkt werden. Das Potential an Abwärme und erneuerbarer Energie wird auf rund 28 % der heutigen Wärmeerzeugung geschätzt. Die aus gegenwärtiger Sicht wichtigsten Beiträge lie-



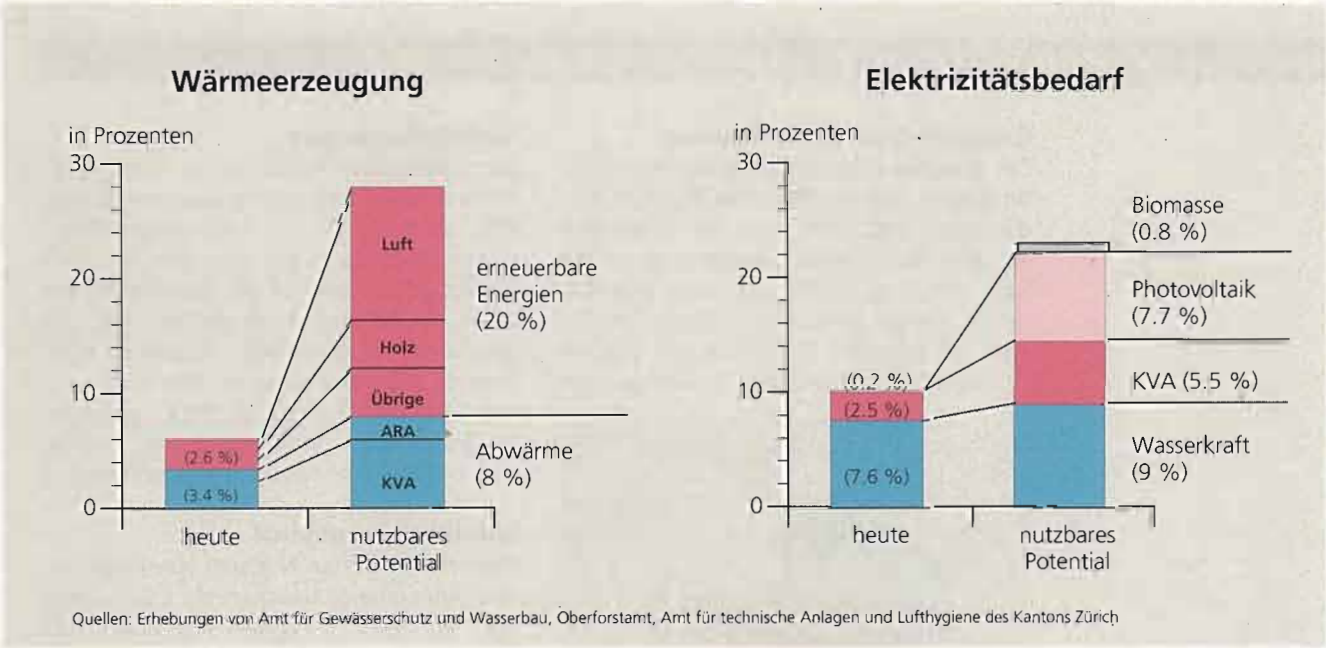
Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich, Luft-Programm 96

Abb. 52
Treibstoffverbrauch 1985–1995 im Kanton Zürich

gen im Ausbau der KVA-Abwärmenetze, in einer vermehrten Nutzung der Holzenergie sowie in der Nutzung von Umgebungswärme mit Wärmepumpen. Ein wesentliches Hindernis für die vermehrte Nutzung von Abwärme und erneuerbarer Energie stellen heute die tiefen Energiepreise dar.

Bei der Elektrizitätsproduktion könnten im Kanton Zürich aufgrund des technisch verfügbaren Potentials rund 23 % des heutigen Bedarfs mit erneuerbaren Energien oder durch Verbrennen von Abfällen in Kehrichtverbrennungsanlagen produziert werden, wobei die Stromproduktion aus Photovoltaikanlagen wohl auch in naher Zukunft noch sehr teuer bleiben wird. Die Anstrengungen müssen primär bei der Verbrauchssenkung liegen; trotzdem sollen aber die eigenen umweltschonenderen Produktionsmöglichkeiten, soweit wirtschaftlich vertretbar, ausgeschöpft werden.

Abb. 53
Anteil von Abwärme und erneuerbarer Energien an der Wärmeerzeugung bzw. am Elektrizitätsbedarf



Quellen: Erhebungen von Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Oberforstamt, Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich

Handlungsbedarf und Massnahmen

Internationale Abkommen

Die Schweiz ratifizierte am 10. Dezember 1993 die an der Umweltkonferenz in Rio verabschiedete Rahmenkonvention der Vereinten Nationen über Klimaveränderungen. Die Industrieländer verpflichten sich darin, durch geeignete nationale Politik und Massnahmen den Ausstoss von CO_2 und anderen Treibhausgasen auf das Niveau von 1990 zurückzuführen und regelmässig über Massnahmen und ihre Auswirkungen auf die vorausberechneten Emissionen zu berichten.

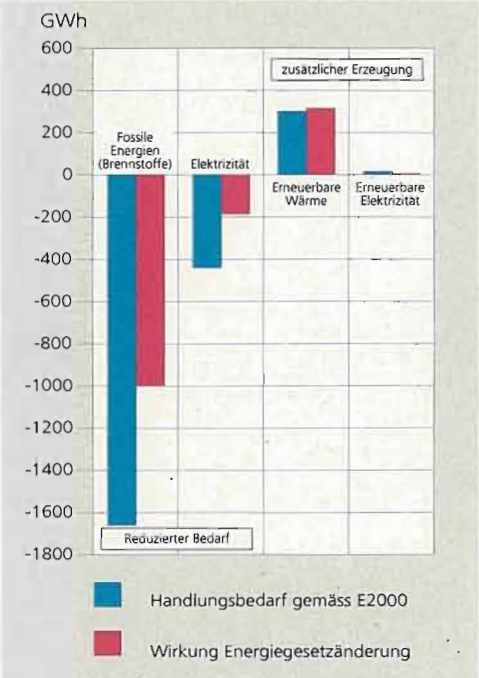
Aktionsprogramm des Bundes: «Energie 2000»

Das Aktionsprogramm «Energie 2000» ist als Reaktion auf die eidgenössische Volksabstimmung vom 23. September 1990, mit welcher der Energieartikel mit grossem Mehr angenommen wurde, lanciert worden und deckt sich mit den internationalen Verpflichtungen. Mit dem Aktionsprogramm sollen der Gesamtverbrauch von fossilen Energien und die CO_2-Emissionen bis ins Jahr 2000 auf dem Niveau von 1990 stabilisiert und anschliessend vermindert sowie die Zunahme beim Elektrizitätsverbrauch zunehmend gedämpft werden. Zudem sollen der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeerzeugung um 3 % und an der Elektrizitätserzeugung (ohne Wasserkraft) um 0,5 % sowie die Leistung der bestehenden Kernkraftwerke um 10 % erhöht werden. Zur Erreichung dieser Ziele sollen Bund, Kantone, Gemeinden sowie Wirtschaft und private Organisationen zusammenarbeiten.

Der Kanton Zürich hat mit der Annahme der Änderung des Energiegesetzes am 25. Juni 1995 einen weiteren Beitrag zur Erfüllung des kantonalen Handlungsbedarfs gemäss den Zielen von «Energie 2000» geleistet. Damit wird insbesondere die Nutzung erneuerbarer Energien und von Abwärme verstärkt gefördert. Im Bereich Wärme (fossile Brennstoffe/Wärme aus erneuerbaren Energiequellen) können die Ziele damit voraussichtlich zu einem grossen Teil erreicht werden.

Ergänzend zu den gesetzlichen Vorschriften würden vor allem monetäre Massnahmen wie Lenkungsabgaben oder die Berücksichtigung von externen Kosten bei Investitionsentscheiden einen rationelleren Umgang mit Energie fördern. Zur Zeit wird auf Bundesebene über die Einführung einer Lenkungsabgabe diskutiert. Der Kanton Zürich unterstützt entsprechende Anstrengungen.

Um die aktuelle Energiepolitik in einen langfristigen Zusammenhang zu stellen und eine Grundlage für die künftige Förderungstätigkeit zu haben, enthält der Energieplanungsbericht 1994 eine Vision für das Jahr 2050. Diese zeigt, dass es mit heute bereits weitgehend bekannten Techniken und vernünftigem finanziellem Aufwand möglich ist, den CO_2-Ausstoss langfristig auf einen Siebtel zu senken.



Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich

Abb. 54
Geschätzter Beitrag der Energiegesetz-Änderung an den kantonalen Handlungsbedarf zu «Energie 2000»

Handlungsbedarf und Massnahmen

Jede Art der Herstellung und Nutzung von Energie beeinträchtigt in unterschiedlichem Mass die Umwelt. Ziel der nachhaltigen Nutzung ist daher die Verbrauchsreduktion sowie der Einsatz möglichst ressourcenschonender Energieträger.

Die als Zwischenschritt vorgegebenen Ziele von «Energie 2000» können voraussichtlich im Kanton Zürich mit dem geänderten Energiegesetz erreicht werden. Angesichts der momentan tiefen Preise der fossilen Energieträger muss jedoch weiterhin viel Erklärungs- und Überzeugungsarbeit geleistet werden, um das auf eher langfristigem Denken basierende Handeln spürbar zu verstärken.

Zwar ist der Gesamtenergieverbrauch im Kanton Zürich im Zeitraum 1991 bis 1995 infolge der wirtschaftlichen Rezession, der warmen Witterung und den verschiedenen Anstrengungen für einen rationellen Einsatz von Energie insgesamt um 4,8 % gesunken. Dem Rückgang in den Jahren 1993/1994 stand jedoch ein Wiederanstieg im kühleren Jahr 1995 um 2,5 % entgegen, so dass eine markante Verbesserung der Energieeffizienz, die sich in einer deutlichen Entkoppelung der Entwicklung des Gesamtverbrauchs vom Gang der Witterungsverhältnisse und der Wirtschaftskonjunktur äussern würde, weiter auf sich warten lässt.

Mittlerer spezifischer Wasserverbrauch

Der mittlere spezifische Wasserverbrauch ist ein wichtiges Mass für die Nutzung der Trinkwasserressourcen, den Wasserumsatz und damit auch für die Belastung der Kläranlagen. In diesen Zahlen sind auch die Anteile der Industrie, des Gewerbes und der Landwirtschaft sowie die Verluste aus dem Leitungsnetz enthalten.

Zunahme bis in die achtziger Jahre

Seit 1930 stieg der mittlere spezifische Wasserverbrauch im Kanton Zürich von rund 250 Litern pro Einwohner und Tag auf ein Maximum von 426 Litern in den siebziger Jahren. Mitte der achtziger Jahre trat eine Wende ein. Der Wasserverbrauch ging zurück. Er hat sich heute bei deutlich weniger als 400 Litern eingependelt und lag 1995 mit 353 Litern pro Einwohner und Tag (vgl. Abb. 55) um rund einen Zehntel tiefer als 1990. Dieser Verbrauchsrückgang erklärt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit durch ein umweltbewussteres Verhalten der Konsumenten und durch ein deutliches Ansteigen der Wasserpreise. Da neben den noch immer ansteigenden Wassertarifen auch die Abwassergebühren vermehrt aufgrund des Trinkwasserverbrauchs in Rechnung gestellt werden, beginnen sich Sparanstrengungen für die Bezüger (v. a. für industrielle und gewerbliche Grossbezüger) finanziell auszuzahlen. Es ist deshalb auch zukünftig kaum mehr mit einer Verbrauchssteigerung zu rechnen. Der mittlere spezifische Wasserverbrauch in der Schweiz liegt bei rund 400 bis 450 Litern pro Einwohner und Tag (einschliesslich Industrie, Gewerbe, öffentlicher Verbrauch und Verluste). Da nicht alle Daten auf dieselbe Weise erhoben werden, ist ein genauer Vergleich schwierig. Es ist jedoch ersichtlich, dass sich der Wasserverbrauch im Kanton Zürich auf einem relativ tiefen Niveau bewegt. Sparanstrengungen sind auch weiterhin zu fördern, schreibt doch das Gewässerschutzgesetz eine haushälterische Nutzung des Trink- und Brauchwassers vor.

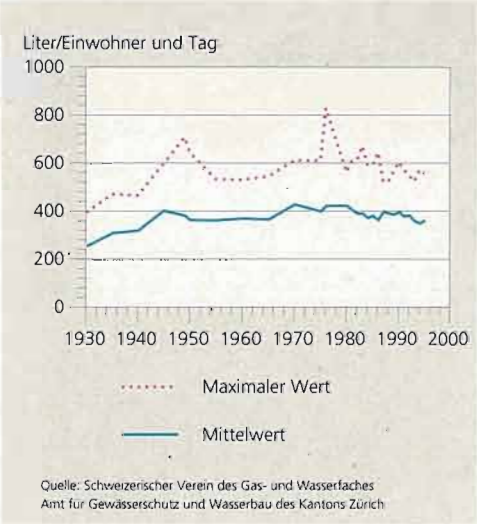
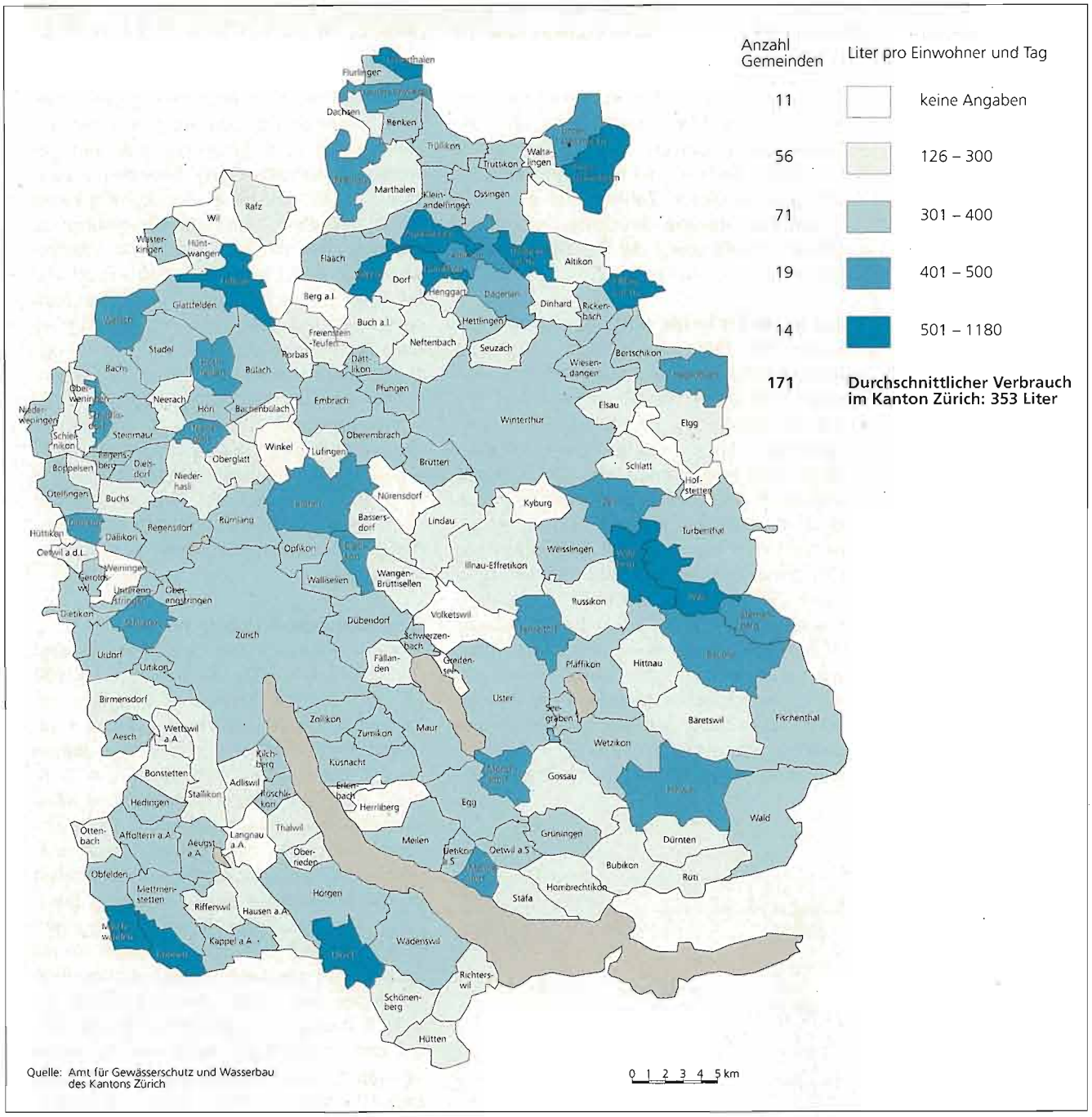


Abb. 55
Entwicklung des spezifischen Wasserverbrauchs seit 1930

Regional grosse Unterschiede

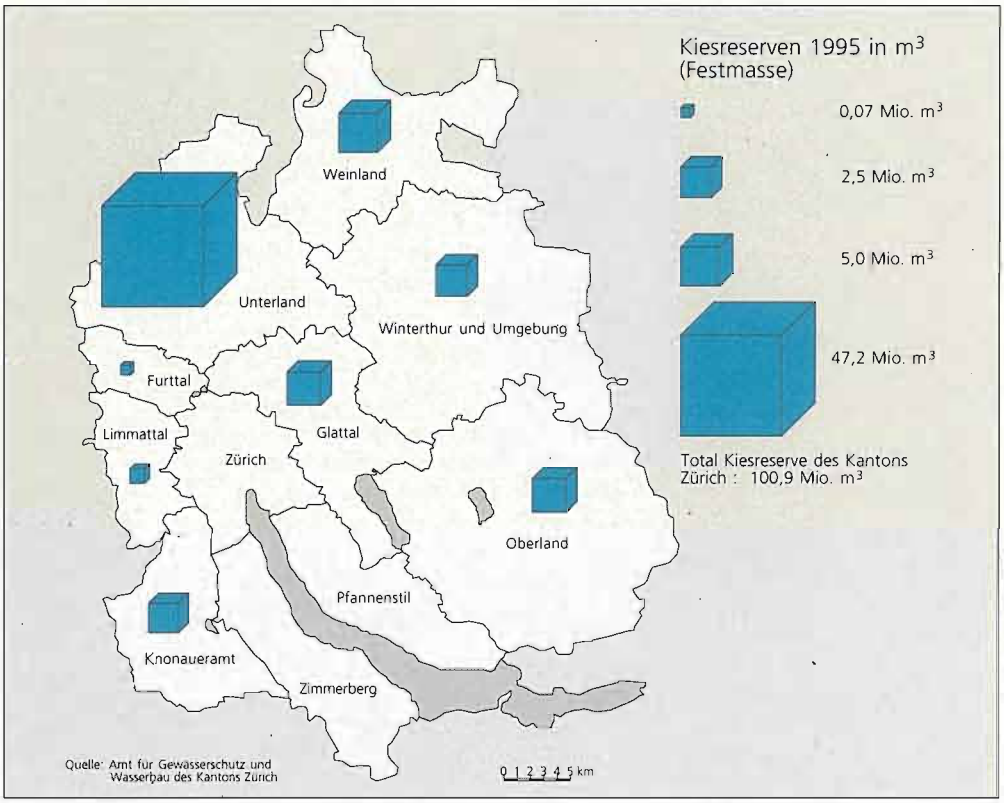
In den meisten Zürcher Gemeinden beträgt der durchschnittliche Wasserverbrauch 300 bis 400 Liter pro Einwohner und Tag (vgl. Karte 11). Einige ländliche Gemeinden mit wenig Industrie und Gewerbe weisen speziell tiefe Wasserverbräuche auf (z. B. Buch a. I.). Überdurchschnittlich hohe Wasserverbräuche können einerseits durch einzelne industrielle oder gewerbliche Grossverbraucher (z. B. Unifontes Mineralquellen in Eglisau) erklärt werden, anderseits beruhen viele ländliche Wasserversorgungen (z. B. Knonau) auf einem hohen Anteil Quellwasser, das beim Einlauf ins Reservoir gemessen wird. Diese Reservoire überlaufen jedoch häufig in niederschlagsreichen Zeiten oder in der Nacht, wenn wenig Wasser verbraucht wird, und das Wasser fliesst ungenutzt in den nächsten Bach. Ausserdem sind in einzelnen Gemeinden die Verluste aus dem Leitungsnetz überdurchschnittlich hoch. Die Gemeinde Glattfelden beispielsweise wies 1990 noch einen Wasserverbrauch von rund 500 Litern pro Einwohner und Tag aus. Nach einer Sanierung des Leitungsnetzes sank der Wasserverbrauch 1994 auf etwa 340 Liter.

Mittlerer spezifischer Wasserverbrauch



Karte 11
Wasserverbrauch pro Einwohner in den Gemeinden 1995

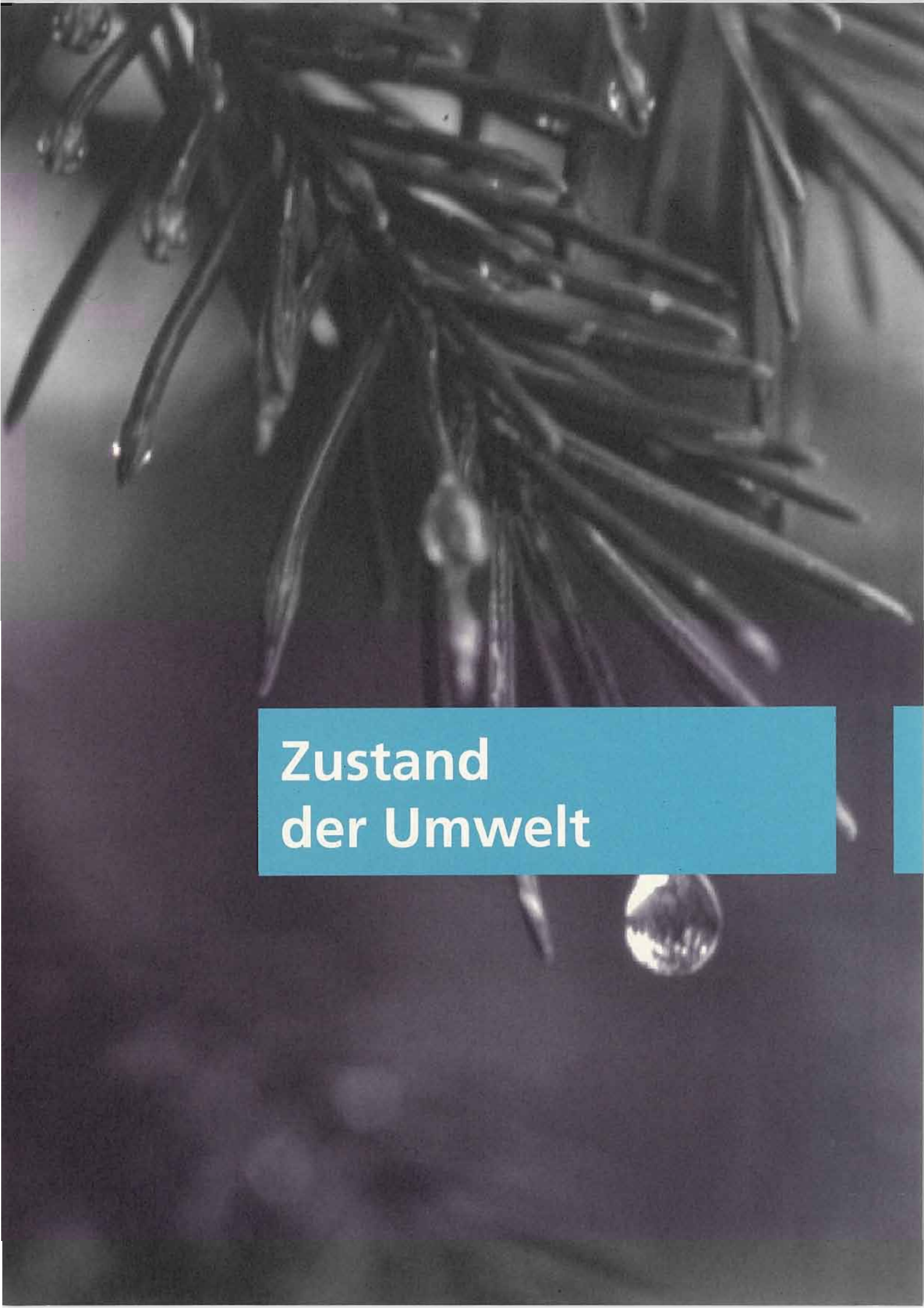
Beschränkte Kiesreserven



Karte 12
Im Kantonalen Richtplan festgelegte Kiesreserven 1995.

Rund 60 % des 1995 im Kanton gewonnenen Kieses (2,6 Mio. m³) stammen aus dem Zürcher Unterland, wo auch die grössten Kiesreserven liegen. Im Kantonalen Richtplan (Beschluss des Kantonsrates vom 31. Januar 1995) sind neu fünf Gebiete (9,1 Mio. m³ oder 41 ha) als für den Kiesabbau geeignet bezeichnet worden. Somit sind im Richtplan Materialgewinnungsgebiete mit einem Volumen von total ca. 100 Mio. m³ ausgeschieden. Allein 84 % davon liegen im Zürcher Unterland. Die gesamten Kiesreserven im Kanton Zürich werden auf ca. 5400 Mio. m³ geschätzt. Ca. 2400 Mio. m³ sind hochwertige Alluvialkiese in der Talsohle, die heute bevorzugt genutzt werden. 1993 betrug die offene Kiesgrubenfläche rund 480 Hektaren.

Die unterschiedlichen Nutzungsansprüche schränken heute und in der Zukunft die Verfügbarkeit des vorhandenen Kiesvorkommens für einen Abbau aber stark ein. Das Beispiel des Rafzerfeldes, des bedeutendsten Kiesvorkommens im Kanton Zürich, zeigt, wie stark sich die unterschiedlichen Nutzungsansprüche wie Siedlungen, Naturschutzgebiete, Wald, Grundwasserschutz, Verkehr usw. konkurrenzieren. Nach Berücksichtigung aller einschränkenden Faktoren können von den gesamten Kiesvorkommen von 590 Mio m³ im Rafzerfeld nach heutigen Kriterien knapp 15 % oder ca. 90 Mio. m³ abgebaut werden.



Zustand der Umwelt

Lärm

Strassenverkehrslärm 105
Eisenbahnlärm 109
Fluglärm, Flughafen Zürich 111
Militärfluglärm 116
Schiesslärm 117

Strassenverkehrslärm

Erfassung der Situation, Lärmbelastungskataster

Die Lärmschutzverordnung des Bundes (LSV) verpflichtet die Kantone, die Lärmbelastung entlang der National- und Staatsstrassen zu ermitteln und die Belastungssituation in einem Lärmbelastungskataster darzustellen. Im Zusammenhang mit den vom Bundesrecht vorgeschriebenen Lärmsanierungen (Art. 19 LSV) ist im Kanton für einen Viertel der Gemeinden eine detaillierte Lärmermittlung vorgenommen worden. Für die restlichen Gemeinden, ausser für Zürich und Winterthur, ist eine Gesamtübersicht über die Lärmsituation in Bearbeitung. Die nachfolgenden Daten geben den Stand der Auswertungen, die sich vorläufig nur auf die Staatsstrassen (damit aber auf die Strassen mit den grössten Lärmschutzproblemen) beziehen, wieder. Mit umfassenderen Auswertungen ist ab 1997 zu rechnen.

Der Schallpegel wird in Dezibel, abgekürzt dB(A), angegeben. Die dB-Skala verläuft logarithmisch und drückt die Abweichung bezogen auf die Hörschwelle aus. Der Beurteilungspegel Lr ist ein Mass für die Immissionsbelastung. Er setzt sich zusammen aus einem berechneten Dauerschallpegel mit gleichem Energieinhalt wie beim gemessenen, schwankenden Pegel und einer verkehrsmengenabhängigen Pegelkorrektur. Strassen und Bahnen sind Linienquellen. Die Halbierung des Verkehrs reduziert den Pegel um 3 dB. Aber erst ein Unterschied von 10 dB empfindet das Ohr als halb so laut, obwohl hier die Schallenergie auf einen Zehntel reduziert wurde. 5 dB sind deutlich wahrnehmbar.

Übermässige Lärmbelastungen

Vom gesamten Staatsstrassennetz des Kantons führen ca. 45 % oder 630 km durch bewohntes Gebiet. Gesamthaft herrschen in den Landgemeinden entlang der Staatsstrassen bei 0,5 % der Gebäude mit Wohnungen Lärmimmissionen, die den Alarmwert von 70 Dezibel (dB [A]) erreichen oder überschreiten. Überschritten werden die Alarmwerte hauptsächlich entlang der stark frequentierten Hauptachsen. Dies sind beispielsweise die Hauptstrassen im Knonaueramt als Verbindung der A4 mit der A20, im mittleren und oberen Glattal, im Limmattal oder auf der Achse Rüti–Pfäffikon–Illnau–Effretikon. An diesen Achsen ist die Sanierung prioritär zu behandeln.

In den Landgemeinden des Kantons Zürich ist bei 4 % der Gebäude eine übermässige Lärmbelastung zwischen 65 und 70 dB(A) zu verzeichnen. 8 % aller Gebäude sind von einer übermässigen Lärmbelastung zwischen 60 und 65 dB(A) betroffen.

In der Stadt Winterthur treten an Staatsstrassen an rund 45 km Immissionsgrenzwert-Überschreitungen auf. 28 km davon weisen sogar Alarmwert-Überschreitungen auf.

In der Stadt Zürich sind entlang von 35 km Strassen die Alarmwerte erreicht oder überschritten. An rund 200 km Strassenlänge treten Lärmbelastungen zwischen Immissionsgrenzwert und Alarmwert auf.

Schutzmassnahmen an Nationalstrassen

Entlang der Nationalstrassen sind die baulichen Schallschutzmassnahmen bereits weitgehend realisiert. Weitere Massnahmen

Empfindlichkeitsstufe (Art. 43 LSV)	Planungswert Lr in dB(A)		Immisionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
Beispiel zugeordneter Zonen	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I Erholungszonen	50	40	55	45	65	60
II Wohnzonen	55	45	60	50	70	65
III Wohn- und Gewerbezonen	60	50	65	55	70	65
IV Industriezonen	65	55	70	60	75	70

Quelle: Lärmschutzverordnung des Bundes vom 15. Dezember 1986

Tab. 4
Belastungsgrenzwerte für die Beurteilung von Strassenverkehrslärm, Eisenbahnlärm sowie Industrie- und Gewerbelärm

Strassenverkehrslärm

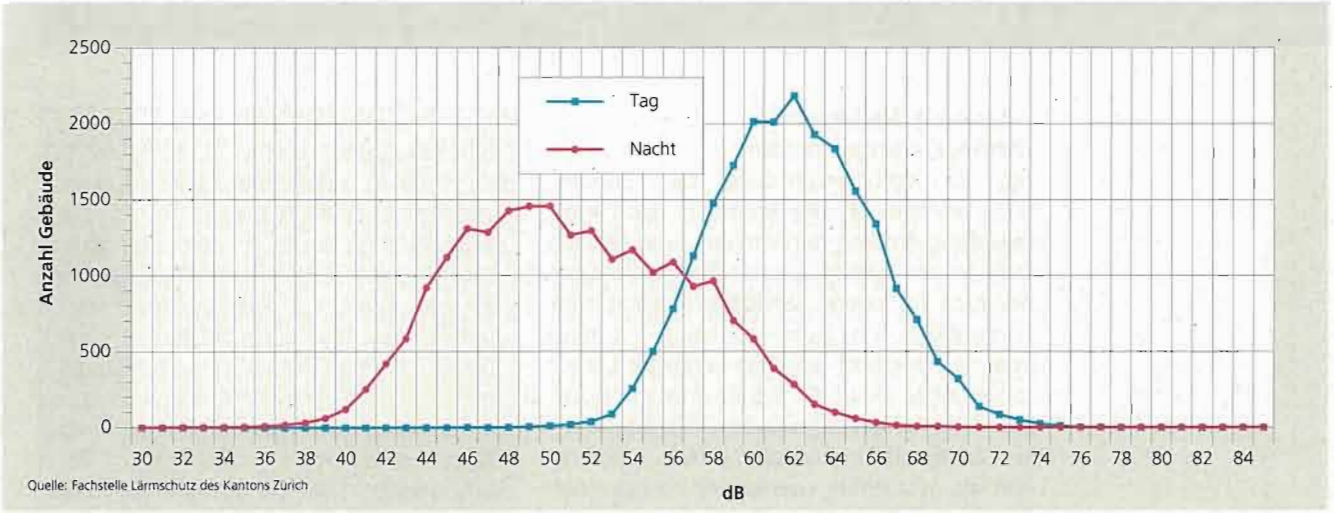


Abb. 56
Von Lärmbelastungen betroffene Gebäude an Staatsstrassen in der ersten Bautiefe (ohne Städte Zürich und Winterthur).

werden infolge anhaltender Zunahme des Verkehrs (vgl. Kapitel Verkehr) sowie wegen Verkehrsverlagerungen notwendig. Zur Zeit sind entlang der Nationalstrassen verschiedene ergänzende Lärmschutzvorhaben in Projektierung (Limmattal / Stadt Zürich). Weitere Projektierungen entlang der A3 (Zürich–Richterswil) werden in nächster Zeit eingeleitet. Im Weinland wurden am 1996 neu eröffneten Teilstück der durchgehenden A4 zwischen Winterthur und Schaffhausen entlang zweier Abschnitte Lärmschutzwände realisiert; an der A1 in Winterthur sind Ergänzungen des Schallschutzes erfolgt.

Die aktualisierten Kosten für die Schall-

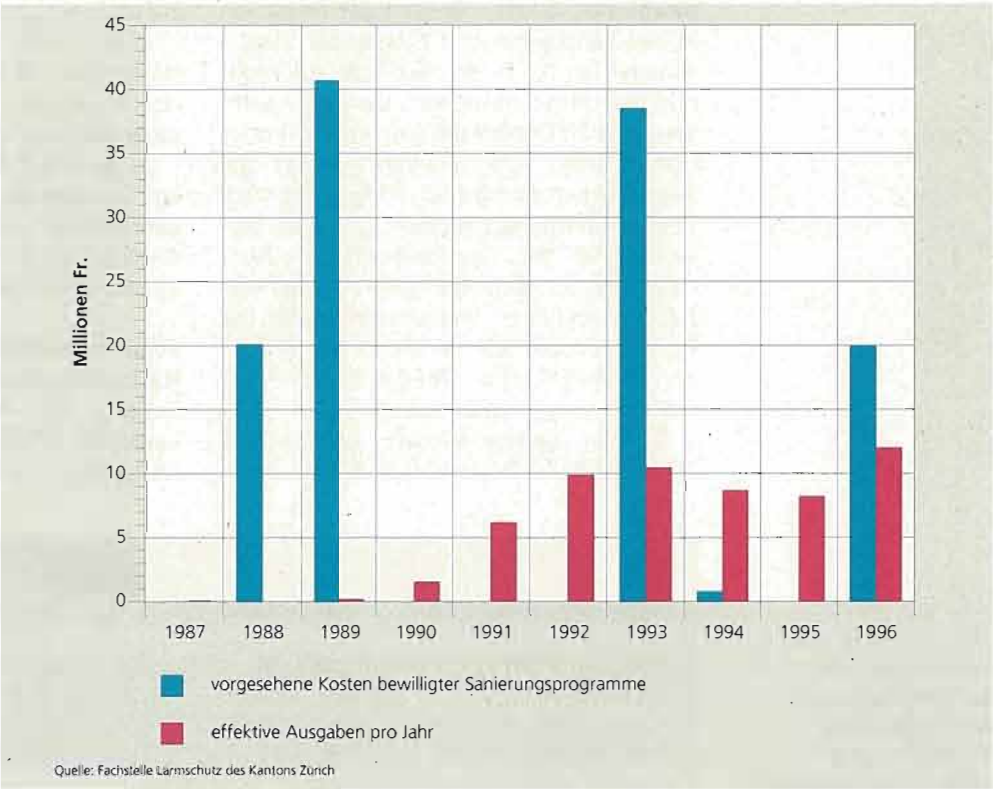
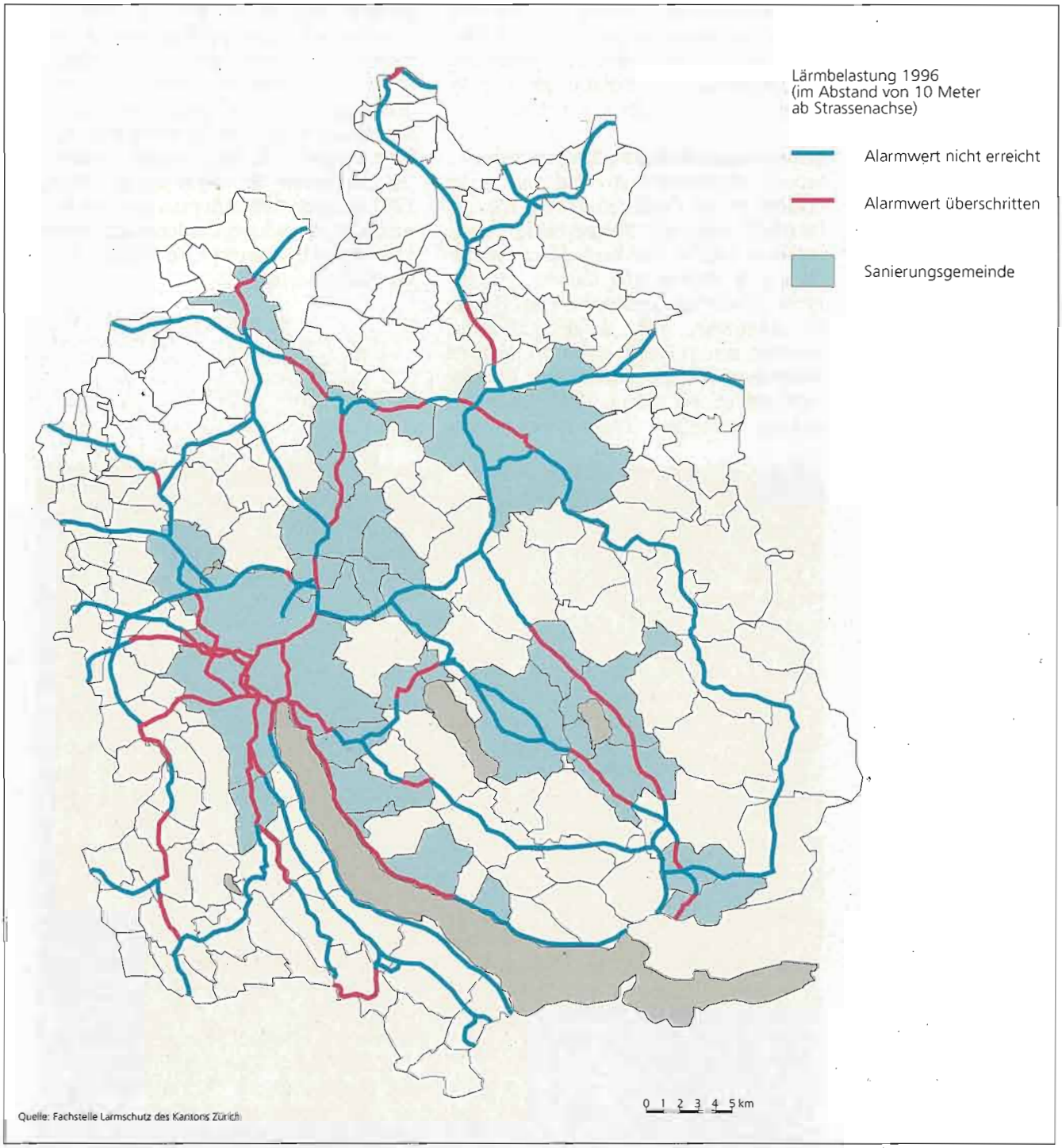


Abb. 57
Ausgaben für Lärmsanierungsmassnahmen an Staatsstrassen in den Landgemeinden und am übergeordneten Strassennetz der Städte Zürich und Winterthur.

Strassenverkehrslärm



Karte 13
Staatsstrassen mit Alarmwertüberschreitungen 1996 und Sanierungsgemeinden

schutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen werden auf 27 (1992: 19) Mio. Franken geschätzt, darin sind ausserordentlich kostspielige Überdeckungslösungen oder Untertunnelungen nicht berücksichtigt.

Schutzmassnahmen an Staatsstrassen

Schallschutzmassnahmen sind mit erster Priorität an der Quelle zu treffen, z. B. am Fahrzeug oder am Strassenbelag, Massnahmen, welche die Ausbreitung verhindern, z. B. Wände oder Dämme, erst danach. Schallschutzmassnahmen am Gebäude schliesslich, z. B. Schallschutzfenster, kommen erst in Frage, wenn alle anderen Massnahmen erster und zweiter Priorität nicht greifen. Bis Anfang 1997 hat die Regierung insgesamt fünf Sanierungsprogramme beschlossen, die (vor allem für Strecken mit Überschreitung des Alarmwertes) im wesentlichen in den Städten Zürich und Winterthur sowie in 27 Landgemeinden an stark befahrenen Transitachsen den Einbau von Schallschutzfenstern für insgesamt 160 Mio. Franken vorsehen. Seit Inkrafttreten der Lärmschutzverordnung 1987 bis Ende 1996 konnten von den festgesetzten Sanierungsprogrammen Massnahmen im Betrag von rund 57 Mio. Franken realisiert werden.

Aus den für Staatsstrassen vorhandenen Angaben kann bezüglich der Lärmbelastungen kein eindeutiger Trend abgeleitet werden, da ausreichend vergleichbare Lärmdaten und Zeitreihen noch nicht vorliegen. Aufgrund der festgestellten Verkehrsentwicklung zeigt sich aber, dass sich der Individualverkehr in den letzten Jahren als Folge verschiedener innerörtlicher Verkehrsberuhigungsmassnahmen verstärkt auf die Nationalstrassen verlagert hat. Dieser Effekt ist vor allem in der engeren Agglomeration um die Stadt Zürich feststellbar. Hier ist auf einzelnen Zufahrtachsen sogar eine leichte Abnahme zu beobachten. Gleichzeitig waren auf den Staatsstrassen des übrigen Kantonsgebietes insgesamt nur geringe Verkehrszunahmen zu verzeichnen. Ob sich gleichzeitig die Lärmproblematik in den Siedlungsgebieten abseits des übergeordneten Strassennetzes entschärft oder sogar verschärft hat, kann noch nicht beurteilt werden.

Die Lärmsanierung entlang der Nationalstrassen bietet keine besonderen konzeptionellen oder technischen Schwierigkeiten. Für Lärmsanierungen, insbesondere für bauliche Vorkehren entlang von Staatsstrassen, werden vermutlich auch weiterhin nicht genügend finanzielle Mittel zur Verfügung stehen. Es muss deshalb mittelfristig eine Verschiebung der Massnahmenschwerpunkte Richtung Quellenlärmbekämpfung erfolgen, und es müssen gemäss Verursacherprinzip die Kosten von der öffentlichen Hand vermehrt auf die Verkehrsteilnehmer verlagert werden.

Noch kann allerdings nicht auf die Weiterführung von Schallschutzfensterprogrammen an einzelnen, besonders stark belasteten Strassenabschnitten verzichtet werden, da an solchen Lagen die Alarmwerte häufig überschritten werden und gemäss geltendem Lärmschutzrecht eine vordringliche Sanierung verlangt ist.

Für die Abschätzung des Handlungsbedarfs ist weiter in Rechnung zu stellen, dass die Verkehrsentwicklung in Europa zu einem markanten Anstieg des Lastwagenanteils auf unserem Strassennetz führt, eine Situation, die sich durch eine Aufhebung der 28-t-Limite und die Lockerung des Nacht- bzw. Sonntagsfahrverbotes noch zusätzlich verschärfen würde.

Zudem zeichnet sich das Erreichen der Kapazitätsgrenze auf dem übergeordneten Strassennetz in Agglomerationsgebieten ab. Zur optimalen Nutzung der vorhandenen Kapazitäten ist daher eine umfassendere Verkehrsplanung erforderlich, die nicht nur den Indivual-, sondern auch den öffentlichen und den Güterverkehr in die Überlegungen miteinbezieht.

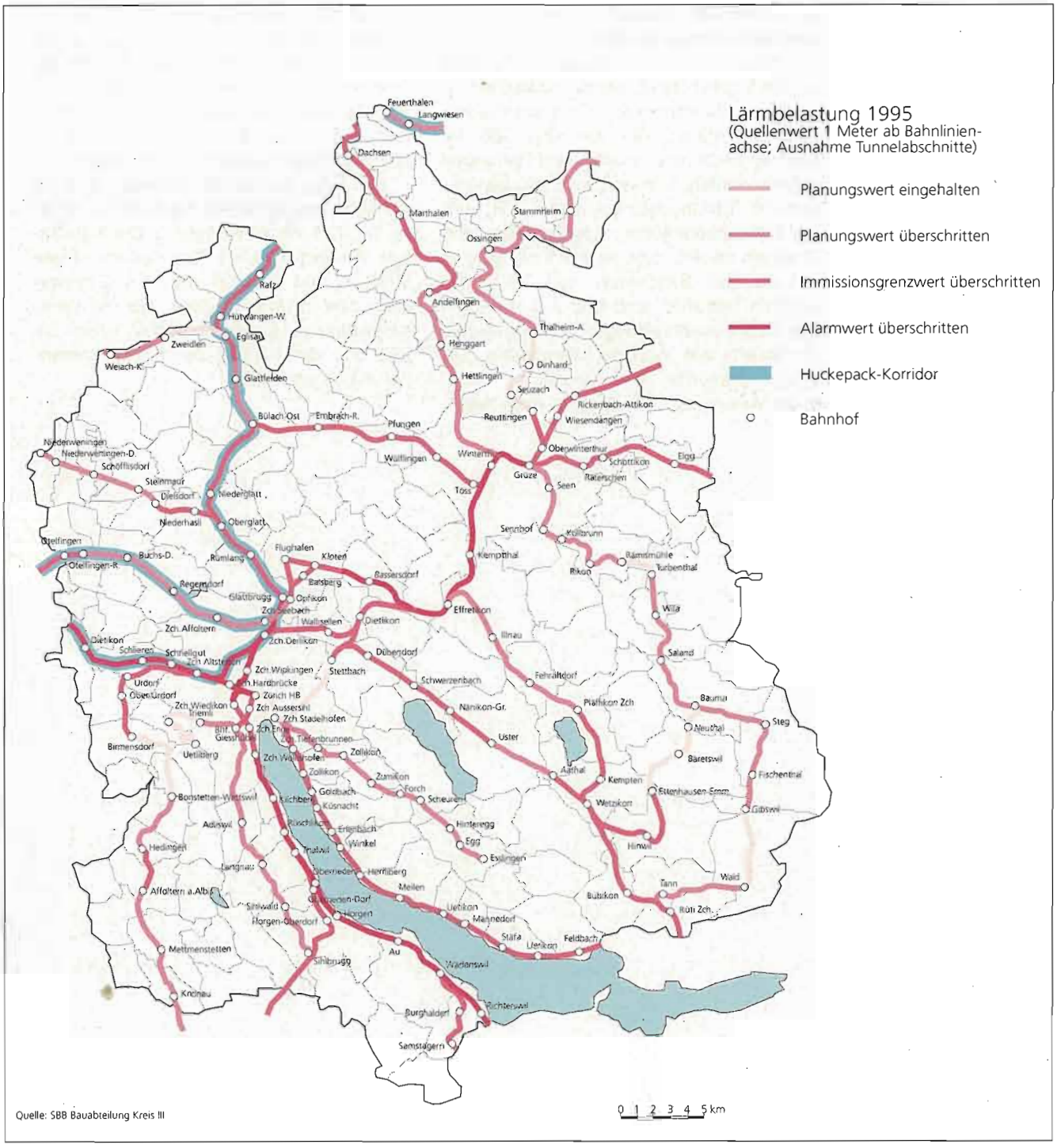
Eisenbahnlärm

Erfassung der Situation, Lärmbelastungskataster

Der netzweite Groblärmkataster, der 1992 zur Verfügung stand, wurde inzwischen an einzelnen Bahnstrecken durch Immissionskataster ergänzt, die von den SBB im Rahmen besonderer Studien und Planungen erstellt wurden (Umweltbilanz, Huckepackkorridor, Lärmbelastungskataster CH, einzelne Ausbauprojekte). Lärmkataster und Analysen zeigen, dass wesentliche Gebiete entlang des Bahnnetzes von Lärmbelastungen betroffen sind und auf manchen Strecken Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte wie auch der Alarmwerte auftreten. Immerhin sind gegenüber 1992 kaum wesentliche Änderungen eingetreten, obwohl das S-Bahn-Angebot auf einigen Strecken erhebliche Frequenzsteigerungen brachte. Dank der sukzessiven Einführung von leiserem, scheibengebremstem Rollmaterial konnte die Lärmzunahme grösstenteils überkompensiert werden, so dass die Lärmimmissionen abgenommen haben.

Die Hauptlärmprobleme liegen entlang der stark frequentierten Bahnstrecken (Karte 14: Ost–West-Verbindung Dietikon–Zürich–Winterthur, linkes Zürichseeufer). Diese Strecken sind es auch, die vom Güterverkehr stark belastet werden. Für die Lärmsanierung der Huckepackstrecken haben die SBB und der Kanton Zürich eine Vereinbarung abgeschlossen.

Eisenbahnlärm



Quelle: SBB Bauabteilung Kreis III

Karte 14
Lärmkataster des Bahnnetzes 1995

Fluglärm, Flughafen Zürich

Verkehrsaufkommen, Erfassung der Situation

Zwischen 1980 und 1996 haben sich die jährlichen Passagierzahlen im Linien- und Charterverkehr verdoppelt, die pro Jahr abgefertigte Fracht nahm um annähernd das Dreifache zu. Die Zahl der Bewegungen, einschliesslich allgemeine Luftfahrt (General Aviation), erhöhte sich im gleichen Zeitraum um 60 % auf 258'000 (Abb. 15, Seite 50).

1987 trat der heute noch gültige und auf dem Luftfahrtrecht beruhende Lärmzonenplan in Kraft. Dieser regelt die Nutzungen von Zonen unterschiedlicher Fluglärmbelastungen. 1990 wohnten rund 21'000 Personen innerhalb der vom Plan erfassten Zonen.

Der Lärmzonenplan beruht auf Berechnungen des Fluglärms. Das Fluglärm-Belastungsmass ist der Noise and Number Index (NNI), ein Mass, das sich aus einer Lärm- und einer Flugbewegungskomponente zusammensetzt. In dieses Mass fliessen die Fluglärmereignisse über 68 dB(A) ein.

Es ist vorgesehen, den geltenden Lärmzonenplan durch Planungs-, Immissions- und Alarmwerte der Lärmschutzverordnung (LSV) zu ersetzen. Damit kann dem Schutzgedanken und dem Vorsorgeprinzip besser Rechnung getragen werden. Den Flughafenanwohnern bringt diese Änderung vor allem den Anspruch auf Schallschutzmassnahmen, die durch den Verursacher, d. h. den Flughafenhalter zu bezahlen sind. Wann genau die neue umweltrechtliche Regelung eingeführt sein wird, lässt sich allerdings noch immer nicht sagen.

Verfeinerte Berechnungsgrundlagen

Die Unterstellung des Fluglärms unter das Umweltrecht des Bundes und damit unter die LSV bedingt gleichzeitig die Ablösung des relativ groben Bewertungsmassstabes NNI durch den in der LSV verwendeten Leq. Beim Leq (energieäquivalenter Dauerschallpegel) handelt es sich um ein Schallenergiemass, welches die Dauer, die Häufigkeit und besonders auch die Pegelspitzen über eine bestimmte Zeit berücksichtigt. Für den Flughafen Zürich bietet die Erfassung des Fluglärms in Leq eine genaue Basis für Lärmbelastungsberechnungen sowohl einer realen Situation wie auch für die modellhafte Beurteilung einer voraussehbaren Belastungsänderung (z. B. auf Grund von Mehrverkehr, neuen oder geänderten An- und Abflugverfahren, leiseren Triebwerken). Werden den entsprechenden Isokurven Raster mit den Bevölkerungszahlen unterlegt, kann rein quantitativ ausgesagt werden, wieviele Personen in einem beliebigen Ausschnitt des besiedelten Gebiets um den Flughafen Zürich von welcher (physikalisch ausgedrückten) Lärmbelastung betroffen sind.

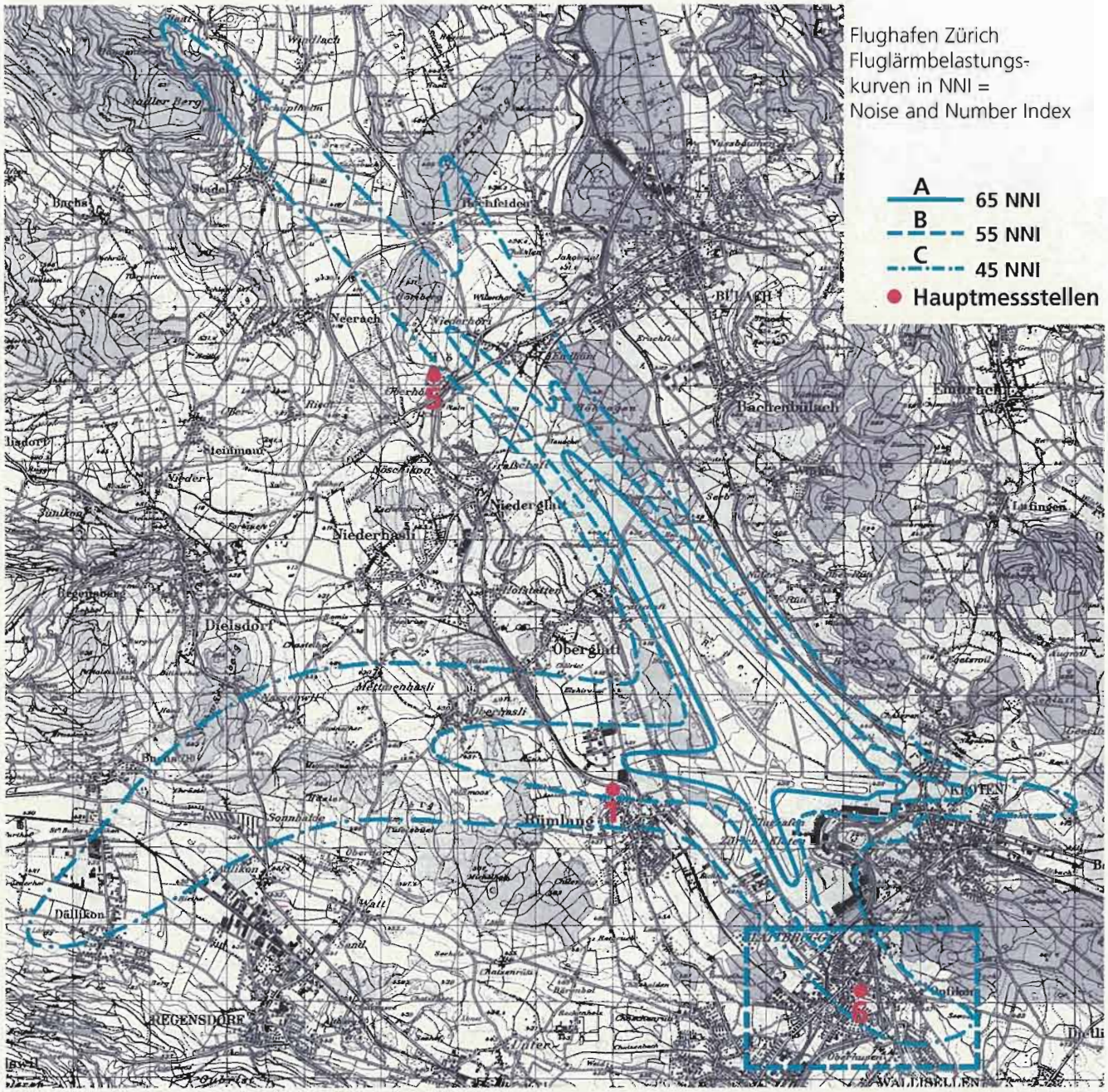
Zur Lästigkeit von Fluglärm

Dank der Lärmwirkungsforschung der jüngsten Vergangenheit werden in künftigen Umweltberichterstattungen zuverlässigere qualitative Aussagen über die Lästigkeit von Fluglärm gemacht werden können. Gestützt auf breitangelegte Untersuchungen in den Flughafenregionen Genf und Zürich sind statistische Störwirkungsmodelle entwickelt worden, mittels deren mit genügender Ge-

Zulässige Nutzungen in:		
Zone A	**Zone B**	**Zone C**
– Landwirtschaft – Lagerhäuser – militärische Bauten und Anlagen – Flughafengebäude	– Nutzung nach Zone A – Industrie- und Gewerbebauten – Geschäfts- und Bürohäuser mit Schallschutz – Abwartwohnungen mit Schallschutz	– Nutzung nach Zone A und B – Geschäfts- und Bürohäuser – Wohnhäuser mit Schallschutz – Schulhäuser mit Schallschutz
In den Lärmzonen dürfen keine Spitäler und Pflegeheime gebaut oder wesentlich erweitert werden. Die zuständigen Behörden dürfen keine neuen Baugebiete mit Wohnzonen ausscheiden.		

Tab. 5
Vorschriften über Nutzung und Schallschutz in den Lärmzonen des Flughafens Zürich (vgl. Karte 15)

Quelle: Flughafendirektion Zürich



Quelle: Flughafendirektion Zürich
Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 29. November 1982

Karte 15
Fluglärmkurven und rechtskräftige Lärmzonen des Flughafens Zürich: Erläuterung der mit A, B und C bezeichneten Zonen vgl. Tab. 5

nauigkeit angegeben werden kann, welcher prozentuale Anteil an Personen der gesamten Einwohnerschaft eines definierten Gebietes sich – bei einem bestimmten Leq – in welchem (subjektiv empfundenen) Ausmass durch Fluglärm belästigt fühlt. Damit dürfte mittelfristig die Lästigkeit anstelle einer rein physikalisch-statistischen Bewertung zum zentralen Kriterium für die Beurteilung der Fluglärmbelastungen werden, denn nur sie erlaubt Aussagen über die tatsächliche Betroffenheit der Menschen.

Lärmmessungen

Lärmmessungen machen den Flugbetrieb zwar nicht leiser, sind aber geeignet, Hinweise auf kritische Entwicklungen zu vermitteln. So zeichnet sich seit geraumer Zeit eine gewisse lärmmässige Entlastung des Westens und eine zunehmende Belastung im Süden und im Norden des Flughafens Zürich ab. Diese Ergebnisse liefern die Messstellen 1, 5 und 6 (Standorte vgl. Karte 15 Lärmzonenplan).

Im Westen des Flughafens wirken sich die lärmmässigen Verbesserungen der Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge positiv aus. Der aus dem Verkehrszuwachs resultierende Mehrlärm wird dort durch den technischen Fortschritt vorläufig mehr als kompensiert. Im Süden wird der Mittelungspegel Leq durch die schweren Langstreckenflugzeuge, die im Nonstop-Einsatz sind, massgebend beeinflusst. Im Landeanflug aus Norden ist der Anstieg der Fluglärmbelastung auf das Verkehrsaufkommen zurückzuführen.

Massnahmen gegen vermeidbaren Lärm der Zivilluftfahrt

Die auf dem Flughafen Zürich landenden und startenden Maschinen unterscheiden sich lärmmässig stark. Nach der Internationalen Organisation der Zivilluftfahrt ICAO wird unterschieden zwischen den sogenannten Kapitel-II- und den Kapitel-III-Flugzeugen. Kapitel-II-Flugzeuge gelten als besonders laut. Deren Anteil am Gesamtflugverkehr hat zwischen 1991 und 1995 weiter abgenommen (Abb. 59). Die Auswahl der Vergleichsflughäfen erfolgte so, dass die generelle Entwicklung in Westeuropa abgebildet werden kann.

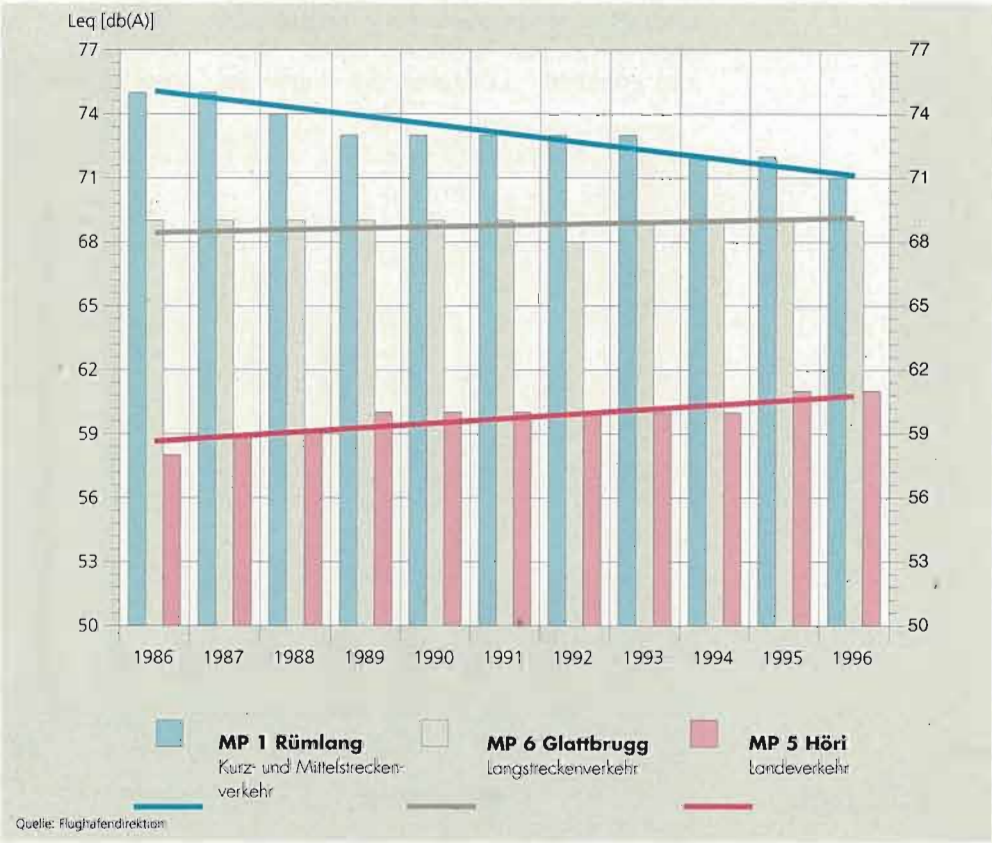


Abb. 58
Gesamtlärmbelastung während der Tageszeit von 6.00 bis 22.00 Uhr, 1986 –1996 an den Messstellen 1 (Rümlang), 5 (Höri) und 6 (Opfikon-Glattbrugg)

Fluglärm, Flughafen Zürich

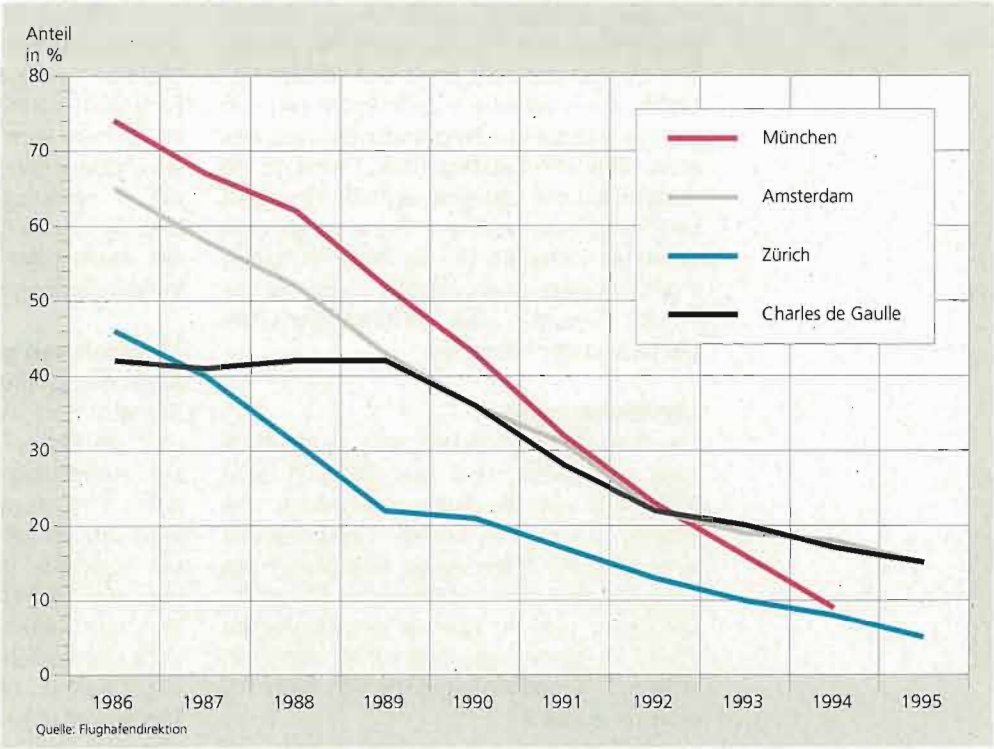


Abb. 59
Entwicklung der Anteile der besonders lauten Flugzeuge (nach ICAO Annex 16, Kapitel II) am gesamten Jet-Verkehr 1986 –1995

Lärmgebühren

Seit 1980 werden auf dem Flughafen Zürich Lärmgebühren erhoben. Diese richten sich nach der an den Fluglärmmessstellen konkret ermittelten Lärmigkeit der Flugzeuge. Diese werden entsprechend in fünf Klassen eingeteilt. Am 1. November 1993 wurde das revidierte dynamisierte und gleichzeitig verschärfte Lärmgebührenmodell in Kraft gesetzt. Abb. 60 zeigt die Entwicklung der

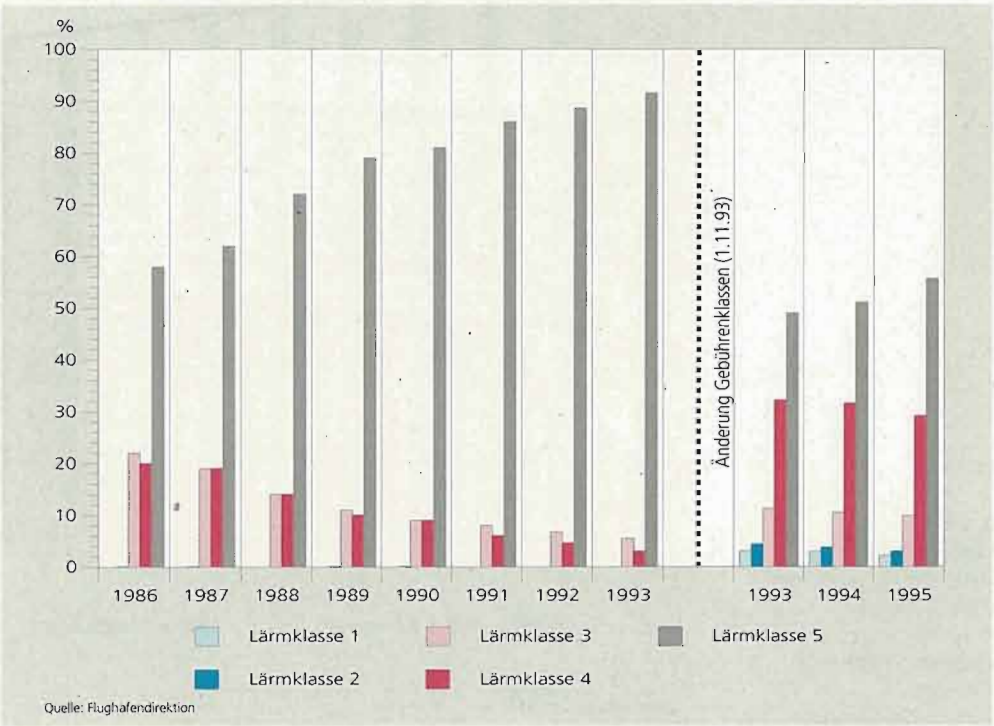


Abb. 60
An- und Abflüge nach Lärmklassenanteilen in Prozent

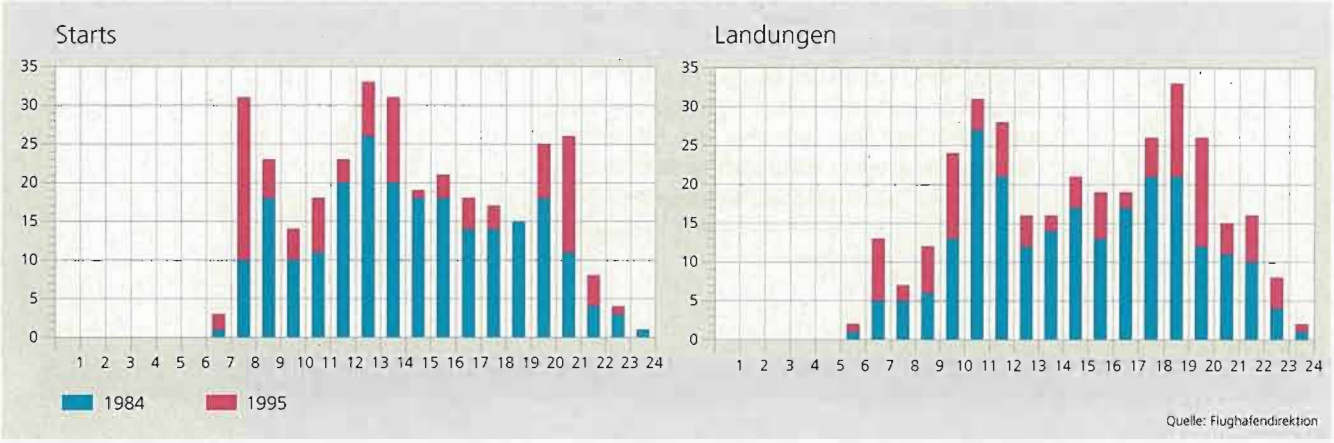


Abb. 61
Stündliche Verteilung der An- und Abflüge auf dem Flughafen Zürich (Tagesmittelwerte)

Lärmklassenanteile. Die Gebühren pro Landung betragen heute für die Klasse 1 800 Franken, Klasse 2 400 Franken, Klasse 3 200 Franken und Klasse 4 100 Franken. Klasse 5 ist gebührenfrei.

Betriebseinschränkungen für besonders laute Flugzeuge
Laut Betriebskonzession ist der Flughafen verpflichtet, allen im internationalen Verkehr zugelassenen Flugzeugen zur Verfügung zu stehen. Für besonders laute Flugzeuge können indessen Betriebseinschränkungen erlassen werden. So dürfen seit dem 17. August 1995 Kapitel-II-Flugzeuge nur noch zwischen 09.00 Uhr und 19.00 Uhr starten. Weitere Einschränkungen, z. B. übers Wochenende, sind denkbar.

Spielraum beim technischen Fortschritt?
Der bisherige technische Fortschritt bei den Triebwerken vermochte den durch das Verkehrswachstum bedingten zusätzlichen Lärm mehr als zu kompensieren. Bezogen auf den heutigen Stand der Technik sind die modernsten Triebwerke bezüglich Lärm indessen kaum mehr zu verbessern, eine technische Revolution zeichnet sich jedenfalls nicht ab. Forschung und Entwicklung gehen mehr in Richtung Steigerung der Energieeffizienz, Treibstoffeinsparungen und Reduktion des Schadstoffausstosses. Lärmreduktionen beim Flughafen sind daher nur über eine lärmgünstigere Zusammensetzung der auf dem Flughafen verkehrenden Maschinen zu erzielen. Eine Zunahme der Bewegungszahlen wird sich künftig spürbarer negativ auf die Entwicklung der Lärmsituation auswirken.

Nachtflugverkehr
Der Flughafen Zürich kennt ein dichtes Regelwerk zum Schutze der Bevölkerung vor Nachtfluglärm. Offiziell als Nachtzeit gilt die Zeit zwischen 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr, in der Fluglärm auch besonders stört. Zwischen 00.30 Uhr und 05.00 Uhr findet mit Ausnahme von Rettungs- und Staatsflügen kein Flugbetrieb statt. Aus dem langährigen Zeitvergleich wird aber ersichtlich, dass Tagesrandstunden vermehrt in Anspruch genommen werden (Abb. 61).

Optimierung der Lärmverteilung?
Der wohl sinnvollste Ansatz für eine Lösung zur «gerechten» Verteilung des Fluglärms kann mit den Methoden zur Beurteilung der Lästigkeit gefunden werden, da sie die Bevölkerungsdichte mit der feststellbaren Lärmbelastung verbinden. Gemäss neueren Untersuchungen zeigt sich, dass am Flughafen Zürich die Lärmverteilung auch unter dem Gesichtspunkt der Lästigkeit nahezu optimal erscheint. Die in der Vergangenheit getroffenen Massnahmen zur Lärmbekämpfung erweisen sich damit als erfolgreich. Bei künftigen Veränderungen von Verkehrsverteilung, Pistenbenutzung, Routen usw. wäre eher mit einer schlechteren bzw. einer «ungerechteren» Verteilung der Lästigkeit zu rechnen.

Grenzen der Fluglärmbekämpfung
Vieles weist darauf hin, dass das Wachstum des Flugverkehrs weitergehen wird. Betriebliche Optimierungen geraten in Konflikt mit der Lärmbekämpfung. Damit könnten die bisherigen lärmmässigen Fortschritte an der Quelle (Triebwerke, An- und Abflugver-

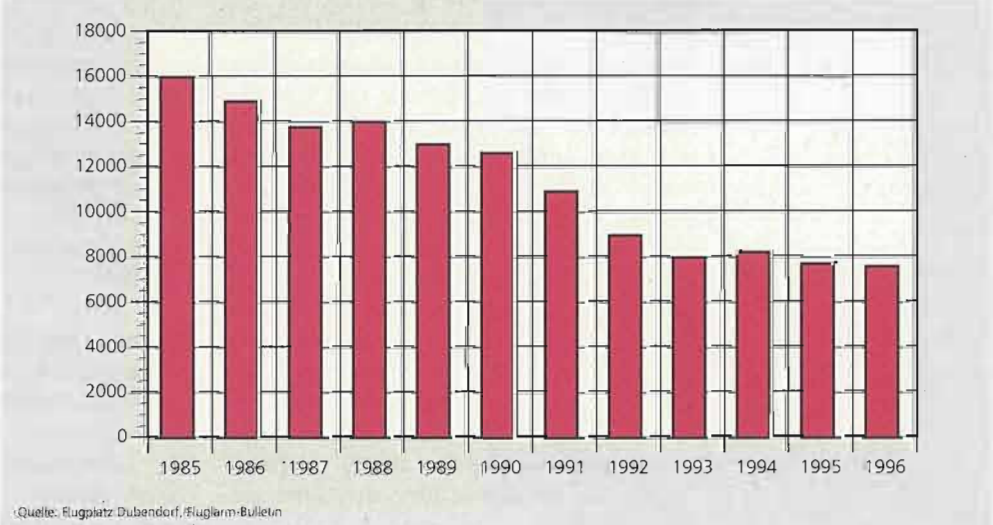
fahren) durch Mehrverkehr aufgezehrt werden. Die Untersuchungen zur 5. Ausbauetappe des Flughafens deuten in diese Richtung. Von zunehmender Bedeutung wird es demnach sein, an betrieblichen Einschränkungen, besonders während der Nachtstunden, festzuhalten und vor Betriebsänderungen mögliche Optimierungen besonders sorgfältig zu ermitteln.

Militärfluglärm

Der Bundesrat hat mit der Inkraftsetzung von Anhang 8 zur Lärmschutzverordnung (LSV) auf den 1. August 1995 die Belastungsgrenzwerte für den Lärm von Militärflugplätzen festgelegt. Für den Anlagehalter des Militärflugplatzes beginnen damit die Fristen für die Erarbeitung des definitiven Lärmbelastungskatasters (5 Jahre) und für die nachfolgende Sanierungsplanung der Schallschutzmassnahmen an den betroffenen Gebäuden (15 Jahre) zu laufen. Das Bundesamt für Betriebe der Luftwaffe (BABLW) rechnet damit, dass der definitive Lärmbelastungskataster 1997 vorliegen wird.

Aufgrund der Fluglärmkarte 1992, die sich bis 1996 nicht wesentlich verändert hat, leben im Bereich des Militärflugplatzes Dübendorf zirka 24'000 Personen mit einer Lärmbelastung von Lr gleich oder höher 60 dB(A) (Planungswert), 21'000 davon allein in den Gemeinden Dübendorf und Volketswil. Beide Gemeinden zusammen zählen etwa 34'000 Einwohner. Etwa 8 % aller vom Militärfluglärm Betroffenen sind einer Belastung über dem Alarmwert (70 dB[A]) ausgesetzt, noch ca. 40 % einer solchen zwischen dem Alarmwert und dem Immissionsgrenzwert (65 dB[A]).

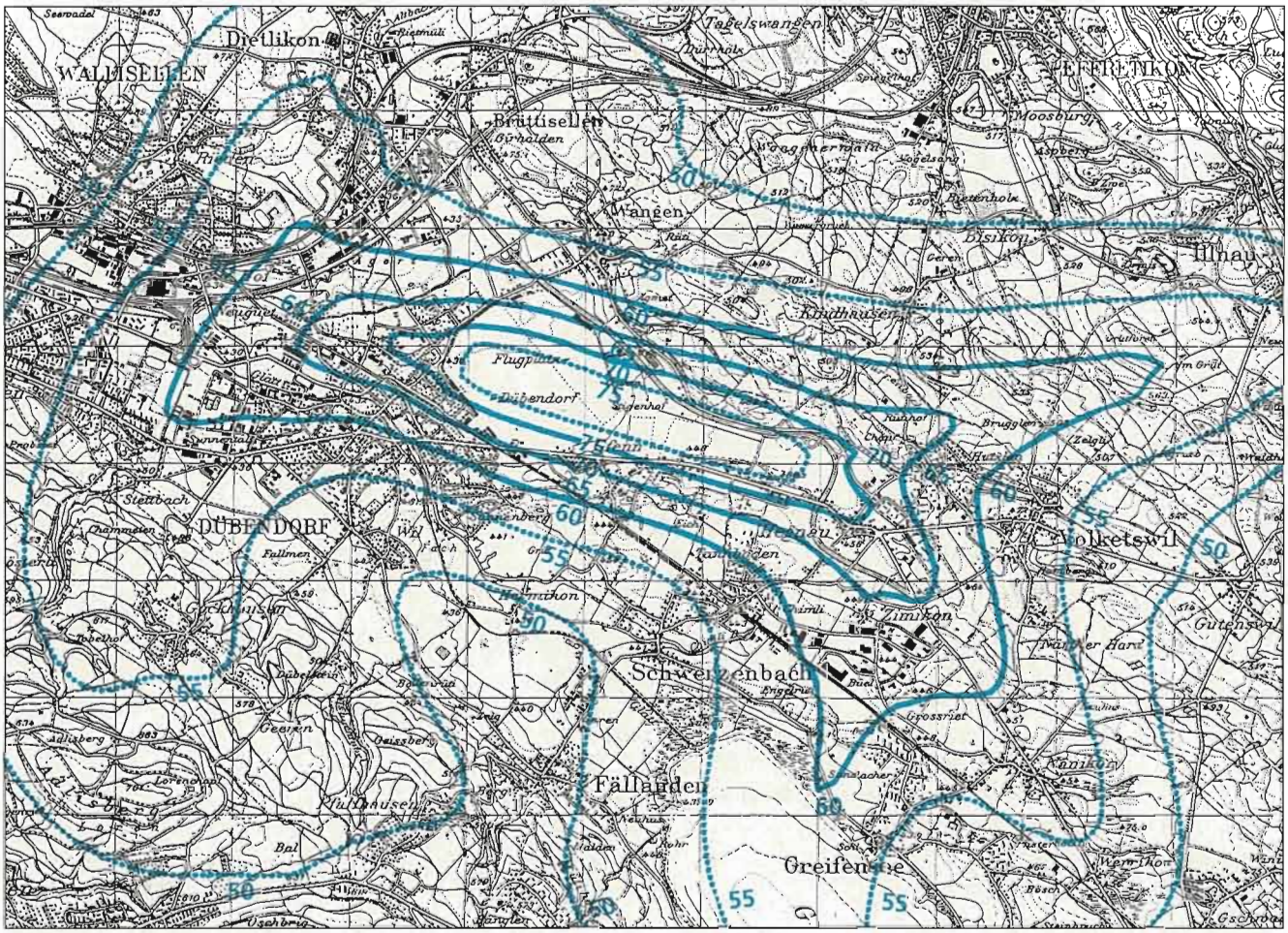
Mit der Abnahme der Flugbewegungen zwischen 1985 und 1995 um rund die Hälfte sank auch die Anzahl der Lärmbetroffenen. Die Prognosen für das Jahr 2000 gehen von einer Stabilisierung der Bewegungszahlen auf dem heutigen Niveau aus. Wegen des besseren Steigvermögens der neuen Kampfflugzeuge wird die Anzahl der Lärmbetroffenen an den Pistenenden in Dübendorf und Hegnau-Volketswil weiter abnehmen. Seitlich der Pisten ist eine leichte Zunahme der Lärmbelastung nicht auszuschliessen.



Quelle: Flugplatz Dübendorf, Fluglärm-Bulletin

Abb. 62
Entwicklung der Jet-Starts in Dübendorf 1985 –1996

Militärfluglärm


Dietlikon
WALLISELLEN
Brüttisellen
Tagelswangen
EFFRETIKON
Moosburg
Wangen
Illnau
Kindhausen
Flugplatz
Dübendorf
DÜBENDORF
Stettbach
Volketswil
Schwerzenbach
Fällanden
Greifensee
Gutenswil
Kanikon
Gfenn
Fullmen
Geeren
Bal
Tüfenhof
Brugglen
Grossriet
Hegnau
Hermikon
Ober Hard
Unter Hard
Ober Hard
Tüfenhof
Lorenau
Allisberg
Ueschberg
Hullhausen
Seerüdel
Albisriet
Thurmatt
Spitzenhof
Rietenholz
Kugelsang
Geren
Ym Grüt
Zelgli
Kuhnhof
Lhuler
Hurst
Bück
Engpirt
Grossriet
Kanikon
Tüfenhof
Lorenau
Allisberg
Ueschberg
Hullhausen
Bal
Kohr
Haufler
Gschwend
Wil
Fullmen
Geeren
Geissberg
Gfenn
Tüfenhof
Brugglen
Hegnau
Hermikon
Ober Hard
Unter Hard
Gross

Schiesslärm

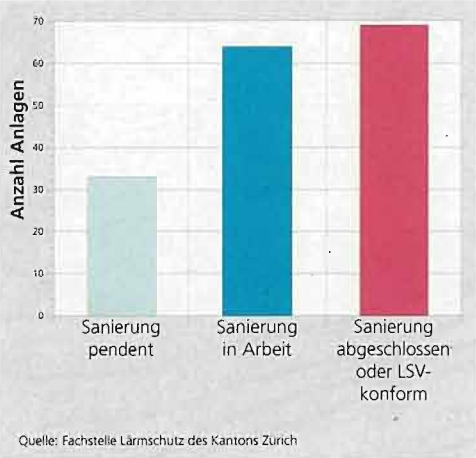


Abb. 63
Sanierungen von Schiessanlagen 1996

Wände oder Dämme (Massnahmen gegen den Geschossknall) in geeigneter Weise kombiniert. Die Errichtung von Wänden in den meist landwirtschaftlich genutzten Gebieten widerspricht oft den Interessen des Landschaftssschutzes und verlangt in vielen Fällen die Gewährung von Erleichterungen im Sinne von Art. 14 LSV. Es ist zu erwarten, dass die bis zum Jahr 2002 laufende Frist für die Sanierung der 300-m-Schiessanlagen grösstenteils eingehalten werden kann.

Luft

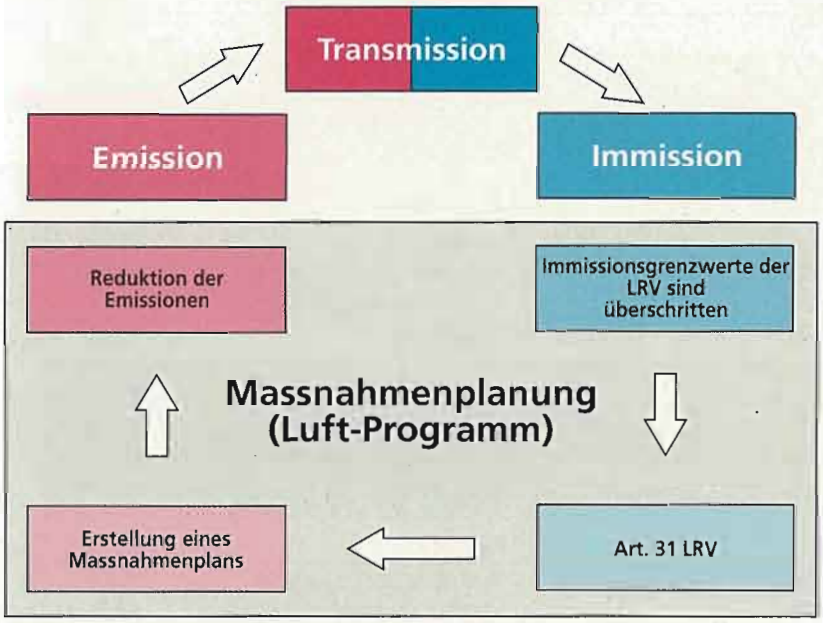
Luftschadstoffe: Quellen – Auswirkungen – Massnahmen	**119**
Luftschadstoff-Emissionen	**119**
Immissionen	**121**
Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen	**126**
Auswirkungen auf die Vegetation	**126**
Kosten der Luftverschmutzung	**127**
Luftreinhaltestrategie	**128**

Luftschadstoffe: Quellen – Auswirkungen – Massnahmen

Industrielle Prozesse und das Verbrennen fossiler Brenn- und Treibstoffe belasten die Atmosphäre mit Abgasen. Daneben entsteht bei allen Verbrennungsprozessen als Endprodukt das klimawirksame CO_2 (vgl. Kapitel Energie).

Verkehr, Haushalte, Gewerbe und Industrie setzen Luftschadstoffe frei: Diesen Freisetzungs-Prozess bezeichnet man als Emission. Mit Vorschriften werden Emissionen in vielen Fällen (z. B. Feuerungen) am Ort ihrer Entstehung begrenzt; es gelten dann Emissionsgrenzwerte. Ausser beim Verkehr werden emittierte Luftschadstoffe meist über Kamine abgeleitet, verdünnt und mit dem Wind verfrachtet (Transmission), zum Teil auch zusätzlich (photo-)chemisch umgewandelt. Schliesslich gelangen sie wieder in bodennahe Luftschichten, wo sie als Immissionen auf Mensch, Tier und Pflanzenwelt einwirken.

Abb. 64
Zusammenhänge zwischen Emissionen – Immissionen – Massnahmenplanung



Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich

Für die Beurteilung der schädlichen oder lästigen Einwirkungen von Luftschadstoffen sind vom Bund in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) Immissionsgrenzwerte festgelegt worden. Schadstoffe wirken umso stärker, je höher ihre Konzentration ist und je länger sie einwirken. Aus diesem Grund sind für die wichtigsten Schadstoffe Kurzzeit- und Langzeitwerte festgelegt worden, die eingehalten werden müssen. Kritisch ist die Einhaltung gewisser Langzeitwerte (Jahresmittelwerte). Die kurzfristig zugelassene Belastung (Tages- oder Stundenmittelwert) ist höher und wird daher – abgesehen vom Ozon im Sommer – meistens eingehalten.

Werden die geltenden Immissiongrenzwerte überschritten, so müssen die Emissionen mit konkreten Massnahmen, wie sie beispielsweise im Luft-Programm 1996 enthalten sind, wirksam reduziert werden (vgl. Abschnitt Luftreinhaltestrategie).

Luftschadstoff-Emissionen

Bei den meisten Luftschadstoffen war bis Mitte der achtziger Jahre eine Zunahme der Emissionen zu verzeichnen. Seither konnten als Folge der neuen Umweltschutzgesetzgebung (Vollzug der LRV, verschärfte Abgasvorschriften für Motorfahrzeuge) zum Teil massgebliche Reduktionen realisiert werden. Allerdings sind diese Reduktionen noch nicht ausreichend, um den lufthygienischen Zielen zu genügen. Insbesondere bei Stickoxiden (NOx) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) als Verursacher des Sommersmogs sind weiterhin wesentliche Anstrengungen notwendig.

In Tabelle 6 sind die Luftschadstofffrachten und der Anteil der Hauptquellen 1995 dargestellt. Es ist zu beachten, dass die Zeitreihen der Gesamtemissionen von NOx, VOC und SO_2 durch eine Neuberechnung mit aktualisierten Grundlagendaten im Jahr 1995 einen Sprung beinhalten. Grund dafür sind die bisher nicht berücksichtigten Emissionen

Luftschadstoff-Emissionen

Schadstoff	Gesamtemission in Tonnen neu	bisher	Hauptquellen 1995	
Stickoxide (NOx)	1985	25'350	PW/Lieferwagen	32 %
	1990	21'350	Lastwagen	30 %
	1995 19'150	14'800	Flughafen (Betrieb und Anlage)	7 %
	2000* 15'000		Industrie und Gewerbe	13 %
			KVA	3 %
			Land- und Forstwirtschaft	5 %
			Haushalte	11 %
flüchtige organische Verbindungen (VOC)	1985	56'350	Verkehr	25 %
	1990	42'800	Industrie und Gewerbe	65 %
	1995 34'050	31'100	Land- und Forstwirtschaft	5 %
	2000* 24'050		Haushalte	5 %
Schwefeldioxid (SO_2)	1985	12'450	Verkehr	5 %
	1990	8'050	Industrie und Gewerbe	45 %
	1995 4'450	6'950	Haushalte	50 %
	2000* 4'000			
Kohlenmonoxid (CO)	1985 170'000		Verkehr	65 %
	1990 120'000		Industrie und Gewerbe	10 %
	1995 85'000		Land- und Forstwirtschaft	10 %
	2000* 60'000		Haushalte	15 %
Staub/Russ	1985 4'750		Verkehr	15 %
	1990 4'100		Industrie und Gewerbe	65 %
	1995 3'300		Land- und Forstwirtschaft	15 %
	2000* 2'900		Haushalte	5 %
Blei (Pb)	1985 130		Verkehr	40 %
	1990 90		Industrie und Gewerbe	55 %
	1995 40		Land- und Forstwirtschaft	2 %
	2000* 15		Haushalte	3 %
Ammoniak (NH_3)	1985 11'000		Verkehr	5 %
	1990 10'500		Industrie und Gewerbe	5 %
	1995 10'200		Land- und Forstwirtschaft	90 %
	2000* 9'200			

Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich

Tab.6
Quellen und Emissionen von Luftschadstoffen im Kanton Zürich

* = mit Berücksichtigung der Emissionsreduktion durch das Luft-Programm 1996

von Baumaschinen und Landwirtschaftsfahrzeugen sowie der stärker als erwartet gewachsene Strassenverkehr. Um dies zu illustrieren, sind für 1995 die Gesamtemissionen nach alter und neuer Berechnungsgrundlage dargestellt. Bei den anderen Schadstoffen wurden für alle Zeitpunkte die neuen Grundlagen verwendet. Die Prognose für das Jahr 2000 entspricht der erwarteten Entwicklung mit Berücksichtigung der Emissionsreduktion durch das Luft-Programm 1996.

Immissionen

Das Messnetz des Kantons Zürich

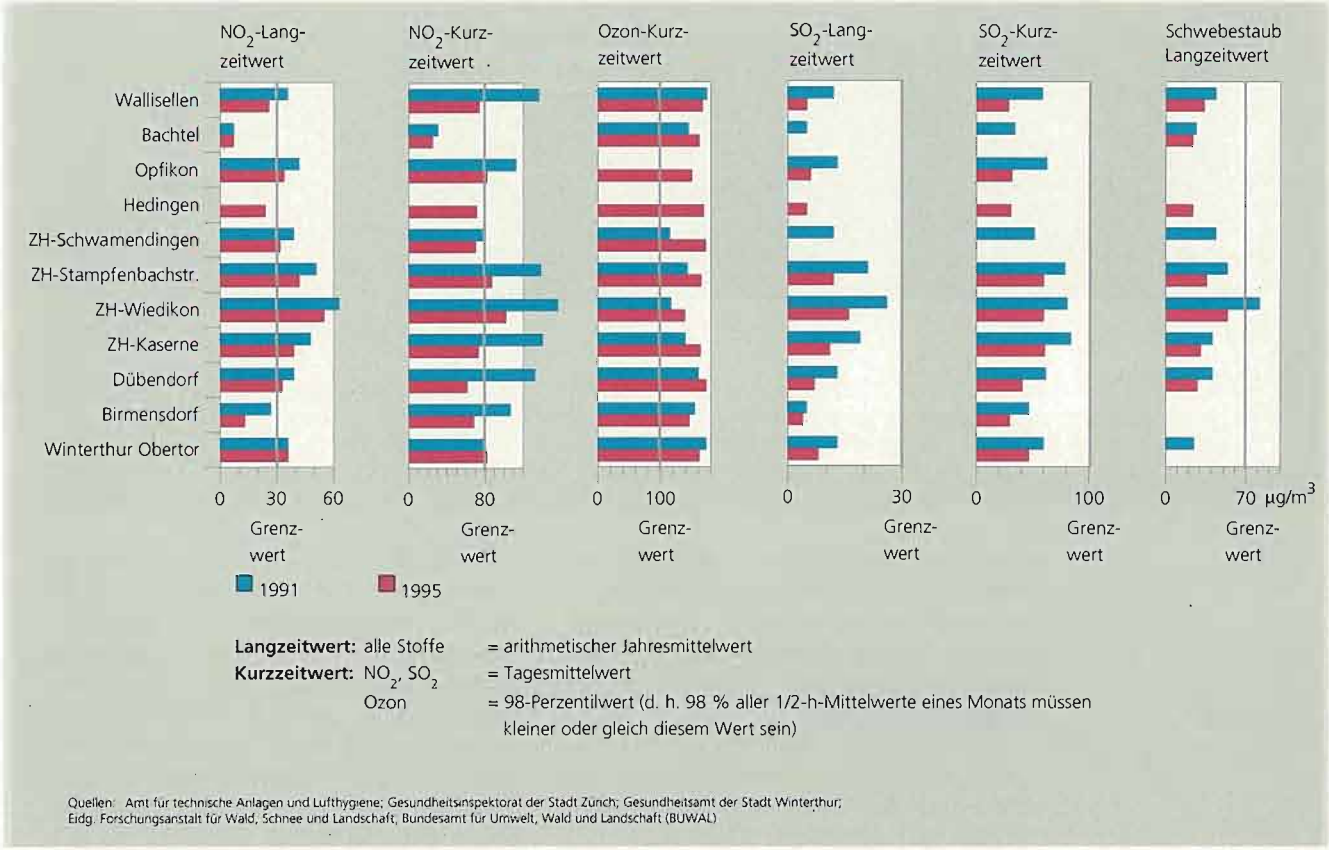
Im Kanton Zürich wird die Schadstoffbelastung der Luft mit einem Netz von elf permanenten Messstellen überwacht, die durch den Bund, die beiden Städte Zürich und Winterthur sowie das kantonale Amt für technische Anlagen und Lufthygiene (ATAL) betrieben werden. Mit mobilen Stationen werden an verschiedenen Standorten ergänzende Messungen durchgeführt. Die Messungen umfassen diejenigen Luftschadstoffe, für die in der LRV verbindliche Grenzwerte vorliegen. Zur Beobachtung der Schwebestaubbelastungen und der Deposition von Schadstoffen werden zusätzliche Messgeräte eingesetzt.

Das Messnetz für die Luftschadstoff-Immissionen im Kanton Zürich hat seine Schwerpunkte in den lufthygienisch belasteten Gebieten der Städte und der Agglomerationen. Diese sind identisch mit den am dichtesten bevölkerten Gebieten, so dass die Messungen auch die Betroffenheit der Bevölkerung mitberücksichtigen. Die Standorte der Messstellen sind so gewählt, dass sich die Einflüsse einzelner Verursachergruppen beziehungsweise die Wirkung getroffener Massnahmen in diesen Bereichen beobachten lassen. Nebst den gesetzlich vorgeschriebenen Messungen von SO_2, NO_2, O_3, CO, Schwebestaub, Staubniederschlag werden in den projektorientierten Messungen weitere Schadstoffe erfasst, welche direkt (Benzol, PAH) oder indirekt (VOC) toxisch sind oder schädliche Einträge in den Boden (z. B. Salpetersäure) bewirken.

Immissionsmesswerte: Übersicht

Insgesamt ist seit 1991 ein Rückgang der Schadstoffbelastung festzustellen (Abb. 65). Von den 18 Grenzwerten der LRV wurden 1995 deren 12 eingehalten, 1991 waren es erst sieben und 1986 fünf. Nach wie vor sind die Ozon-Grenzwerte an allen Standorten überschritten. An stark verkehrsexponierten Standorten sind auch die NO_2-Grenzwerte für Jahres- und Tagesmittel nicht eingehalten.

Abb. 65
Immissionsmesswerte 1991 und 1995



Stickstoffdioxidbelastung (NO_2)

Stickoxide (NOx = NO+NO_2) entstehen bei Verbrennungsprozessen in Motoren, Feuerungen und bei der Abfallverbrennung. Dabei wird hauptsächlich Stickstoffmonoxid (NO) produziert. Immissionswirksam wird die oxidierte Form Stickstoffdioxid (NO_2). Dessen Konzentration in der Luft hat in den letzten Jahren stetig abgenommen, seit 1986 um rund einen Drittel. Trotzdem wurde der Langzeitwert der LRV an mehreren städtischen und verkehrsnahen Standorten auch 1995 überschritten, im Jahresmittel um 20 % (Zentrum Winterthur) bis 80 % (Zürich-Wiedikon). In ländlichen Gebieten sowie in den Agglomerationen und vielen Wohngebieten von Winterthur und Zürich werden die Grenzwerte eingehalten.

Die NO_2-Belastung ist seit Ende der achtziger Jahre rückläufig (vgl. Abb. 66). Nach anfänglich deutlichem Abnahmetrend an allen Messstationen verlaufen die Belastungskurven seit ca. 1993 flacher. Besonders deutlich kommt dies an der innerstädtischen Messstation Zürich-Wiedikon zum Ausdruck. Die Situation wird dort zunehmend von den schweren Nutzfahrzeugen geprägt, deren Emissionen wesentlich langsamer und schwächer abnehmen als jene anderer Verursacher.

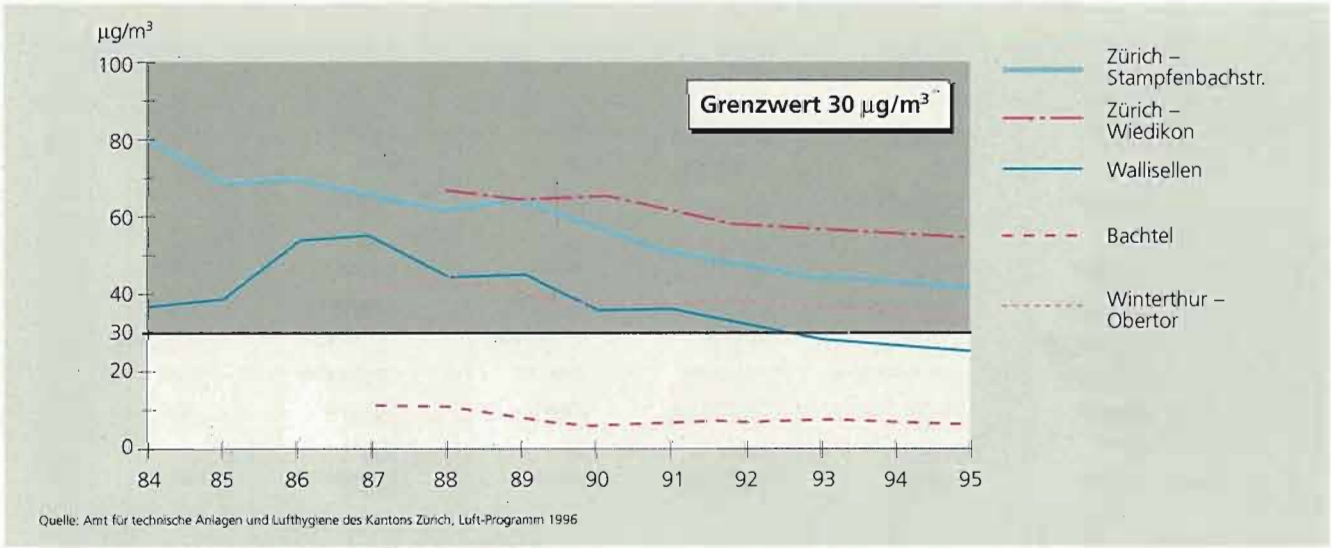
Der Rückgang der Stickoxidimmission (NOx) entspricht im Mittel ungefähr der Minderung der Emissionen und ist hauptsächlich auf technische Massnahmen zurückzuführen wie den Katalysator für Personenwagen und die Ausrüstung von Kehrichtverbrennungsanlagen und Feuerungen mit Entstickung oder Low-NOx-Technik. Einen weiteren Beitrag liefert der vermehrte Einsatz von Fernwärme und Erdgas für die Wärmeversorgung.

Ergänzt werden die Immissionsmessungen für NO_2 durch Immissionsmodellierungen (vgl. Karte 17, Seite 132). Dabei werden aufgrund von Kenntnissen über die Menge und die räumliche Verteilung der Schadstoffemissionen die erwarteten Immissionswerte flächendeckend errechnet. Durch Veränderung der zugrundeliegenden Emissionsangaben können auch verschiedene Szenarien (z. B. Prognosen) berechnet werden. Die Immissionsmesswerte werden zur Kalibration des Modells (empirischer Zusammenhang) herangezogen.

Ozonbelastung (O_3)

Ozon ist der wichtigste Bestandteil des Sommersmogs. Das aggressive Gas bildet sich unter Einwirkung des Sonnenlichts aus Luftsauerstoff. Die Anwesenheit von sogenannten Vorläuferschadstoffen, wie Stickoxiden (NOx) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), spielt bei diesem Prozess eine wichtige Rolle und ist massgebend für die Höhe der Ozonkonzentrationen. Nach Sonnenuntergang tragen Stickoxide allerdings auch zum Ozonabbau bei. In den städtischen Gebieten, wo NOx

Abb. 66
NO_2-Immissionen: Verlauf der Jahresmittelwerte 1984 –1995



Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich, Luft-Programm 1996

Immissionen

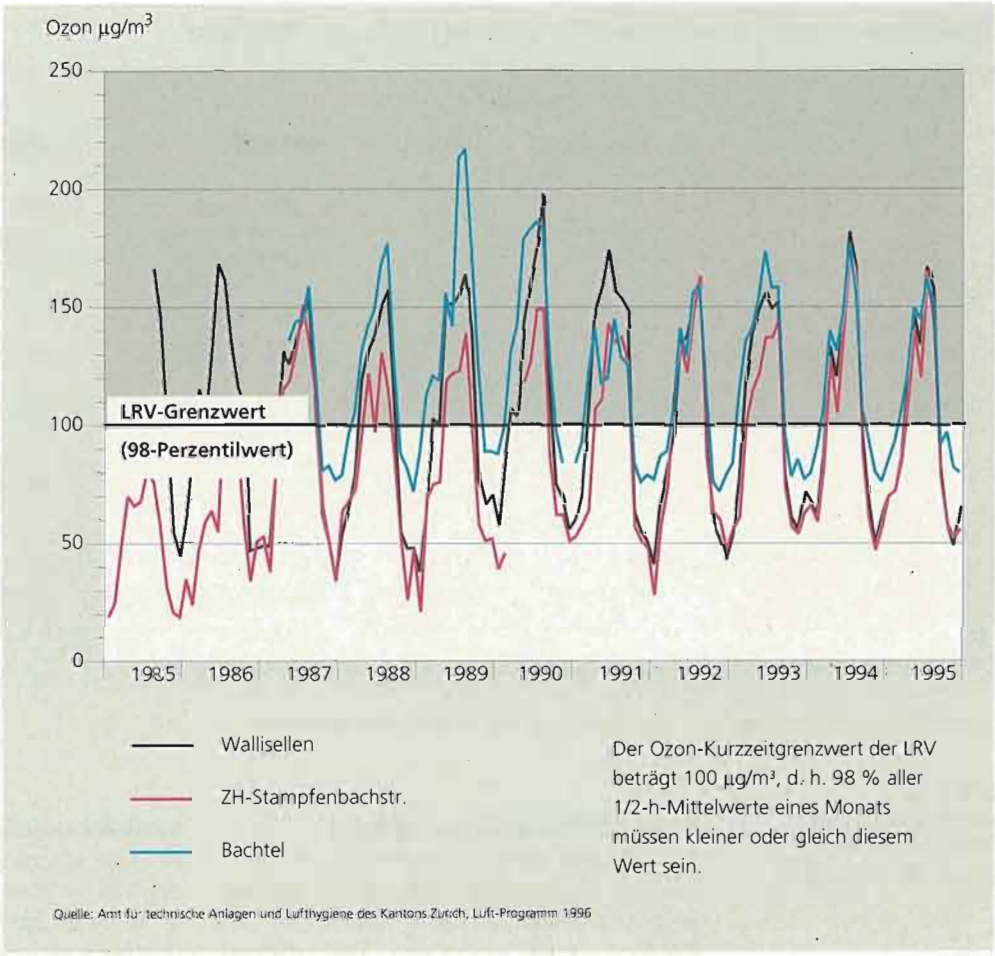


Abb. 67
Ozon-Immissionen: Verlauf der Ozon-Kurzzeitwerte (98-Perzentilwerte eines Monats)

im Übermass vorhanden sind, werden die Ozonwerte nachts merklich reduziert. In ländlichen Gebieten ist dagegen nur ein geringfügiger Rückgang zu verzeichnen, so dass die Ozonbelastung während sommerlicher Schönwetterperioden über Tage hinweg kontinuierlich hoch bleibt.

Die Ozonbelastung ist in den Hochsommermonaten nach wie vor im ganzen Kanton zu hoch. Ein Vergleich der letzten zehn Jahre zeigt, dass sich die Ozonbelastung, abgesehen von den jährlichen wetterbedingten Schwankungen, nicht grundlegend verändert hat. In der Stadtluft haben die Konzentrationen zugenommen, auf dem Land gingen die Spitzenwerte leicht zurück. Die Belastung hat sich also vom verkehrsfernen, abgelegenen Umland in Richtung dichtbesiedelte Stadt verschoben. Somit sind heute mehr Menschen hohen Belastungen ausgesetzt.

Im Rahmen des nationalen Forschungsprogrammes Pollumet (Air Pollution and Meteorology in Switzerland) wurden die Entstehungsmechanismen des Sommersmogs intensiv untersucht mit dem Ziel, Entscheidungsgrundlagen für lufthygienische Massnahmen zu erstellen, die eine Senkung der Belastung bewirken können. Die Studien haben gezeigt, dass der Sommersmog ein grossräumiges Problem ist, das nur durch eine dauerhafte Reduktion der Vorläuferschadstoffe NOx und VOC auf nationaler und internationaler Ebene gelöst werden kann. Lokale Massnahmen vermögen zwar die höchsten Spitzenwerte der Belastung zu reduzieren, aber auch beim vollständigen Fehlen schweizerischer Emissionen würde der Schadstoffimport zu Ozonbelastungen führen, die den Grenzwert deutlich überschreiten.

Zusammensetzung einer sommerlichen Ozonbelastung von 200 µg/m³



Anteil absolut	Anteil relativ	Herkunft	Massnahmen
40 µg/m³	20 %	lokales Ozon, bestimmt durch Emissionen im Umkreis von 50 km	lokale, regionale und nationale
60 µg/m³	30 %	Reservoir-Ozon, bestimmt durch Emissionen im Umkreis von 200–1000 km	in Mitteleuropa
70 µg/m³	35 %	Hintergrund-Ozon, bestimmt durch gesamteuropäische Emissionen	in Gesamteuropa
30 µg/m³	15 %	natürliches Ozon	keine Massnahmen möglich

1) Maximal zulässiger 1-h-Mittelwert, dieser darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden.

Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich, Luft-Programm 1996; Pollumet-Entwurf Schlussbericht (1995)

Abb. 68
Zusammensetzung einer sommerlichen Ozonbelastung von 200 µg/m³

Schwefeldioxidbelastung (SO_2)

SO_2 entsteht bei der Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe. Die SO_2-Belastung liegt seit Jahren an allen Standorten des Kantons deutlich unter den LRV-Grenzwerten. In der Stadt Zürich enthielt die Luft 1995 noch maximal halb so viel SO_2 wie es der Jahresmittelgrenzwert der LRV (30 µg/m³) zuliesse, auf dem Land gar nur ein Fünftel dessen. Der Rückgang der Belastung um 75 % und mehr seit 1985 ist der Reduktion des Schwefelanteils in Brenn- und Treibstoffen, der Rauchgasreinigung in Kehrichtverbrennungsanlagen, dem steigenden Anteil von Fernwärme und der Verwendung von Erdgas bei der Wärmeerzeugung zuzuschreiben.

Kohlenmonoxidbelastung (CO)

Jede ungünstig oder schlecht verlaufende Verbrennung erzeugt Kohlenmonoxid. Dank der Einführung strengerer Abgasvorschriften und technischer Verbesserungen bei Feuerungen hat sich die CO-Belastung in den letzten Jahren massiv reduziert. Der höchste 1995 gemessene Tagesmittelwert entspricht weniger als 40 % der nach LRV zulässigen Belastung von 8 mg/m³.

Schwebestaubimmissionen

An den städtischen Messstationen war in den letzten fünf Jahren eine Abnahme der Schwebestaubbelastung um etwa einen Drittel zu verzeichnen, an ländlichen Standorten wurde praktisch keine Veränderung festgestellt. Der Immissionsgrenzwert wird heute im ganzen Kanton eingehalten, seit 1992 auch an stark verkehrsexponierten Standorten. Stark rückläufig war in den letzten Jahren der Bleianteil im Schwebestaub. Die heute gefundenen Werte haben seit 1991 um den Faktor 2 bis 3 abgenommen und liegen weit unter dem Grenzwert. Dies trifft auch auf den Cadmiumanteil zu, wenngleich die Abnahme weniger ausgeprägt verlief. Ursachen für diesen Rückgang sind die Verwendung von unverbleitem Benzin, die eingeschränkte Produktion und Verwendung von Cadmium und die Ausrüstung der Kehrichtverbrennungsanlagen mit Rauchgasreinigungen.

Neuere Forschungsresultate (vgl. Abschnitt Auswirkungen auf die Gesundheit) zeigen, dass in Zukunft dem feinsten Anteil des Schwebestaubes (PM10) besondere Beachtung zukommen muss. Diese Feinstäube sind aufgrund ihrer geringen Parti-

kelgrösse (≤ 10 µm) lungengängig und somit gesundheitlich besonders relevant. Messungen werden seit 1996 durchgeführt, die Einführung eines LRV-Immissionsgrenzwertes für diesen Parameter wird auf Bundesebene diskutiert.

Depositionsbelastungen

Bei den Depositionsuntersuchungen an den beiden Messstandorten Wallisellen und Bachtel geht es um die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Luft und Boden. Dabei interessiert, welche Stoffe aus der Luft durch Niederschläge, die Schwerkraft oder Auskämmung an Hindernissen (z. B. Bäumen) in den Boden eingebracht werden und diesen bzw. die Vegetation beeinträchtigen. Dazu werden die Inhaltsstoffe des Regens (Säuregrad) analysiert, der Gehalt an Stickstoffkomponenten in der Atmosphäre bestimmt, der Eintrag von Stickstoffverbindungen in trockenem, nassem sowie gasförmigem Zustand und der Eintrag von Schwermetallen in trockenem sowie nassem Zustand abgeschätzt. Seit Messbeginn 1988 reduzierte sich der Eintrag von Säure um rund 50 %, von Ammonium und Sulfat um 20 % und von Chlorid um 70 %. Der Nitrateintrag blieb unverändert. Die Nass- und Trockendeposition von Blei und Cadmium hat an den beiden Standorten Wallisellen und Bachtel um mindestens die Hälfte abgenommen. Die Gesamtdeposition (nass und trocken) von Zink blieb unverändert. Die LRV-Grenzwerte für die Summe der nass und trocken deponierten Schwermetalle werden klar eingehalten.

Der für naturnahe Ökosysteme problematische Eintrag von atmosphärischem Stickstoff überschreitet die kritischen Werte der UN-ECE (Wirtschaftskommission der Vereinigten Nationen für Europa) an beiden Messstandorten. Einen wesentlichen Beitrag dazu liefert das zu 90 % aus der Landwirtschaft stammende Ammoniak. Die Bedeutung von Stickstoffemissionen aus dem Verkehr liegt in der gleichen Grössenordnung.

Kohlenwasserstoff-Belastungen (VOC, PAH)

Am Standort Kasernenhof Zürich betrug der Jahresmittelwert für das kanzerogene Benzol (Oktober 1993 bis September 1994) 3,1 µg/m^3. Dies liegt im selben Bereich wie die Konzentrationen, welche die EMPA in Dübendorf gemessen hat. Stichprobenmes-

	Belastung			Trend
Schadstoff	**Stadt**	**Umland**	**Land**	
Ozon	●	●	●	⟺
NO_2	●	⊙	○	↘⇨
SO_2	○	○	○	↘⇨
CO	○	○	○	⟺
Staubniederschlag	○	○	○	↘
Blei im Staubniederschlag	○	○	○	↘
Zink im Staubniederschlag	○	○	○	↘
Cadmium im Staubniederschlag	○	○	○	↘
Schwebestaub	○	○	○	↘
Blei im Schwebestaub	○	○	○	↘
Cadmium im Schwebestaub	○	○	○	↘

Legende: ○ Immissions-Grenzwert eingehalten
⊙ IGW teilweise überschritten
● IGW häufig/stark überschritten
⟺ uneinheitlich
↘⇨ leicht sinkend
↘ deutlich sinkend

Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene, Luft-Programm 1996

Tab. 7
Summarische Beurteilung der aktuellen Luftschadstoffbelastung in den drei wichtigsten geografischen Räumen und Aussage zur mittelfristigen Entwicklung

sungen des Amtes für Gesundheit und Umwelt der Stadt Zürich ergaben an stärker verkehrsbelasteten Standorten in Zürich Monatsmittel bis 10 µg/m³. In der Schweiz existieren keine Grenzwerte für Benzol. Die gefundenen Konzentrationen liegen aber im Bereich des in Deutschland ab 1. Juli 1998 gültigen Prüfwertes von 10 µg/m³.

Die von Februar 1994 bis Januar 1995 gemessenen PAH-Immissionen (polyzyklische Kohlenwasserstoffe) an den Standorten Kasernenhof Zürich und Wallisellen zeigten sehr ähnliche Zusammensetzungen und Konzentrationen. Diese entsprechen rund zwei Dritteln der Konzentrationen, die an stark verkehrsexponierten Standorten wie dem Löwenplatz in Luzern oder der Feldbergstrasse in Basel festgestellt wurden und sind vier- bis fünfmal höher als Immissionswerte, die auf dem Hagen (SH), weit weg von Emissionsquellen, gemessen wurden.

Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen

Die Zusammenhänge zwischen Luftverschmutzung und Atemwegserkrankungen bei Erwachsenen wurden im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 26 (Mensch, Gesundheit, Umwelt) zwischen 1991 und 1993 unter dem Namen SAPALDIA (Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults) untersucht. An acht Standorten in der Schweiz wurden dabei insgesamt 12'000 Personen untersucht. Im Kanton Zürich nahmen Personen aus den Gemein-den Wald und Dürnten teil. Eine ähnliche Studie über den Einfluss von Luftqualität, Klima und Pollen auf Atemwegserkrankungen und Allergien bei Schulkindern (SCARPOL – Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with Re-spect to Air Pollution, Climate and Pollen) wurde im Schuljahr 1992/1993 mit über 4000 Kindern in der Schweiz durchgeführt. Beide Studien führten im wesentlichen zu den gleichen Resultaten:

- Zwischen der Häufigkeit gewisser Atemwegserkrankungen und der Luftverschmutzung besteht ein direkter Zusammenhang. Mit der Zunahme der Schadstoffe Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid sinkt das Lungenvolumen. Atemnot und Anzeichen von Bronchitis treten häufiger auf. Hingegen konnte kein direkter Einfluss der Schadstoffkonzentration auf die Häufigkeit von Asthma festgestellt werden. Sicher ist aber, dass die betroffenen Personen durch die Luftverschmutzung zusätzlich belastet werden.
- Hohe Ozonspitzen führen zu gesundheitlichen Auswirkungen, langfristige Beeinträchtigungen aufgrund permanenter Belastungen sind zur Zeit nicht nachweisbar.
- Lungengängige Schwebestaubteilchen (Partikel) mit einem Durchmesser von ca. 10 µm und kleiner (PM10) sind gesundheitlich von Bedeutung. Epidemiologische Studien haben gezeigt, dass zwischen dem Ausmass der PM10-Belastung und der Auftretenshäufigkeit von Atemwegserkrankungen ein klarer Zusammenhang besteht.
- Die Aufnahmekapazität der Lunge wird bei Nichtrauchenden bereits bei einer Zunahme der langfristigen PM10-Belastung um 10 µg/m³ messbar reduziert.

Auswirkungen auf die Vegetation

Zu hohe Ozonwerte haben akut schädigende Auswirkungen auf die Vegetation. Eine neue provisorische Kenngrösse der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen (UN-ECE) erlaubt es, die Beeinträchtigung der Wachstumsrate – bzw. die Ertragseinbusse, sofern es sich um Nutzpflanzen handelt – in Abhängigkeit der Ozonbelastung der Aussenluft abzuschätzen.

Aufgrund der im Kanton Zürich herrschenden Ozonbelastung wurden auf der Basis der obigen Methode Ertragseinbussen von bis zu 20 % für Weizen und Wald berechnet. Die entsprechenden Abschätzun-

gen für die ausgesprochen ländlich gelegene Messstation Bachtel zeigen noch höhere Einbussen. Die errechneten Verluste sind je nach Messstandort stark unterschiedlich und schwanken zudem von Jahr zu Jahr in Abhängigkeit der Witterung. Die Ergebnisse der Waldschadenerhebungen werden im Kapitel Waldnutzung dargestellt.

Kosten der Luftverschmutzung

Die Kosten der Luftverschmutzung im Kanton Zürich wurden 1996 neu ermittelt. Berücksichtigt wurden die Schadenwirkungen der Luftschadstoffe NOx, VOC, SO_2, Ammoniak und Partikel. Die resultierenden Zahlen zeigen eine grosse Bandbreite, die auf Unsicherheiten in den grundlegenden Annahmen zurückgehen.

Genauere Ergebnisse sind mit dem heutigen Stand des Wissens nicht möglich. Dennoch zeigen die Resultate, dass die negativen Folgen der Luftverschmutzung beachtlich sind. Insgesamt liegen die Kosten der Luftverschmutzung 1995 bei rund 300 bis 800 Millionen Franken. Dabei handelt es sich um eine eher vorsichtige Schätzung, da nur der zurzeit monetarisierbare Teil der effektiven Schäden und Kosten berücksichtigt worden ist. Tab. 8 zeigt, in welchen Bereichen die Kosten anfallen. Diese Kosten können auf die übermässigen Emissionen im Kanton Zürich umgelegt werden. Daraus resultieren Emissionszuschläge, die für den Ausstoss eines Kilogramms Schadstoff erhoben werden müssten, damit die entstehenden allgemeinen Kosten gedeckt wären. Der Zuschlag variiert nach Schadstoff und nach Saison. So würde ein Kilogramm NOx-Emission im Winter 15 bis 40 Franken kosten, im Sommer hingegen 30 bis 80 Franken. Aufgrund ihres NOx-Ausstosses von rund 3 kg pro Jahr würde somit eine technisch optimierte Heizung eines durchschnittlichen Einfamilienhauses zu externen Kosten von 45 bis 120 Franken pro Jahr führen. Die von einem Pendlerparkplatz mit rund 7,5 kg NOx-Emission pro Jahr induzierten Kosten beliefen sich auf rund 170 bis 450 Franken, und für die rund 30 kg NOx-Emissionen eines Parkplatzes in einem Einkaufszentrum wären 675 bis 1800 Franken zu veranschlagen.

	Summe in Mio Fr./Jahr
Ertragsverluste Landwirtschaft (ohne Subventionen)	**4 – 8**
Gebäudeschäden: – Anteil Kapitalkosten 160 – 300 – Anteil Reinigungskosten 60 –100	**220 – 400**
Waldschäden: – Anteil der Emissionen aus der Landwirtschaft 20 – 30	**30 –50**
Gesundheitskosten	**60 – 340**
Total (gerundet)	**300 – 800**

Tab. 8
Kosten der Luftverschmutzung

Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich, Luft-Programm 1996

Luftreinhaltestrategie

Rechtliche Grundlagen

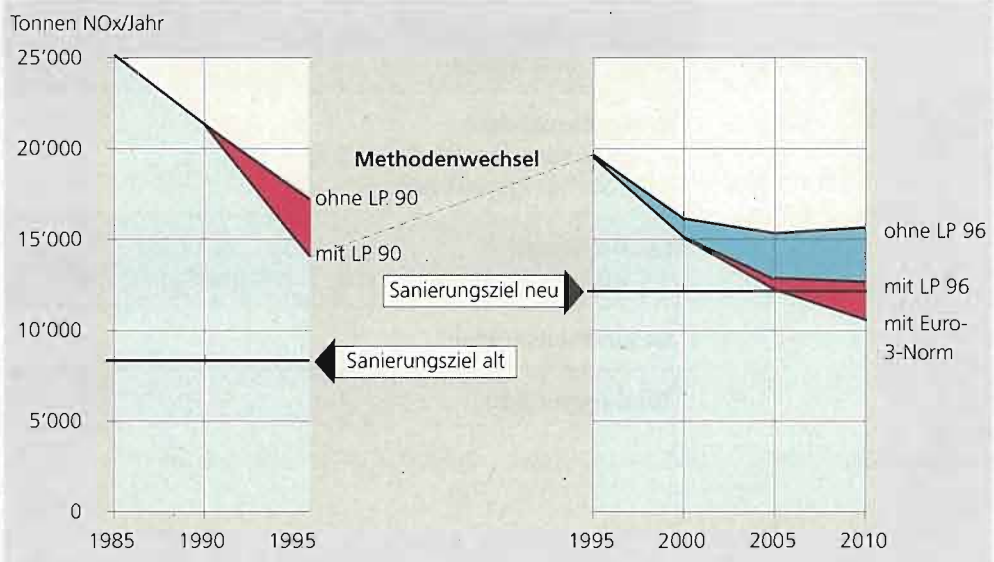
Zentrales rechtliches Instrument im Bereich der Lufthygiene ist die LRV. Deren Ziel ist der Schutz von Menschen, Tieren, Pflanzen, ihrer Lebensgemeinschaften und Lebensräume sowie des Bodens vor lästigen und schädlichen Luftverunreinigungen. Dies soll in einer ersten Stufe durch die Vermeidung von Luftschadstoff-Emissionen (Vorsorgeprinzip) erreicht werden. Dafür sieht die LRV vorsorgliche Emissionsbegrenzungen für stationäre Anlagen vor, die entsprechend dem Stand der Technik und der wirtschaftlichen Tragbarkeit festgelegt sind. Die Emissionsbegrenzungen für mobile Anlagen (Motorfahrzeuge) sind im Verordnungsrecht zum Strassenverkehrsgesetz geregelt.

Wenn die Immissionsgrenzwerte überschritten sind, haben die Kantone verschärfte Emissionsbegrenzungen im Rahmen einer alle Quellgruppen umfassenden Massnahmenplanung anzuordnen. Diese Aufgabe hat der Kanton Zürich mit dem vom Regierungsrat beschlossenen Luft-Programm (1990) und den Folgebeschlüssen betreffend Massnahmen zur Reduktion der Ozon-Spitzenwerte (1991), den Teilmassnahmenplänen Feuerungen (1992) und Flughafen (1992) sowie dem Teilmassnahmenplan VOC (1993) wahrgenommen. Da die Massnahmen aber nicht ausreichten, um die Schadstoffbelastung der Luft auf die Immissionsgrenzwerte der LRV zu senken, wurde das Luft-Programm aktualisiert und im Juni 1996 vom Regierungsrat neu beschlossen. Es ersetzt alle bisherigen die Massnahmenplanung betreffenden Beschlüsse.

Erfolgskontrolle des Luft-Programms 1990

Aufgrund des Luft-Programms 1990 konnten bis 1995 die NOx-Emissionen im Kanton Zürich um rund 2200 t/Jahr gesenkt werden. Dies stellt etwa 50 % des damals ausgewiesenen Potentials dar. Etwa 40 % der Feuerungen, darunter vor allem grössere Anlagen, sind bereits auf Low-NOx-Technik umgestellt. Die Sanierung der Kehrichtverbrennungsanlagen ist abgeschlossen. Gewisse Massnahmen konnten nicht in der vorgesehenen Form realisiert werden oder wurden durch Rekurse verzögert. Betroffen sind davon insbesondere Massnahmen zur Geschwindigkeitsreduktion auf Nationalstrassen, bei denen die Rekursentscheide noch ausstehend sind. Aber auch die Reduktionswirkung der Massnahmenpakete Personenverkehr und Güterverkehr blieb um etwa einen Drittel unter den Erwartungen.

Die Sanierungswirkung bei den VOC aufgrund des Luft-Programmes 1990 beträgt bis 1995 rund 5900 Tonnen VOC. Dies entspricht in der Summe etwa dem damals



Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene, Luft-Programm 1996

Abb. 69
Verlauf der NOx-Emissionen 1985–2010

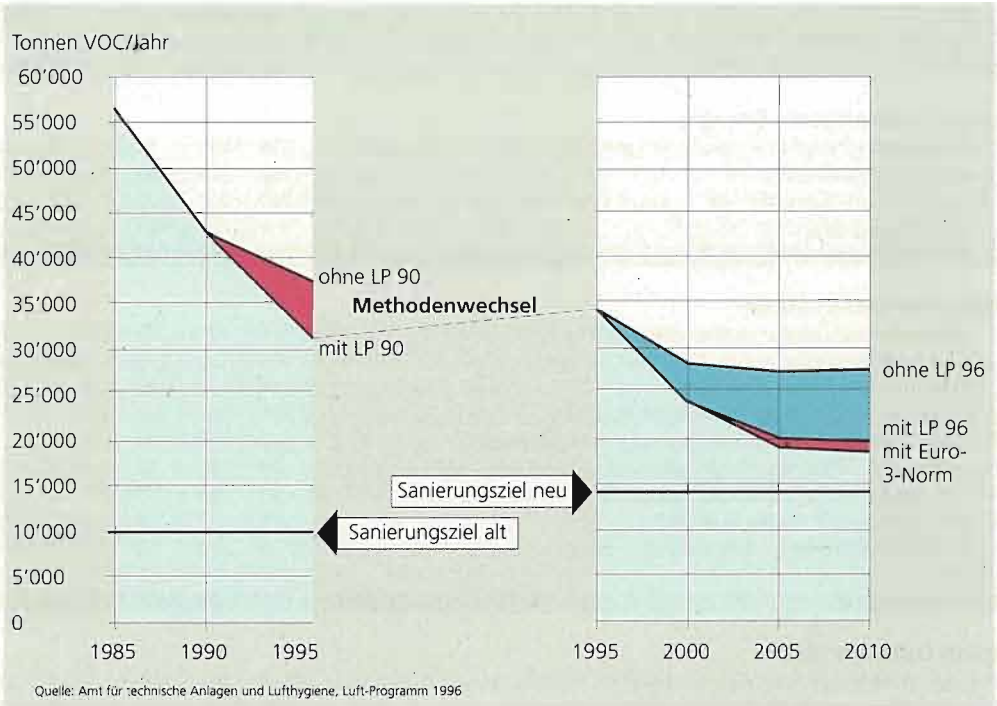
Luftreinhaltestrategie

		NOx (t/Jahr)			VOC (t/Jahr)			Andere Stoffe (t/Jahr)		
		2000	2005	2010	2000	2005	2010	2000	2005	2010
Teilplan Feuerungen / Energie										
F1	Ergänzende und verschärfte Emissionsbegrenzungen für Feuerungsanlagen	175	40	40	50	100	100			
F2	Rationelle Energienutzung	100	200	300	*	*	*			
F3	Begrenzung des Stickstoffgehaltes im Heizöl 'Extra leicht'	200	200	200	*	*	*			
F4	CO_2-/Energieabgabe	0	100	120	0	10	15			
	** Wirkung Teilplan	380	430	530	40	90	90			
Teilplan Personenverkehr								Benzol		
PV1	Flankierende Massnahmen zu Strassenbauprojekten		40	200		5	25			
PV2	Parkraumbewirtschaftung	170	130	130	50	30	30			
PV3	Bewirtschaftung des Strassennetzes	30	30	30	20	20	20			
PV4	Geschwindigkeitsreduktion auf Nationalstrassen	110	90	90	2	2	3			
PV5	Abgas-Stichprobenmessungen an vorbeifahrenden Fahrzeugen	50	50	50	15	15	15			
PV6	Verbesserung der OeV-Erschliessung des Flughafens	20	65	60	5	16	15			
PV7	Abstimmung der Siedlungsentwicklung auf die OeV-Erschliessung	25	50	75	5	10	15			
PV8	Senkung des Benzolgehaltes im Benzin	*	*	*				200	250	300
PV9	Geschwindigkeitsreduktion auf Quartierstrassen	8	5	5	–2	–2	–2			
PV10	Park+Ride-Konzept	10	7	6	5	4	3			
	** Wirkung Teilplan	300	330	450	70	70	90	200	250	300
Teilplan Güterverkehr								Dieselruss-Partikel		
GV1	Emissionsabhängige Schwerverkehrsabgabe	150	400	500	55	145	180			
GV2	Förderung emissionsarmer Bus- und Lastwagenflotten	165	480	825	20	60	105			
GV3	Emissionsbegrenzungen bei Baumaschinen, Landwirtschafts- und Spezialfahrzeugen	100	250	450				300	350	400
GV4	Emissionsauflagen für Grossbaustellen und Dauerlieferungen	80	70	60						
GV5	Förderung des Güterverkehrs mit der Bahn	60	160	210	10	20	35			
	** Wirkung Teilplan	390	950	1430	60	160	220	300	350	400
Teilplan Flughafen										
L1	Emissionsabgaben für Flugzeuge	80	410	470						
L2	Erhöhung des OeV-Anteils am landseitigen Verkehr	20	65	60	5	16	15			
	** Wirkung Teilplan	80	410	470	0	0	0			
Teilplan Industrie und Gewerbe										
I 1	Festsetzung der Lenkungsabgabe auf flüchtige organische Verbindungen	*	*	*	1000	2500	2500			
I 2	Reduktion von VOC-Emissionen in Betrieben	*	*	*	2000	2500	2500			
I 3	Reduktion der Lösemittelemissionen bei Reinigungsarbeiten	*	*	*	400	400	400			
I 4	Emissionsreduktion bei Strassenbelagsarbeiten	*	*	*	10	50	50			
I 5	Verwendung umweltverträglicher Verfahren und Mittel für den Oberflächenschutz	*	*	*	0	150	200			
I 6	Gasdichtes Lager- und Verteilsystem für flüchtige organische Verbindungen (VOC)	*	*	*	130	200	200			
I 7	Vollzugskonzepte für Industrie- und Gewerbebetriebe	*	*	*	150	1450	2000			
	** Wirkung Teilplan	*	*	*	3500	7000	7500			
Weitere Massnahmen								Ammoniak		
W 1	Informationskampagne	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.			
W 2	Senkung der Stickstoffemissionen aus der Landwirtschaft	*	*	*	*	*	*	800	1600	2600
W 3	Luftreinhalte-Massnahmen in den Gemeinden	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.			
W 4	Staatliche Bürgschaften für Luftreinhalte-Investitionen	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.			
	** Wirkung Teilplan	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.	n. q.	800	1600	2600

Quelle: Zürcher UmweltPraxis, Nr. 10, 1996

Tab. 9
Übersicht und Reduktionspotentiale der Massnahmenteilpläne des Luft-Programms 1996

n.q. Quantifizierung nur im Einzelfall möglich.
* Keine oder sehr geringe Wirkung.
** Aufgrund von Synergieeffekten entspricht der Teilplan nicht der Summe der Einzelmassnahmen.



Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene, Luft-Programm 1996

Abb. 70
Verlauf der VOC-Emissionen 1985–2010

vorgegebenen Zielwert, obwohl auch hier gewisse Massnahmen verzögert oder abgelehnt wurden.

Das neue Luft-Programm 1996 des Kantons Zürich

Das 1996 aktualisierte Zürcher Luft-Programm enthält 32 Massnahmen, die verschiedenen Massnahmenteilplänen zugeordnet werden. Ausser beim Teilplan Industrie und Gewerbe, der die VOC-Reduktion zum Ziel hat, sind die Massnahmen primär auf die Reduktion der NOx-Emissionen ausgerichtet. Viele dieser Massnahmen bewirken aber gleichzeitig auch eine Reduktion der Emissionen von VOC, weiteren Schadstoffen sowie CO_2.

Neuberechnungen aufgrund verbesserter Emissionsgrundlagen und der Berücksichtigung bisher vernachlässigter Emissionsquellen (z. B. Baumaschinen und Landwirtschaftsfahrzeuge) haben insgesamt höhere Emissionen ergeben. Es zeigte sich, dass die NOx-Emissionen gegenüber dem Stand 1995 um rund 7000 t/Jahr auf etwa 12'000 t/Jahr reduziert werden müssen, damit die Immissionsgrenzwerte der LRV im Kanton Zürich – abgesehen von einigen extrem stark verkehrsbelasteten Strecken – flächendeckend eingehalten werden können. Um das Sanierungsziel von 14'000 t/Jahr bei den VOC zu erreichen, bestand 1995 ein Sanierungsbedarf von rund 20'000 t/Jahr.

Bei den Stickoxidemissionen rückt das Sanierungsziel bis zum Jahr 2010 in Reichweite. Unter Berücksichtigung der für das Jahr 2001 vorgesehenen Einführung der verschärften europäischen Abgasnorm Euro-3 für PW und Lastwagen könnte das Sanierungsziel mindestens fünf Jahre früher erreicht werden. Für die Regelung der Abgasnormen ist der Bund zuständig.

Bei den VOC wird das Sanierungsziel auch im Jahr 2010 um ca. 6000 t/Jahr verfehlt. Der Effekt der verschärften Abgasnorm für Fahrzeuge ist geringer als bei den Stickoxiden, da der Verkehr nach heutiger Einschätzung nur einen kleinen Teil zu den gesamten VOC-Emissionen beiträgt. Um das Sanierungsziel zu erreichen, sind weitere Anstrengungen nötig.

Saubere Luft in Sicht?

Für die Zukunft wird ein weiterer leichter Rückgang der NO_2-Belastung auch in den Städten und entlang verkehrsreicher Strassen erwartet. Bei vollständiger Umsetzung des aktualisierten Luft-Programms wird der LRV-Grenzwert im Jahr 2005 im ganzen Kanton – auch auf dem Gebiet der Stadt

Zürich – grösstenteils eingehalten werden. Bis 2010 wird sich die übermässige NO_2-Belastung aufgrund des Luft-Programms und der zu erwartenden Einführung verschärfter Abgasgrenzwerte für Motorfahrzeuge auf einige stark verkehrsbelastete, neuralgische Punkte beschränken. Bei der Ozonbelastung muss weiterhin mit zu hohen Werten gerechnet werden. Da es sich bei der Ozonbildung um ein grossräumiges Problem handelt, müssen die Vorläuferschadstoffe NOx und VOC gesamteuropäisch massiv gesenkt werden. Zentrale Bedeutung kommt hierbei der Umsetzung der Genfer Konvention von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverschmutzung und deren Zusatzprotokolle zu.

Abbildung 71 zeigt für den Zeitraum 1995–2010 den Anteil der Bevölkerung, der mit vollständiger respektive ohne Realisierung des Luft-Programms 1996 am Wohnort im Jahresmittel übermässigen NO_2-Belastungen ausgesetzt ist.

Saubere Luft kostet weniger als verschmutzte

Werden den Folgekosten der Luftverschmutzung (vgl. Tab. 8) die Kosten der Massnahmen des Luft-Programms 1996 gegenübergestellt, zeigt sich folgendes: 14 von 26 Massnahmen kosten eindeutig weniger als der vermiedene Schaden, bei weiteren 7 halten sich die beiden Kostensätze ungefähr die Waage. Die übrigen Massnahmen haben nicht primär lufthygienische Zielsetzungen und wirken sich deshalb vor allem in Bereichen aus, die im vorliegenden Vergleich nicht berücksichtigt werden konnten. Insgesamt stehen quantifizierbaren Jahreskosten von rund 200 Millionen Franken vermiedene externe Kosten von 200 – 500 Millionen Franken gegenüber. Das Luft-Programm 1996 weist also eine ausgeglichene bis positive Bilanz auf und ist damit kostengünstiger als der bisherige Massnahmenplan, der noch mit Mehrkosten von 100 Franken pro Einwohner und Jahr gerechnet hatte.

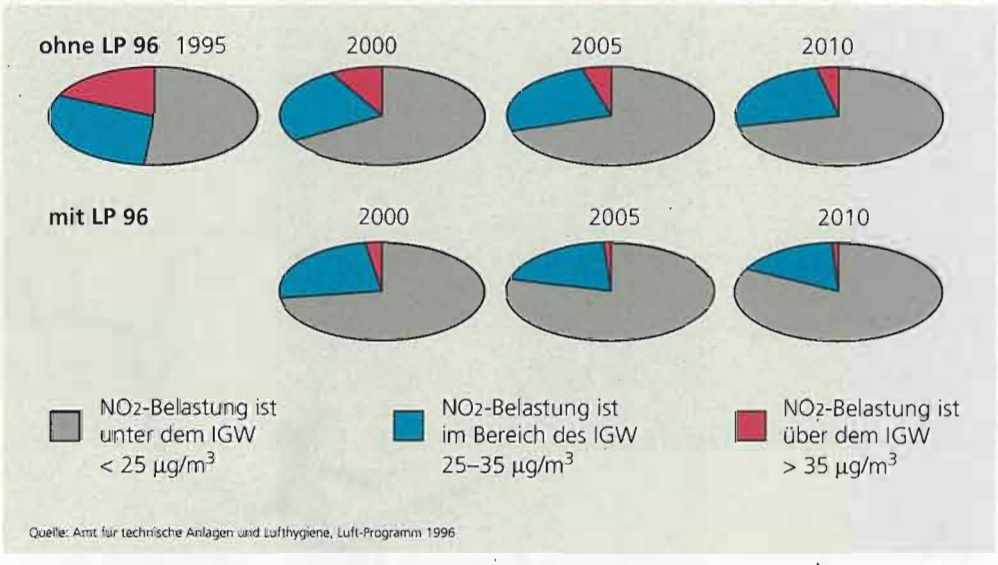
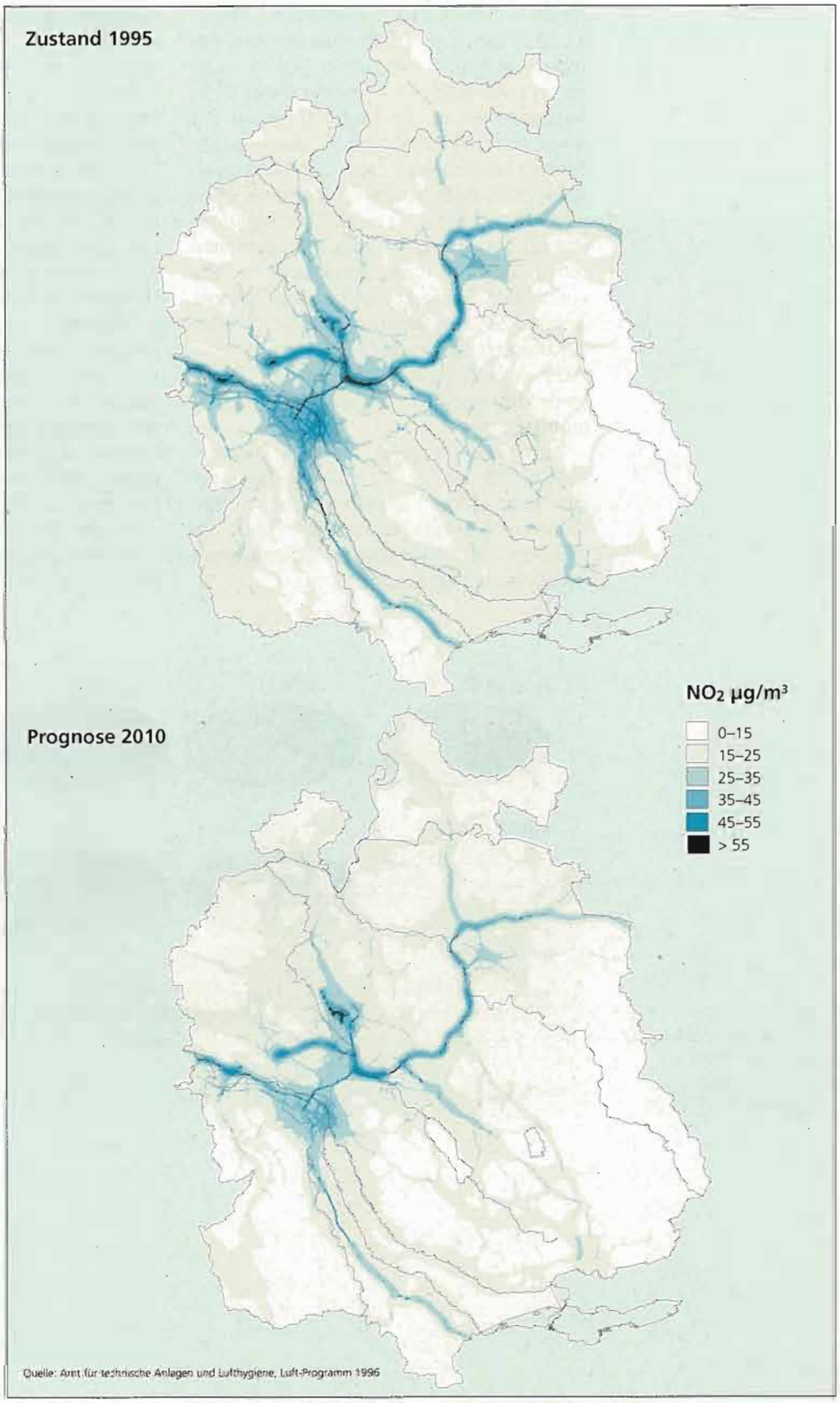


Abb. 71
Anteile der Wohnbevölkerung pro Belastungskategorie; Entwicklung mit und ohne Luft-Programm 1996 (LP 96)



Karte 17
Modellierte NO_2-Belastung im Jahresmittel 1995 und Prognose 2010 unter der Annahme der vollständigen Realisierung des Luft-Programms 1996

Luftreinhaltestrategie

Seit dem Emissionshöchststand Mitte der achtziger Jahre konnten durch den Vollzug der 1985 in Kraft gesetzten Luftreinhalte-Verordnung (LRV) bei allen Luftschadstoffen beachtliche Emissionsreduktionen realisiert werden. Dies spiegelt sich in einem Rückgang der gemessenen Schadstoffbelastung in der Umgebungsluft: Von den achtzehn Immissionsgrenzwerten der LRV wurden 1995 zwölf eingehalten, 1991 waren es erst deren sieben und 1986 fünf. Trotz deutlichem Rückgang der Belastung wird der Langzeitgrenzwert (Jahresmittelwert) von NO_2 an verkehrsexponierten Standorten nach wie vor überschritten. In ländlichen Gebieten sowie in den Agglomerationen und vielen Wohngebieten von Winterthur und Zürich sind die NO_2-Grenzwerte heute aber eingehalten. Deutlich über den Grenzwerten der LRV liegen während der Sommermonate im ganzen Kantonsgebiet noch immer die Messwerte von Ozon. Daneben gilt es, eine Reihe weiterer Stoffe (z. B. Benzol, Feinstäube) zu beachten, für die in der LRV (noch) keine Grenzwerte existieren, deren Gesundheitsgefährdung heute aber nachgewiesen ist.

Zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte der LRV müssen die Stickoxid-Emissionen gegenüber dem Stand von 1995 um weitere 30 % reduziert werden. Dies erfordert weitere Anstrengungen insbesondere im Verkehrsbereich, der zwei Drittel der Stickoxidemissionen verursacht. Je die Hälfte davon entfallen auf die Personenwagen und die Lastwagen. Letztere werden aufgrund der prognostizierten Güterverkehrszunahme und der hohen spezifischen Emissionswerte künftig zunehmende Bedeutung erlangen. Zur Reduktion der Ozonbelastung ist zusätzlich eine deutliche Verminderung der VOC-Emissionen erforderlich. Das grösste Potential liegt im Bereich Industrie und Gewerbe.

Übermässige Immissionen können die Gesundheit beeinträchtigen. Dies äussert sich typischerweise in Form brennender Augen und gereizter Schleimhäute (Ozon) oder eines erhöhten Auftretens von Atemwegserkrankungen wie chronischer Bronchitis und Atemnot (Feinstäube). Hohe Konzentrationen spezieller Substanzen (Benzol, Dieselruss) können zu Krebs führen. Auch die Vegetation wird durch hohe Luftschadstoffkonzentrationen beeinträchtigt. Der übermässige Stickstoffeintrag über die Atmosphäre belastet Wälder und naturnahe Ökosysteme durch Überdüngung, und bei Kulturpflanzen (z. B. Weizen) und Waldbäumen sind ozonbedingte Ertragseinbussen festzustellen. Alle diese Folgeerscheinungen übermässiger Luftverschmutzung führen dazu, dass im Kanton Zürich jährlich 300 bis 800 Mio. Franken externe Kosten in Form von Gebäudeschäden, Gesundheitskosten, Waldschäden und Ertragsverlusten in der Landwirtschaft anfallen.

Wie die übermässigen Immissionen – und damit deren negative Auswirkungen und Kosten – beseitigt werden sollen, hat der Kanton Zürich bereits 1990 im Massnahmenplan Lufthygiene (Luft-Programm) aufgezeigt und 1996 durch eine überarbeitete Version bekräftigt.

Bei vollständiger Umsetzung dieses Luft-Programms 1996 wird erwartet, dass die NO_2-Immissionsgrenzwerte bis zum Jahr 2005 im ganzen Kanton, mit Ausnahme von Standorten entlang stark verkehrsbelasteter Strassen, eingehalten werden. Die Anzahl der von übermässigen NO_2-Immissionen betroffenen Personen wird dannzumal noch ca. 1 % der Gesamtbevölkerung ausmachen. Keine grosse Erleichterung wird hingegen bei der hochsommerlichen Ozonbelastung erwartet, da hier nur ein gesamteuropäisches Vorgehen zum Ziel führt. Immerhin werden die gesundheitlich besonders kritischen Spitzenbelastungen über 200 µg/m³ immer seltener.

Wasser und Gewässer

Schadstoffeinträge als Gewässerschutzproblem 135
Abwasserreinigung 135
Oberflächengewässer 141
Grundwasser 154

Schadstoffeinträge als Gewässerschutzproblem

Emissionen in die Kanalisation

Täglich gelangen Zehntausende von verschiedenartigen, natürlichen und künstlichen chemischen Stoffen in die Kanalisation. Ein Teil dieser chemischen Verbindungen ist unproblematisch und kann in den Abwasserreinigungsanlagen (ARA) durch Mikroorganismen vollständig in die natürlichen Ausgangsstoffe (CO_2, Wasser) zurückgeführt werden. Andere Verbindungen widerstehen dem Abbau in den ARA mindestens teilweise. Sie verlassen die ARA unverändert und können sich in der Umwelt lokal anreichern.

Am meisten Probleme bereiten jene Verbindungen, die für Lebewesen giftig sind und gleichzeitig nur teilweise oder überhaupt nicht abgebaut werden. Massgeblich für die Belastung der ARA bzw. der Umwelt sind deshalb diejenigen Verbindungen, die in erheblichen Mengen im Abwasser anfallen und/oder deren Verhalten (Abbaubarkeit, Toxizität) in den ARA oder in der Umwelt schädlich ist.

Aus den Haushalten werden hauptsächlich Fäkalien in die Kanalisation entlassen. Durch den Gebrauch von Wasch- und Reinigungsmitteln gelangen aber auch grosse Mengen an Waschmittelbestandteilen, Seifen und Lösungsmitteln sowie weitere synthetische Substanzen, die im Haushalt verwendet werden, in die Kanalisation. In Industrie und Gewerbe sind es einzelne branchenspezifische Stoffe, die jedoch oft in grossen Mengen in die Kanalisation oder in Oberflächengewässer gelangen und einzeln oder in ihrer Gesamtheit toxisch wirken können und zudem oft schwer abbaubar sind. Da in Betrieben die problematischen Stoffe sehr spezifisch und konzentriert anfallen, ergibt sich die Möglichkeit, am Anfallort Schutzvorkehrungen zu treffen. Aufgrund der Vorschriften über die Einleitung von Abwasser in die Kanalisation (Verordnung über Abwassereinleitungen) müssen die Industrie- und Gewerbebetriebe die Einleitung von Schadstoffen in Grenzen halten. Mit entsprechendem Verhalten und mittels Vorbehandlungsanlagen müssen sie verhindern, dass übermässige Schadstoffmengen in die Kanalisation gelangen.

Abwasserreinigung

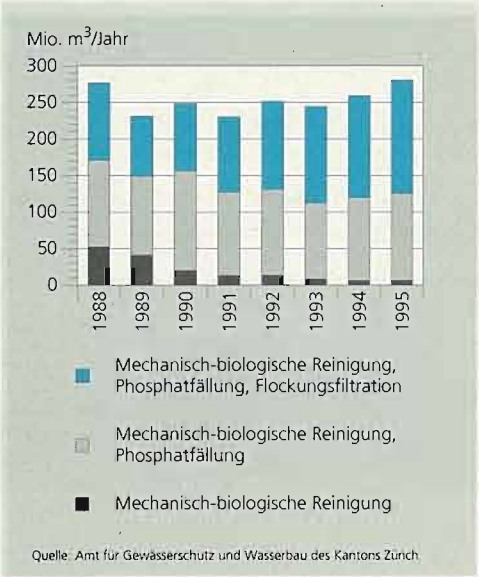


Abb. 72
Gereinigte Abwassermengen und Behandlungsarten 1988–1995

Stand der Abwasserbehandlung

In den öffentlichen ARA des Kantons Zürich wurden 1995 rund 280 Mio. m³ Abwasser (1991: 230 Mio. m³) gereinigt. Schwankungen der Abwassermengen von Jahr zu Jahr ergeben sich in erster Linie aufgrund der unterschiedlichen jährlichen Niederschlagsmengen.

Seit Jahren sind alle Anlagen mit einer mechanischen (Vorklärung) und einer biologischen Reinigungsstufe («Biologie») ausgerüstet. 1995 wurde 98 % (1991: 94 %) des gereinigten Abwassers einer Phosphatfällung unterzogen, und rund 55 % (45 %) der gesamten Abwassermenge durchlief zusätzlich eine Flockungsfiltration als vierte Reinigungsstufe (weitergehende Abwasserreinigung). Die Elimination organischer Stoffe erfolgte in über 97 % des gereinig-

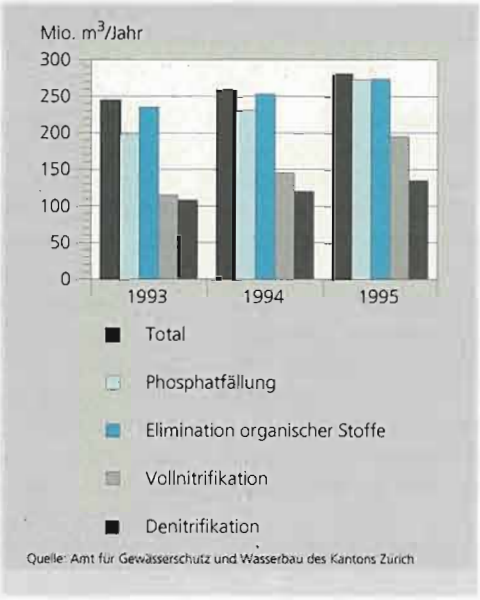


Abb. 73
Abwassermengen, die 1993 –1995 einer Phosphatfällung, Elimination organischer Stoffe, Vollnitrifikation und Denitrifikation unterzogen wurden

ten Abwassers in einem Ausmass, dass die Anforderungen an die Reinigungsleistung der ARA erfüllt wurden. Bei 70 % der gesamten im Kanton gereinigten Abwassermenge konnte ganzjährig eine Nitrifikation (Vollnitrifikation; Umwandlung von Ammonium über Nitrit zu Nitrat) festgestellt werden, und in 48 % der Gesamtmenge erfolgte zusätzlich die Umwandlung von Nitrat zu elementarem Stickstoff (Denitrifikation).

Stoffflüsse in Abwasserreinigungsanlagen

Als wichtigste Elemente fallen in den ARA Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) sowie Phosphor (P) an. Diese drei Elemente, die in zahllosen chemischen Verbindungen auftreten, zeigen in ARA völlig unterschiedliches Verhalten: Unlösliche Kohlenstoffverbindungen werden grösstenteils im Vorklärbecken ausgefällt und im Faulraum zu einem erheblichen Teil in das Biogas Methan und in Kohlendioxid (CO_2) umgewandelt. Der Hauptanteil wird in der biologischen Reinigungsstufe durch Mikroben in Kohlendioxid und Biomasse umgewandelt. Nur noch ein geringer Anteil der Kohlenstoffverbindungen, weniger als 15 %, verlässt die ARA.

Die Stickstoffverbindungen fallen vor allem als Ammoniak/Ammonium und Eiweisse an. Diese gelangen zu rund einem Drittel in den Faulschlamm. Der Rest verlässt die ARA als Ammonium oder als Nitrat.

Vor allem aus Fäkalien sowie Reinigungsmitteln wie Geschirrspülmittel, die vom Phosphatverbot nicht erfasst werden, gelangen nach wie vor Phosphate in die ARA. Diese können aus dem Abwasser eliminiert werden, indem sie durch Zusatz von Metallsalzen chemisch ausgefällt werden (3. Reinigungsstufe). Wird das Abwasser danach zusätzlich einer Flockungsfiltration (4. Reinigungsstufe) unterzogen, kann der Gehalt an Phosphorverbindungen um bis zu 98 % reduziert werden.

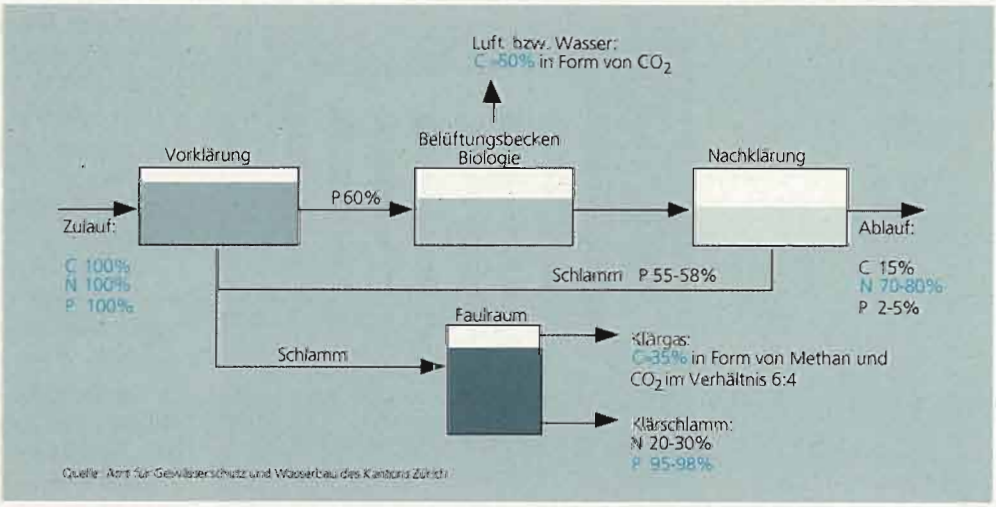
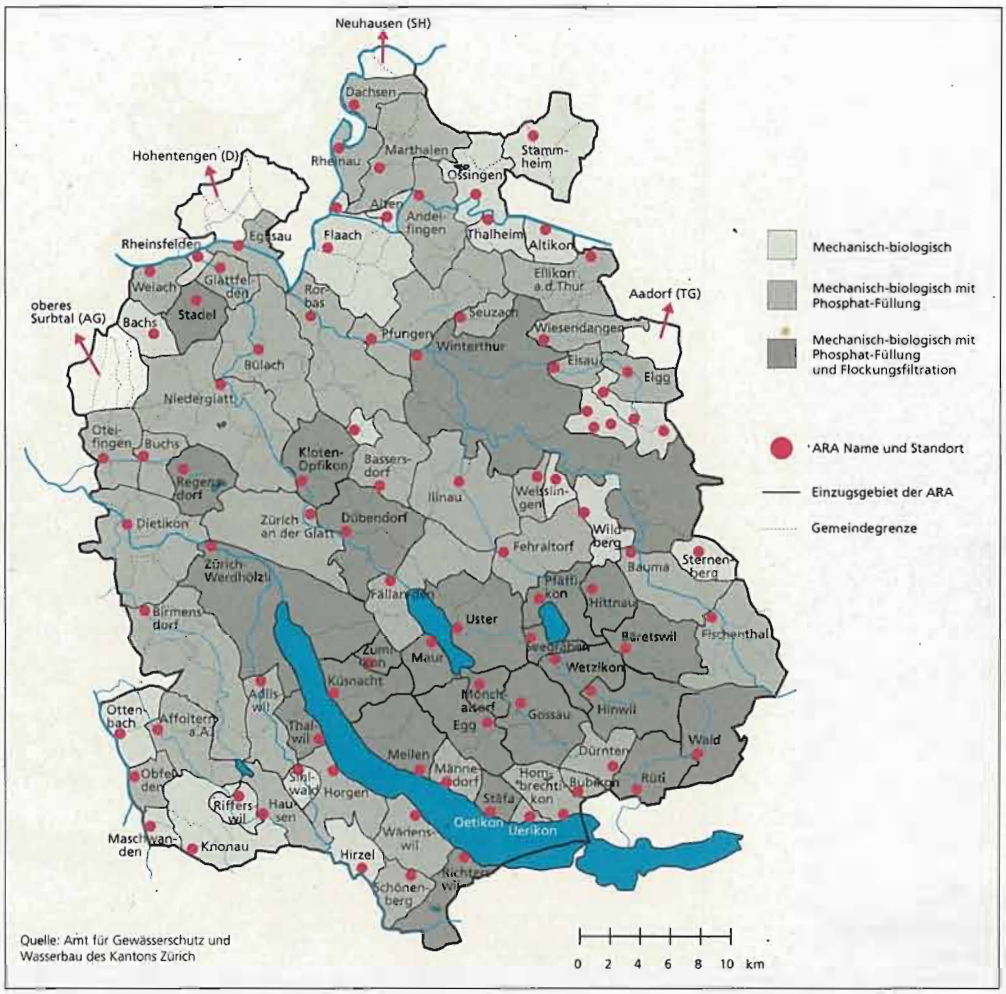


Abb. 74
Stoffffluss durch eine Kläranlage mit Phosphatfällung und Nitrifikation am Beispiel von Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) und Phosphor (P)



Karte 18
Ausrüstungsstand in den öffentlichen ARA, Stand Januar 1996

Hoher Fremdwasseranteil reduziert Reinigungsleistung

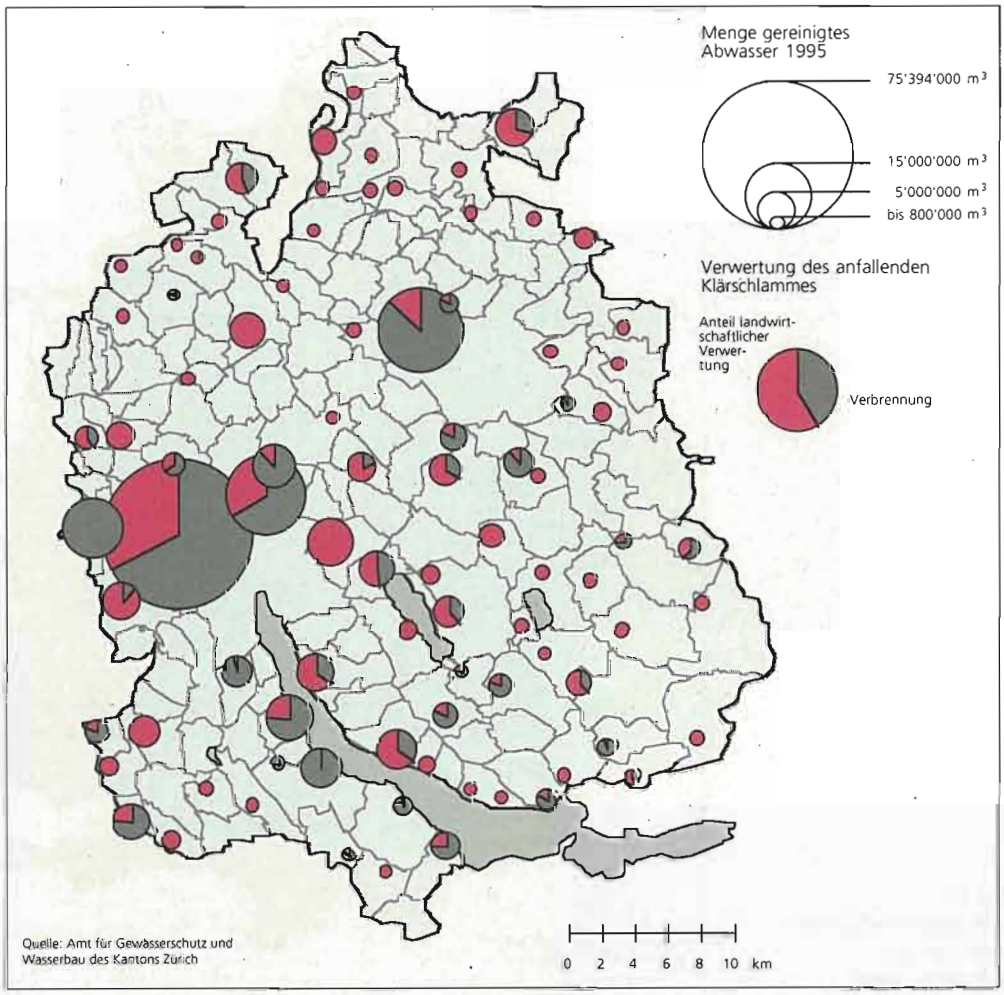
Fremdwasser ist unverschmutztes Wasser, welches den ARA zugeleitet wird. Dadurch werden die Anlagen zusätzlich belastet und ihre Reinigungsleistung verringert. Quellen dieses Fremdwassers sind in die Kanalisation geleitete Bäche, Brunnenwasser, Reservoirüberläufe, Sickerwasserleitungen, Grundwasser, das durch undichte Stellen der Kanalisation eindringt, vor allem aber auch Niederschlagswasser, das von Dächern, Strassen oder versiegelten Vorplätzen in die Kanalisation geleitet wird (Sammelbegriff: Meteorwasser).

Gesamtschweizerisch dürfte der Anteil an Fremdwasser am gesamten Abwasseranfall rund 40 % betragen. Eine Untersuchung im Kanton Zürich aus dem Jahr 1989, die 69 Kläranlagen einbezog, zeigte auf, dass auch die zürcherischen Anlagen zum Teil massiv mit Fremdwasser belastet werden. Die Betreiber von Anlagen wurden über die Situation in Kenntnis gesetzt, so dass die notwendigen Massnahmen zur Abtrennung des unverschmutzten Wassers ergriffen werden können. Eine erneute Überprüfung der Situation im Kanton ist vorgesehen.

Das Gewässerschutzgesetz von 1991 verlangt, dass der regelmässige Zufluss von Fremdwasser in die Kanalisation verhindert wird. Mittelfristig ist daher eine Trennwasserkanalisation zu realisieren, die sauberes Abwasser getrennt erfasst, versickern lässt oder direkt den Gewässern zuführt.

Klärschlammanfall und -bewirtschaftung

Durch die Abwasserbehandlung in den öffentlichen ARA fielen 1995 im Kanton Zürich rund 724'000 m³ Klärschlamm (1991: 600'000 m³) mit einem Trockenrückstands-



Karte 19
Abwasserreinigungsanlagen und Klärschlammverwertung 1995

gewicht (TR) von etwa 32'100 Tonnen (1991: 32'000 Tonnen) an.

In der Landwirtschaft wurden in den letzten drei Jahren abnehmende Mengen Klärschlamm verwertet. 1995 konnten nur noch 45 % (1991: 70 %) des anfallenden Schlammes auf diese Weise beseitigt werden. Die restlichen 55 % mussten in speziellen Schlammverbrennungsanlagen in Dietikon und Winterthur, in den Kehrichtverbrennungsanlagen in Hinwil und Horgen sowie in einem Zementwerk im Kanton Aargau verbrannt werden. Für Klärschlamm steht eine Deponierung nicht mehr zur Diskussion.

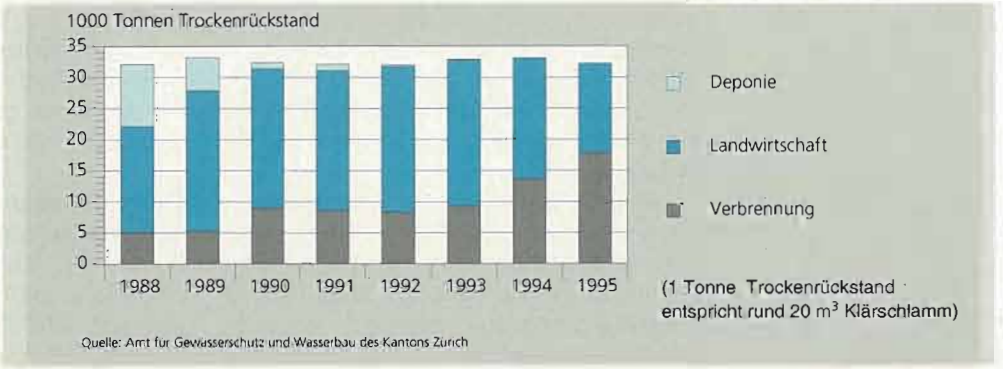
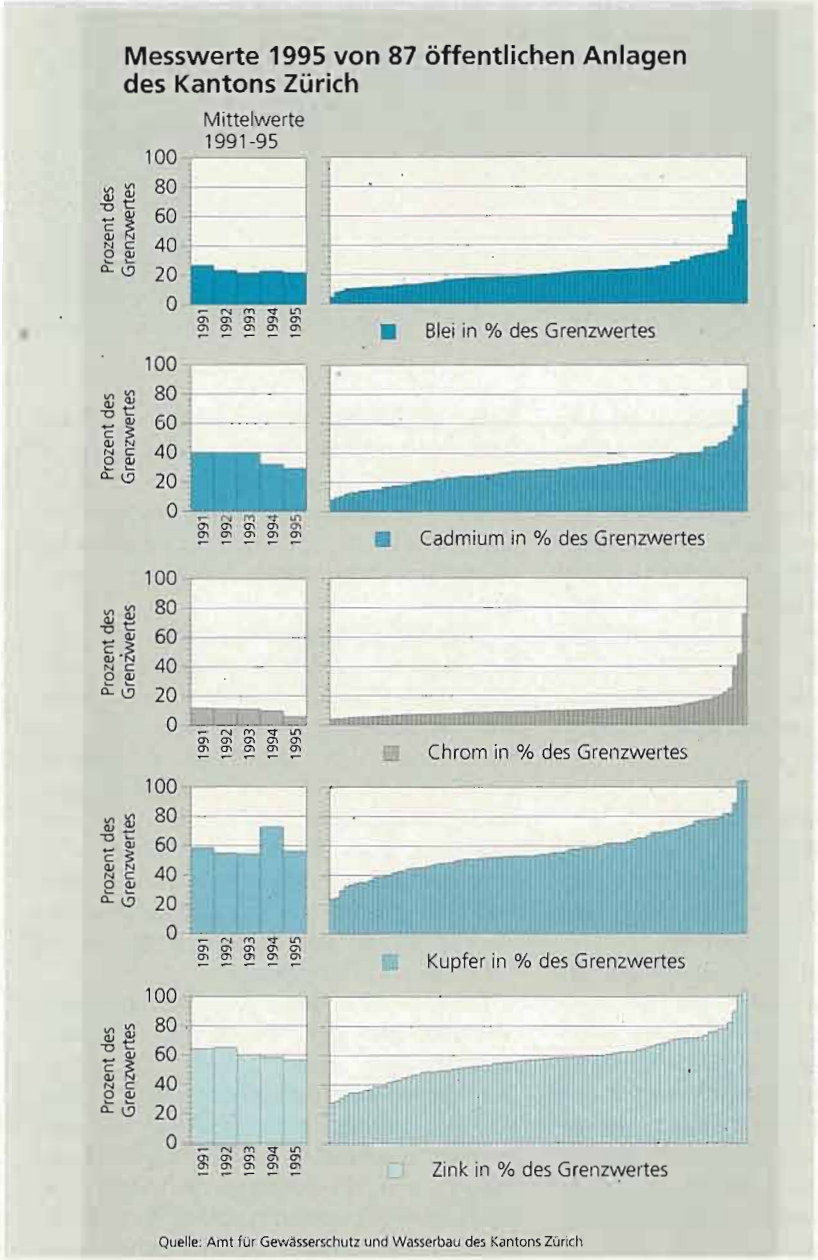


Abb. 75
Klärschlammanfall und Verwertung in den Kläranlagen 1988–1995

Abb. 76
Blei, Cadmium, Kupfer, Chrom und Zink im Klärschlamm in Prozent des Grenzwertes im Jahr 1995 und im Vergleich der Mittelwerte 1991–1995

Obwohl Klärschlamm in der Landwirtschaft gut als Dünger eingesetzt werden kann, ist eine rückläufige Nachfrage zu verzeichnen. Als Grund kommt vor allem die zunehmende Bodenbewirtschaftung nach den Richtlinien für die integrierte Produktion (IP) mit den damit verbundenen Auflagen für den Düngereinsatz in Frage. Die verstärkte Überwachung der Nährstoff- und Düngerbilanzen führt bei den Landwirten zudem zu Verunsicherungen über die Zukunft bei der Düngerverwendung.



Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Klärschlammqualität

Der in der Landwirtschaft genutzte Klärschlamm hat den gesetzlich festgelegten Qualitätskriterien zu genügen und darf nur für bestimmte Kulturen, zeitlich und in der Menge begrenzt, ausgebracht werden. Damit wird sichergestellt, dass der Klärschlamm hinsichtlich der Hygiene (Gehalt an Krankheitserregern), beim Ausbringen auf Wiesen und Felder keine Probleme aufgibt und keine Überdüngung verursacht wird. Die per Oktober 1992 verschärfte Gesetzgebung (Stoffverordnung des Bundes – StoV) und die angestrebte Ökologisierung der landwirtschaftlichen Produktion tragen zunehmend zur intensiv überwachten Klärschlammverwertung bei.

In der Landwirtschaft eingesetzter Klärschlamm wird auf seinen Nährstoffgehalt sowie den Gehalt an Schwermetallen kontrolliert. Hierzu dienen Routineproben sowie Sonderkontrollen des Kantons. Die Untersuchung von 225 Routineproben von Klärschlamm aus öffentlichen Anlagen hat 1995 in lediglich 3 % der Fälle zu einem zeitweiligen Verbot der landwirtschaftlichen Schlammverwertung geführt. In Fällen, in denen Verursacher der erhöhten Schadstoffbelastung ausfindig gemacht werden können, werden die notwendigen Sanierungsmassnahmen angeordnet. Die übrigen Vorfälle können Einzelereignissen zugeordnet werden und sind auch zukünftig leider nicht voraussehbar.

Auffallend bei den Untersuchungsergebnissen sind die Gehalte der beiden Schwermetalle Kupfer und Zink, die auf diffuse Quellen wie Wasserleitungen, Dachrinnen usw. zurückzuführen sind. Die Konzentrationen der problematischen Schwermetalle (Cadmium, Chrom, Blei) liegen in der Regel deutlich unter den Grenzwerten der Stoffverordnung. Eine tendenzielle Abnahme ist bei der Bleibelastung festzustellen, was vor allem auf den reduzierten Verbrauch bleihaltiger Treibstoffe zurückzuführen ist.

Ob sich Klärschlamm für eine landwirtschaftliche Verwertung eignet, wird, neben den gesetzlichen Vorgaben, unter anderem vom Gehalt an qualitätseinschränkenden Schadstoffen und qualitätssteigerndem Phosphor bestimmt. Um die Eignung eines Klärschlammes für Düngezwecke abzuschätzen, bietet sich deshalb die Angabe eines Schad-

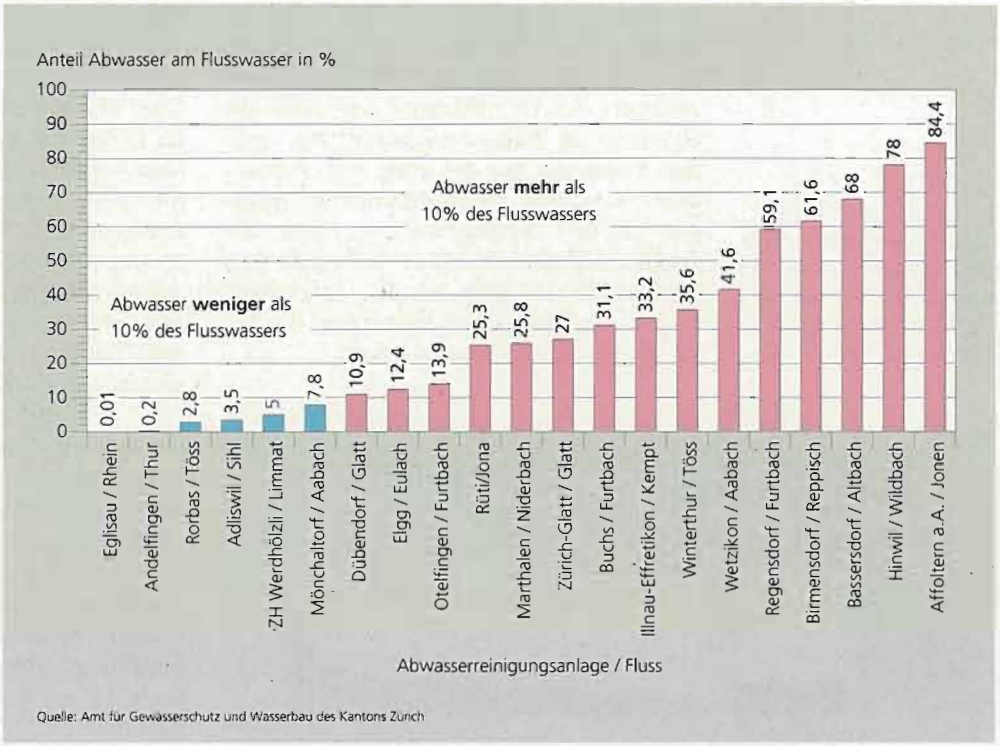


Abb. 77
Verdünnungsverhältnisse von gereinigtem Abwasser zu Flusswasser 1994

stoff/Nutzstoff-Verhältnisses (SNV) an. Der sogenannte SNV-Wert wird vor allem vom Phosphor-Gehalt (Nutzsstoff) und den Schadstoffkonzentrationen im Klärschlamm bestimmt, aber auch technische Massnahmen (Schlammsiebung, Hygienisierung) als Mittel der Qualitätssteigerung werden im Sinne einer ganzheitlichen Qualitätsbeurteilung berücksichtigt. Der zürcherische Klärschlamm kann als qualitativ geeignet für die Verwertung in der Landwirtschaft bezeichnet werden.

Misch- und Trennsystem bei der Abwasserbeseitigung

Gewässerschutz bei der Ableitung von Abwasser beginnt schon mit der Wahl des geeigneten Entwässerungssystems.

Beim Mischsystem wird der grösste Teil der Abwassermenge durch ein Leitungssystem der ARA zugeführt. Nur die Entlastungsmengen (bei starken Niederschlägen) werden via Überlaufbauwerke direkt in den Vorfluter – allerdings verschmutzt – eingeleitet. Wird das Abwasser bei diesem System in der ARA mit einem Wirkungsgrad von z. B. 95 % gereinigt, hat das Abwasser, das nach der Reinigung in den Vorfluter fliesst, noch einen Schmutzanteil von 5 %. Wird nun unverschmutztes Abwasser durch dieses System in die ARA geleitet, so wird es auf 5 % verschmutzt. Es muss also mit allen Mitteln versucht werden, verschmutztes von unverschmutztem Abwasser zu trennen.

Beim Teil-Trennsystem bestehen zwei Leitungssysteme mit Überlaufbauwerken. Verschmutztes Oberflächenwasser von Arbeits- und Umschlagplätzen (Industrie- und Gewerbezonen) und Waschplätzen (Wohnzone) wird der ARA zugeführt. Bei starken Niederschlägen kommen hier die Überlaufbauwerke zum Tragen. Der Anteil von unverschmutztem Abwasser wird in den Vorfluter geleitet oder versickert. Das Teil-Trennsystem ist das beste System für die Industrie- und Gewerbezone.

Das klassische Trennsystem verfügt ebenfalls über zwei Leitungssysteme, auf Überlaufbauwerke wird jedoch verzichtet. Oberflächenwasser wird konsequent in den Vorfluter geleitet. In der Industrie- und Gewerbezone gelangt unverschmutztes Meteorwasser (z. B. Dachwasser) vermischt mit möglicherweise verschmutztem Platzwasser direkt in den Vorfluter. Das klassische Trenn-

system ist das beste System für die Wohnzone. In welchen Fällen ein Mischsystem, ein Teil-Trennsystem oder ein klassisches Trennsystem die geeignete Lösung ist, muss von Fall zu Fall abgeklärt werden. Oft ist, aufgrund der bereits bestehenden Anlagen, die Entwässerungsart vorgegeben.

Verdünnungsverhältnis zwischen gereinigtem Abwasser und Flusswasser
Gereinigtes Abwasser wird durch die Einleitung in ein Fliessgewässer verdünnt. Eine grosse Wasserführung des Vorfluters ergibt eine gute Verdünnung; die Gefahr einer Beeinträchtigung der Fliessgewässerfauna und -flora durch Rückstände im gereinigten Abwasser wird wesentlich vermindert. Viele Fliessgewässer im Kanton Zürich führen jedoch nicht genug Wasser, um eine ausreichende Verdünnung von Abwasser zu Flusswasser von etwa 1:10 zu gewährleisten. Dieser Wert wird nur bei den grösseren Flüssen erreicht oder unterschritten. Bei kleineren Flüssen sind daher im Einzelfall entsprechend tiefere Einleitungsgrenzwerte festzulegen, die durch Massnahmen bei der Abwasserreinigungsanlage erreicht werden können.

Oberflächengewässer

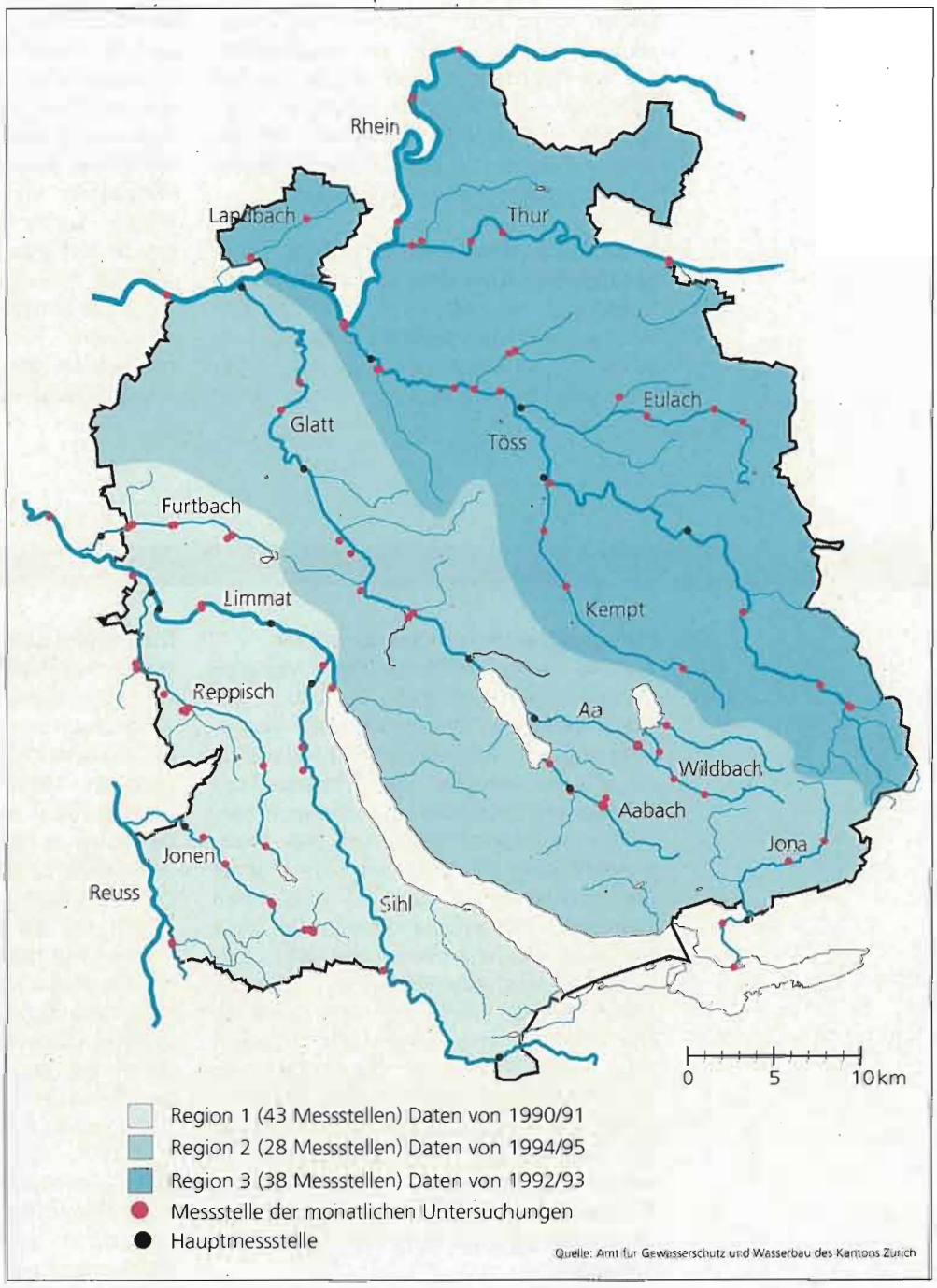
Messprogramm für Fliessgewässer
Anhand eines umfangreichen Messprogrammes wird überprüft, ob die in der eidgenössischen Verordnung über Abwassereinleitung festgelegten Qualitätsziele eingehalten werden. Zur Erfassung des qualitativen Zustandes der Fliessgewässer wurde der Kanton Zürich in drei Messregionen eingeteilt (vgl. Karte 20). In jeder Region werden an rund 35 Messstellen während zweier aufeinanderfolgender Jahre monatlich Wasserproben untersucht. Entsprechend wird eine Region erst nach vier Jahren erneut untersucht. Der Aufwand, alle Gewässer im gleichen Jahr zu analysieren, wäre zu gross. Die monatlichen Stichproben dieser insgesamt über 100 Messstellen im Kanton Zürich liefern ein gutes Bild über den chemischen Zustand der Gewässer im Längsverlauf. Auf den folgenden Karten sind die Ergebnisse der monatlichen Untersuchungen aus den Jahren 1990 –1995 dargestellt.

Zusätzlich werden an 17 sogenannten Hauptmessstellen täglich Wasserproben gesammelt. Diese werden durch Schöpfautomaten teilweise proportional zur Abflussmenge dem Fluss entnommen, so dass täglich eine repräsentative Mischprobe vorliegt. Die Messungen an den Hauptmessstellen ermöglichen die langfristige Beobachtung des chemischen Zustandes der wichtigsten Flüsse im Kanton Zürich.

Nitratbelastung
Die Stickstoffverbindung Nitrat (NO_3) ist ein wichtiger Pflanzendünger. Im Gegensatz zu Ammonium wird das Nitrat leicht aus dem landwirtschaftlich genutzten Boden ausgewaschen. Mit dem gereinigten Abwasser gelangt Nitrat auch aus Kläranlagen in die Gewässer. Je nach Einzugsgebiet überwiegt die Belastung aus der Landwirtschaft oder den Kläranlagen. Aufgrund der Nitrifikation erhöht sich die Nitratkonzentration in Gewässern mit hoher Ammoniumbelastung in den Flussunterläufen zusätzlich. In den Seen wird Nitrat durch Denitrifikation in Stickstoffgas umgewandelt, so dass die Nitratwerte bei den Seeausflüssen meist entsprechend tief liegen.

Insgesamt trägt Nitrat in den Gewässern bis hin zur Nordsee zur Überdüngung bei. Durch eine Erweiterung der Kläranlagen mit einer Denitrifikationsstufe können die Nitratfrachten reduziert werden. Der Stickstoffeintrag aus der Landwirtschaft lässt sich nur durch eine Änderung der Anbau- und Düngepraxis vermindern.

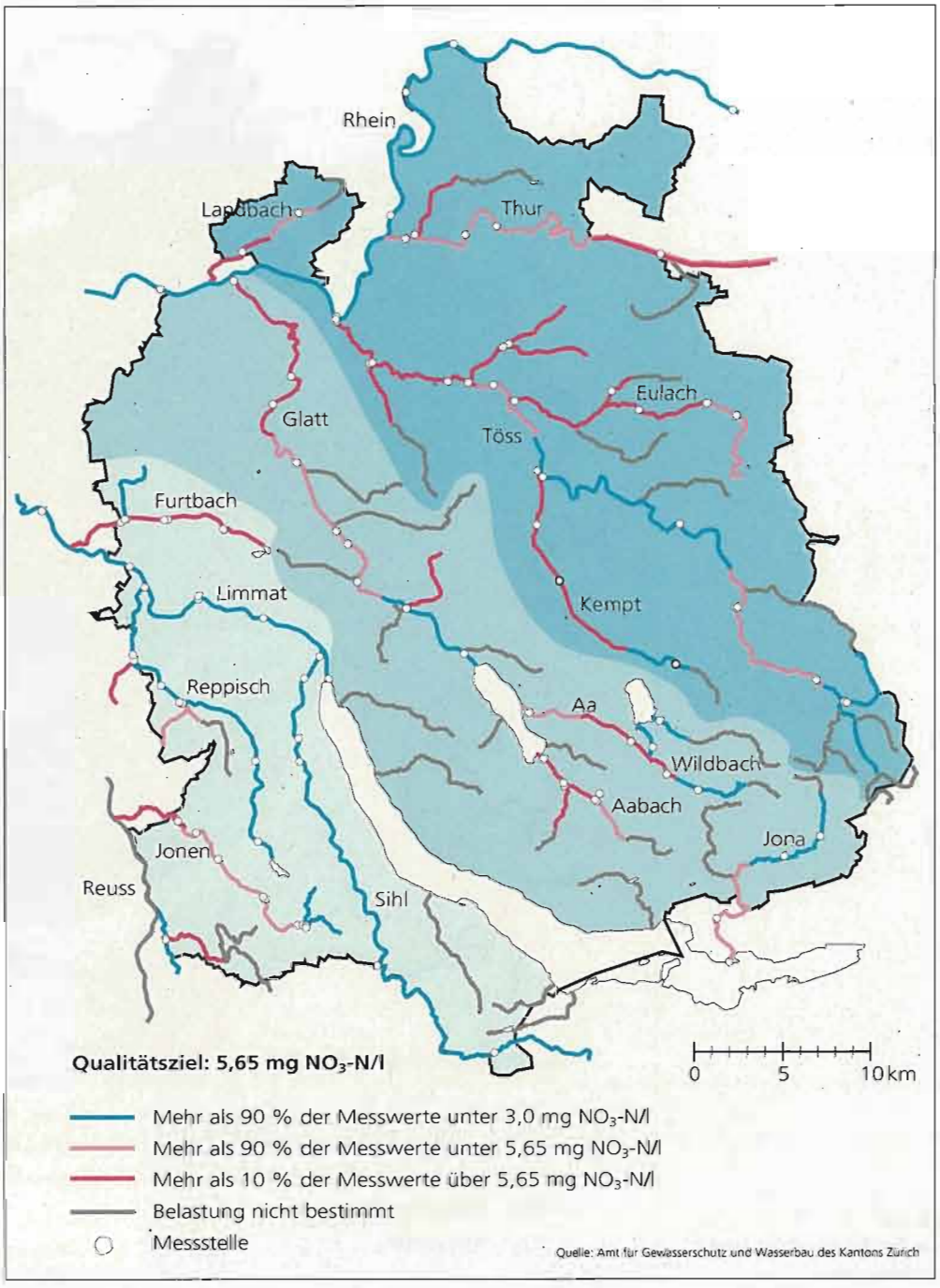
Die Karte 21 zeigt die Belastung der Fliessgewässer mit Nitrat. Für jede Messstelle wurden die 24 Messwerte der letzten Untersuchungsperiode (gemäss Karte 20) ausgewertet. Liegen die Nitratkonzentrationen bei mindestens 22 von 24 Messwerten unterhalb von 3,0 Milligramm Nitrat-Stickstoff pro Liter (mg NO_3-N/l), so wird die



Karte 20
Messstellen und Regionen zur Erfassung des qualitativen Zustands der Fliessgewässer

Wasserqualität an jener Stelle als unbelastet eingestuft (blau). Wenn mindestens 22 Messwerte unter dem Qualitätsziel von 5,65 mg NO_3-N/l, aber mehr als 2 Werte über 3,0 mg NO_3-N/l liegen, wird die Stelle als leicht belastet taxiert (hellblau). Wird die Konzentration von 5,65 mg NO_3-N/l von 3 und mehr Messwerten überschritten, gilt das Fliessgewässer an dieser Stelle als stark belastet (rot).

An einigen Flüssen ist zwar der Oberlauf unbelastet, die Nitratkonzentrationen nehmen entlang der Fliessstrecke aber stetig zu, bis sie im Unterlauf stark belastet sind. So zum Beispiel an der Töss, der Glatt, der Reppisch und der Jonen. Die Eulach, die Kempt, der Aabach sowie der Furtbach sind bereits im Oberlauf mässig bis stark belastet. Doch trotz der zugeführten Nitrat-

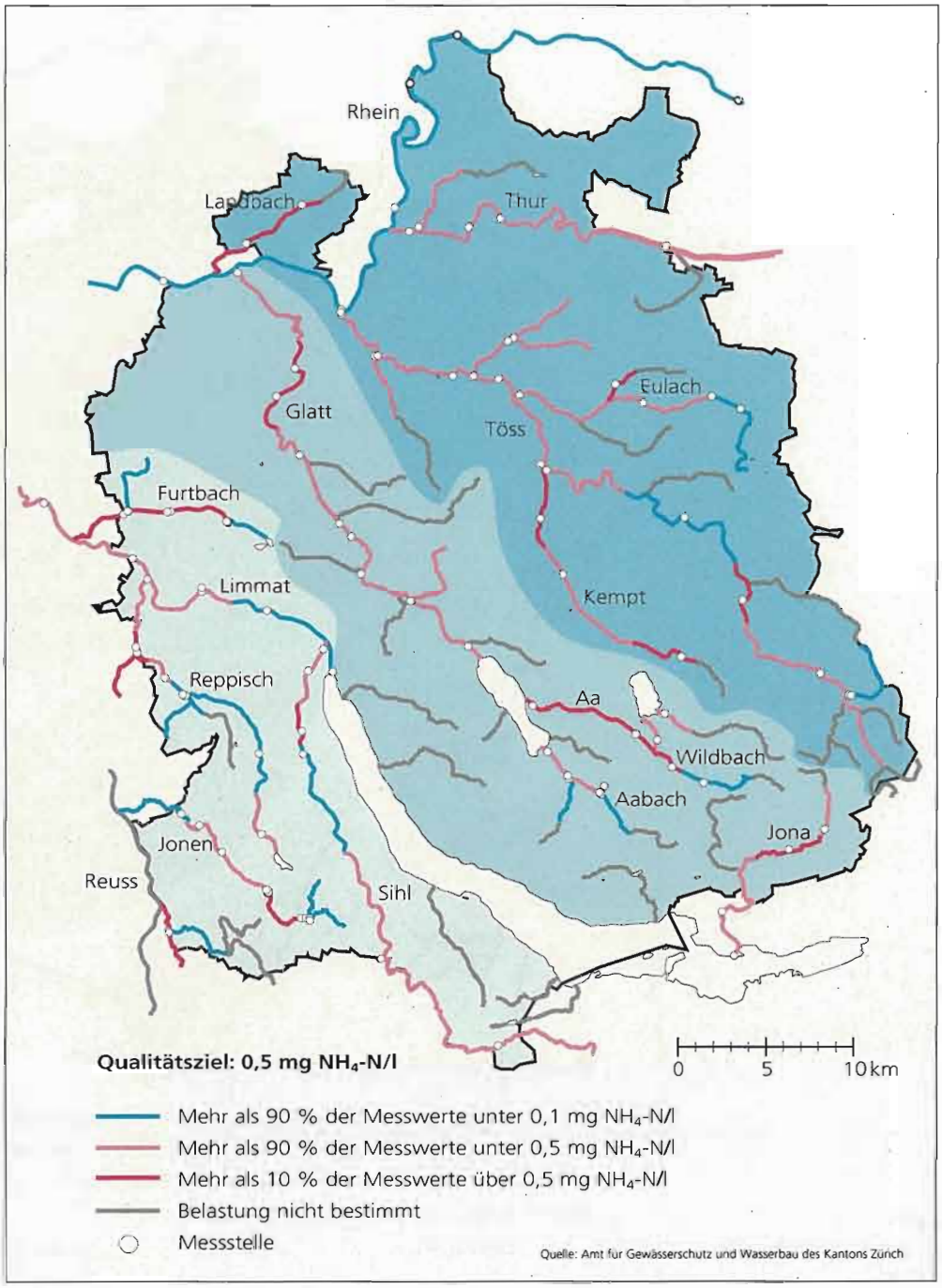


Karte 21
Belastung der Fliessgewässer mit Nitrat

mengen bleibt die Nitratbelastung in den grossen Flüssen Rhein und Limmat wie auch die der Sihl unbedeutend. Sie können auf der ganzen untersuchten Fliessstrecke als praktisch unbelastet taxiert werden.

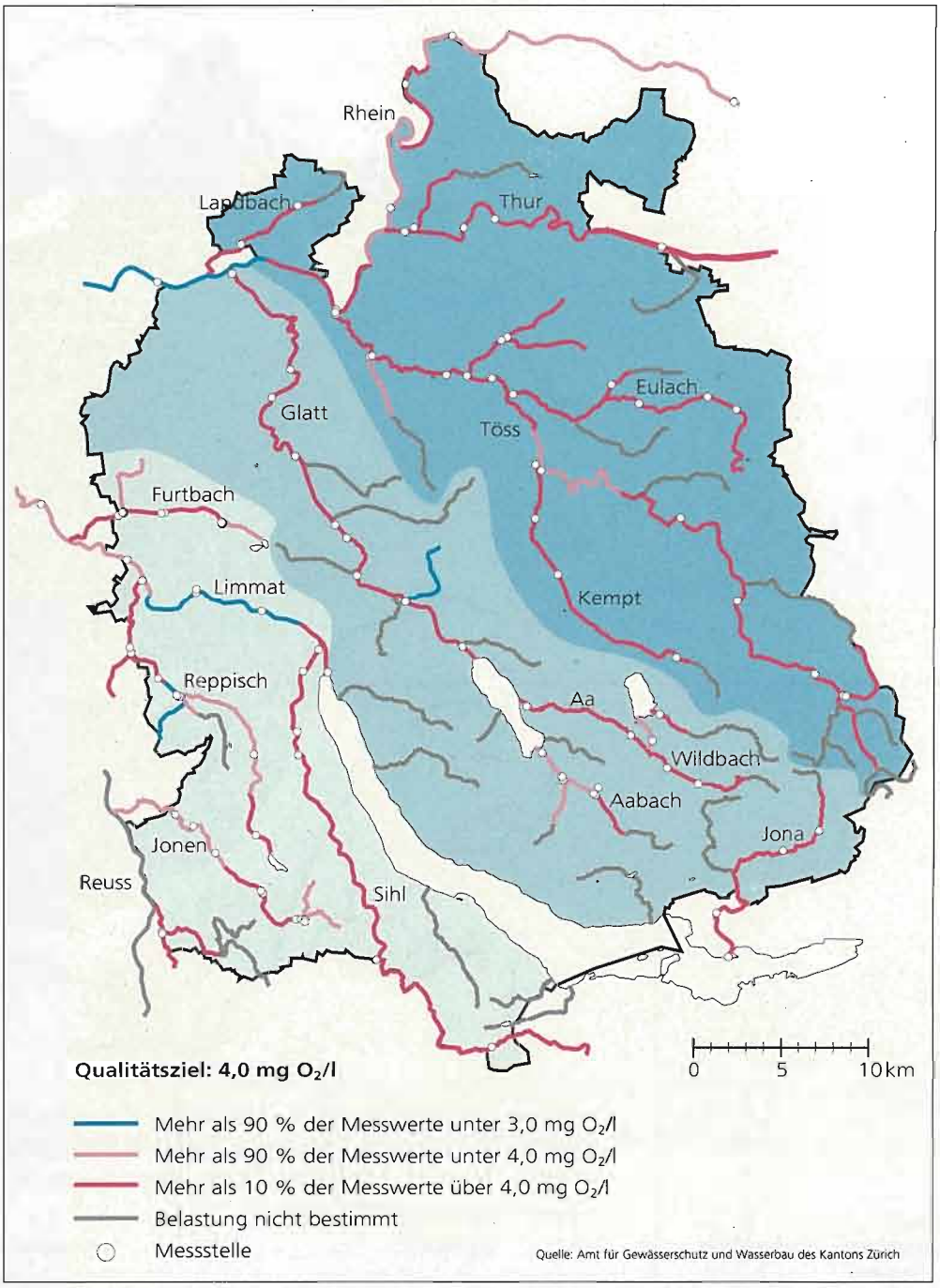
Ammoniumbelastung

Die Stickstoffverbindung Ammonium (NH_4) tritt in grossem Mass als Düngerbestandteil, in Gülle und im Abwasser auf. Im Gegensatz zu Nitrat ist Ammonium recht stabil an Bodenpartikel gebunden, so dass die Verluste aus der Landwirtschaft – von oberflächlichen Abschwemmungen abgesehen – gering sind. In überlasteten oder nichtnitrifizierenden Kläranlagen kann das Ammonium nicht ausreichend zu Nitrat umgewandelt werden und belastet damit erheb-



Karte 22
Belastung der Fliessgewässer mit Ammonium

lich die Gewässer. Leitet die Kläranlage (Abb. 77) das gereinigte Abwasser zudem in ein kleines Fliessgewässer ein, wird das Qualitätsziel häufig verfehlt. So werden die hohen Ammoniumbelastungen in den dargestellten Gewässern (Karte 22) ausnahmslos durch ungenügend arbeitende Kläranlagen verursacht. Analog dem Nitrat wurden drei Bewertungsklassen für die gemessenen Ammoniumkonzentrationen eingeführt. Unbelastete Abschnitte (blau) weisen Konzentrationen von weniger als 0,1 Milligramm Ammonium-Stickstoff pro Liter (mg NH_4-N/l) auf. Als leicht belastet (hellblau) gelten Flussabschnitte mit Konzentrationen zwischen 0,1 und 0,5 mg NH_4-N/l. Wenn 3 und mehr Messwerte das Qualitätsziel von 0,5 mg NH_4-N/l überschrit-

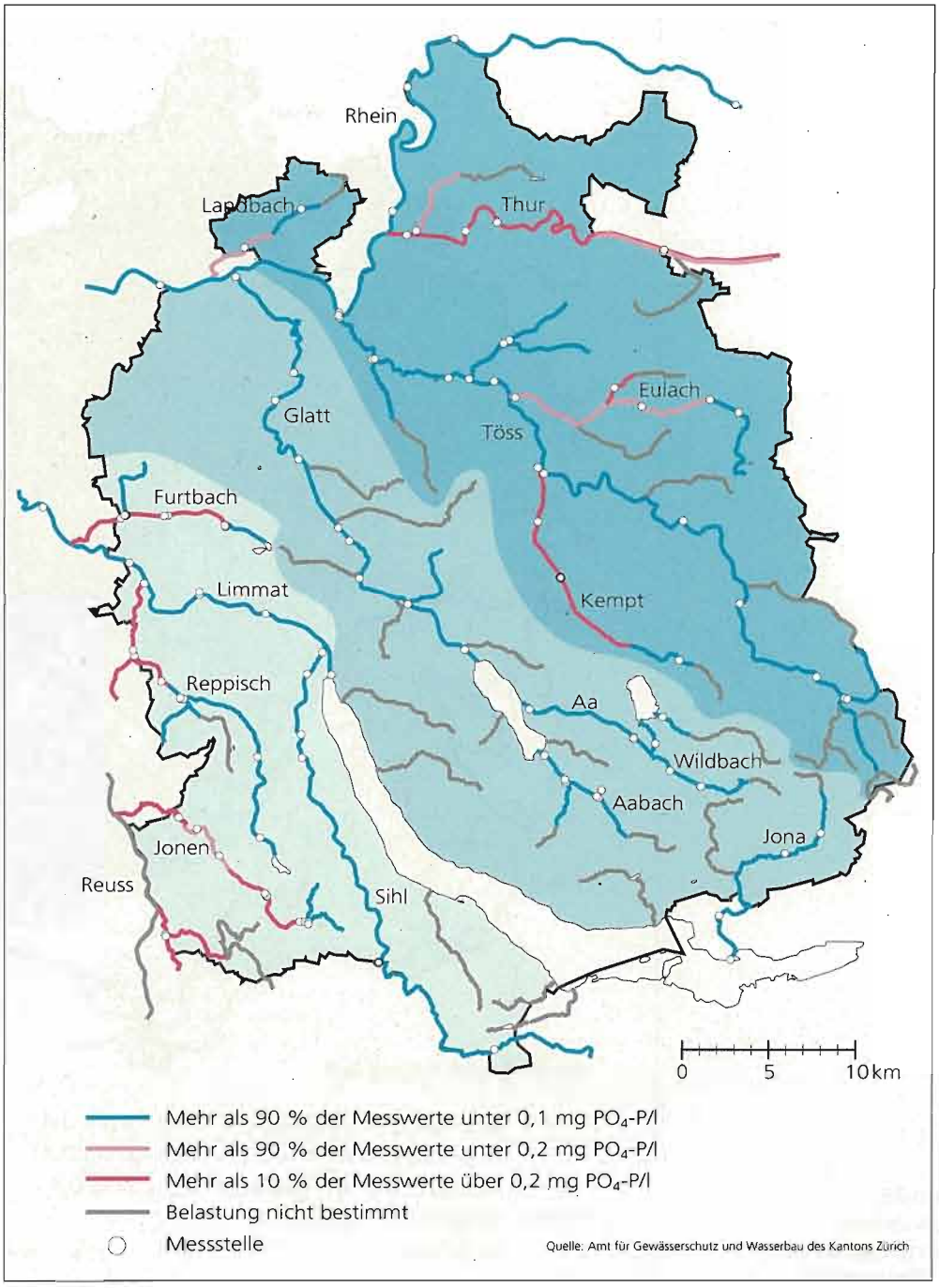


Karte 23
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5) der Fliessgewässer

ten, so gilt die Stelle als stark belastet (rot). Im überwiegenden Teil des Kantons kann das Qualitätsziel für Ammonium von 0,5 mg NH_4-N/l eingehalten werden, die Flüsse und Bäche sind meist nur mässig bis schwach belastet. An einigen Stellen mit starker Belastung wurden in jüngster Zeit diverse Um- oder Neubauten der Kläranlagen vorgenommen, so zum Beispiel am Furtbach, an der Aa und am Landbach. Einzelne Nachkontrollen haben ergeben, dass in diesen drei Bächen das Qualitätsziel nun auch eingehalten werden kann.

Biochemischer Sauerstoffbedarf

Der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB_5) dient als Mass für die Belastung eines Gewässers mit abbaubaren organischen Ver-



Karte 24
Belastung der Fliessgewässer mit Phosphat

bindungen. Eine spezifische Situation ergibt sich bei den Seeabläufen. Während bestimmter Phasen werden im Seewasser viele Naturstoffe, wie Zerfallsprodukte von Algen, freigesetzt. Als Summenparameter unterscheidet der BSB_5 nicht zwischen solchen «natürlichen Belastungen» und Verunreinigungen durch schlecht arbeitende oder überlastete Kläranlagen. Zur Bewertung sind deshalb weitere Kenntnisse über das Einzugsgebiet erforderlich. An den meisten Flussabschnitten im Kanton wird das Qualitätsziel für den BSB_5 von maximal 4 Milligramm Sauerstoff pro Liter (mg O_2/l) in mehreren Stichproben überschritten.

Die Karte 23 zeigt den biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB_5) in den Fliessgewässern. Auch hier sind die Belastungen in drei

Kategorien eingeteilt. Wenn mindestens 22 von 24 BSB_5-Messwerten weniger als 3,0 mg O_2/l betragen, gilt der Flussabschnitt als unbelastet (blau). Liegen mindestens 22 Messwerte unter dem Qualitätsziel von 4,0 mg O_2/l aber mehr als 2 Werte über 3.0 mg O_2/l, wird der Flussabschnitt als leicht belastet eingestuft (hellblau). An stark belasteten (roten) Stellen wird das Qualitätsziel von 4,0 mg O_2/l von 3 und mehr BSB_5-Messwerten überschritten.

Phosphatbelastung

Phosphat (PO_4) reguliert massgeblich die Produktion von Biomasse in den Seen. In den Einzugsgebieten der Seen wird ein Grossteil der Phosphate durch die mehrstufige Abwasserbehandlung in den Kläranlagen entfernt. Entsprechend niedrig sind die Konzentrationen in den Seezuflüssen. Zu erhöhten Phosphatwerten in den Fliessgewässern führen Einleitungen aus Kläranlagen ohne weitergehende Phosphorelimination sowie Abschwemmungen aus dem Landwirtschaftsgebiet während starker Regenfälle.

Für die Belastung der Fliessgewässer mit Phosphat ist in der Verordnung über Abwassereinleitungen kein Qualitätsziel festgelegt. Wegen der grossen Bedeutung des Phosphors für das Algenwachstum in den Seen wurden die gemessenen Phosphatkonzentrationen in Karte 24 ausgewertet. Analog den übrigen Messgrössen wurden die Belastungen der Flussabschnitte in drei Kategorien eingeteilt. An unbelasteten Stellen (blau) liegen die Phosphatgehalte meist unter 0,1 Milligramm Phosphat-Phosphor pro Liter (mg PO_4-P/l). Als leicht belastet (hellblau) gelten Gewässerabschnitte mit Konzentrationen zwischen 0,1 und 0,2 mg PO_4-P/l. Wird die Konzentration von 0,2 mg PO_4-P/l häufig überschritten, so gilt die Stelle als stark belastet (rot).

Dass die Anstrengungen zur Reduktion der Phosphatgehalte in unseren Gewässern (durch Phosphor-Fällung in Kläranlagen) zum Erfolg führten, ist in der Karte 24 zu erkennen. Die grosse Mehrheit der Bäche und Flüsse im Kanton ist praktisch unbelastet. Dazu gehören vor allem sämtliche grösseren Seezuflüsse.

Messprogramm für Seen

An den grösseren zürcherischen Seen werden monatlich Wasserproben aus verschiedenen Tiefenstufen analysiert. So wird der Zürichsee im Auftrag des kantonalen Amtes für Gewässerschutz und Wasserbau (AGW) durch die Wasserversorgung der Stadt Zürich (WVZ) untersucht. Der Greifensee wird durch die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) analysiert. Das Limnologielabor des AGW schliesslich untersucht Pfäffiker-, Türler- und Hüttnersee. Die Wasseruntersuchungen in diversen Kleinseen (Lützelsee, Katzensee, Husemersee, Mettmenhaslisee, Egelsee und Seeweidsee) erfolgen im Zweijahresturnus jeweils von März bis November. Die Bestimmung einer Vielzahl von chemischen und auch biologischen Messgrössen vermitteln dem Spezialisten ein genaues Bild über den Zustand der Seen.

Sauerstoff- und Phosphatkonzentrationen

Zur groben Beschreibung des Zustandes genügen die zwei Messgrössen Sauerstoff und Phosphat. Ihre Konzentrationen im See unterliegen jahreszeitlichen Schwankungen. Dabei können zwei grundlegend verschiedene Zustände des Wasserkörpers beobachtet werden.

Im Sommerhalbjahr sind die Wassermassen eines Sees stabil geschichtet. Das warme, leichtere Wasser liegt wie ein Deckel über dem schwereren, kälteren Wasser. In den oberen lichtdurchfluteten Wasserschichten beginnt im Frühjahr ein intensives Algenwachstum. Wenn die Algen absterben und auf den Seegrund absinken, wird der Sauerstoff über dem Gewässergrund durch die sauerstoffverbrauchende Abbautätigkeit der Mikroorganismen aufgebraucht. Obwohl in geringer Wassertiefe in der Regel bei allen Seen des Kantons genügend grosse Sauerstoffkonzentrationen vorhanden sind, kann während dieser sogenannten Stagnationsphase kein Sauerstoff nach unten nachgeliefert werden, weil die stabile Dichteschichtung den Stoffaustausch in vertikaler Richtung verhindert. Demzufolge kann im Laufe des Sommers der Sauerstoffgehalt in der Tiefe des Sees auf Null sinken.

Während der herbstlichen Abkühlung werden die Temperatur- und Dichteunterschiede im See zunehmend geringer, so dass die Wassermassen nun – angeregt durch Stürme – zu zirkulieren beginnen. Sauerstoffarmes Wasser aus der Tiefe wird durch diese Zirkulation an die Oberfläche gebracht, deshalb kommen Anfang Winter in den oberen Wasserschichten kurze Phasen mit geringeren Sauerstoffkonzentrationen vor. Gleichzeitig werden jedoch die tieferen Schichten wieder mit sauerstoffreicherem Wasser versorgt, so dass im nächsten Frühjahr das Seewasser meist in allen Tiefen wieder mit Sauerstoff gesättigt ist.

Der Sauerstoffgehalt in einem See wird massgeblich durch die Produktion und den Abbau von Biomasse bestimmt. Das Wachstum der Algen wiederum, wird vom Nährstoffangebot, insbesondere vom Phosphatangebot gesteuert. Eine geringe Biomasseproduktion ist demzufolge nur durch tiefe Phosphatkonzentrationen (weniger als 0,03 Milligramm Phosphat-Phosphor pro Liter) im Seewasser erreichbar. Das ist nur durch Reduzierung der Nährstoffzuflüsse in den See zu realisieren. Da die Seesedimente Phosphate speichern, die aber auch wieder ins Wasser zurückgelangen können, kann bei einzelnen Seen das Qualitätsziel erst nach Jahrzehnten erreicht werden. Technische Mittel, wie sie in verschiedenen Schweizer Seen angewendet werden (Belüftung, Zirkulationsunterstützung, Tiefenwasserableitung) sollen die Sanierung beschleunigen.

Zürichsee

Während die Sauerstoffversorgung im Zürichsee (Abb. 78) an der Seeoberfläche stets genügend war, liegen die Messwerte über dem Seegrund (in 135 m Tiefe) öfters unter 4 Milligramm Sauerstoff pro Liter (mg O_2/l). In manchen Jahren vermag die Zirkulation nicht den gesamten See mit Sauerstoff zu sättigen (z. B. 1984, 1988, 1989, 1990, 1992 und 1993), so dass auch im Frühjahr nur rund 4 mg O_2/l gemessen werden.

Die mittlere Phosphorkonzentration ist in den vergangenen 20 Jahren stets zurückgegangen, 1977 war der Gehalt noch rund dreimal so hoch wie heute. Seit 1993 wurden die erwünschten 0,03 Milligramm Phosphat-Phosphor pro Liter nicht mehr überschritten.

Greifensee

Die stark schwankenden Sauerstoffkonzentrationen an der Seeoberfläche widerspiegeln die grosse Dynamik im Greifensee (Abb. 78). Bei schönem Wetter und grosser Algenbiomasse steigen die Werte an der Oberfläche stark an, das Wasser ist mit Sauerstoff übersättigt. Im Herbst, wenn durch die einsetzende Zirkulation sauerstoffarmes Wasser aus der Tiefe an die Oberfläche gebracht wird, kommen in der obersten Wasserschicht Phasen mit geringeren Sauerstoffkonzentrationen vor. Über dem Seegrund ist praktisch während der Hälfte des Jahres kein Sauerstoff nachweisbar.

Auch im Greifensee konnte die Phosphatkonzentration innerhalb der letzten 20 Jahre auf rund einen Drittel gesenkt werden. Das Ziel von 0,03 Milligramm Phosphat-Phosphor pro Liter konnte jedoch noch nicht erreicht werden, so dass hier neben den Anstrengungen bei den Kläranlagen auch Massnahmen zur Verminderung diffuser Phosphateinträge aus landwirtschaftlichen Nutzflächen getroffen werden müssen.

Pfäffikersee

Der Sanierung des Pfäffikersees wird seit 1992 mit einer Zirkulationsunterstützungsanlage nachgeholfen. Diese Anlage fördert jeweils in den Wintermonaten die natürliche Durchmischung des Wassers und ermöglicht so eine erhöhte Sauerstoffaufnahme aus der Atmosphäre. Durch diese Massnahme konnte die Sauerstoffversorgung über dem Seegrund verbessert werden (vgl. Abb. 78).

Ähnlich wie in den anderen Seen konnte durch die Massnahmen zur Reduktion des Phosphateintrages aus dem Einzugsgebiet der Phosphatgehalt im Pfäffikersee in den letzten 20 Jahren massiv verringert werden. Doch wird auch hier der Zielwert von maximal 0,03 Milligramm Phosphat-Phosphor pro Liter noch überschritten.

Die verbesserte Sauerstoffversorgung im Tiefenwasser ist auch anhand der gemessenen Ammoniumkonzentrationen gut sichtbar. Seit dem Betrieb der Zirkulationsunterstützung steigen die Ammoniumgehalte im Herbst nicht mehr so stark an.

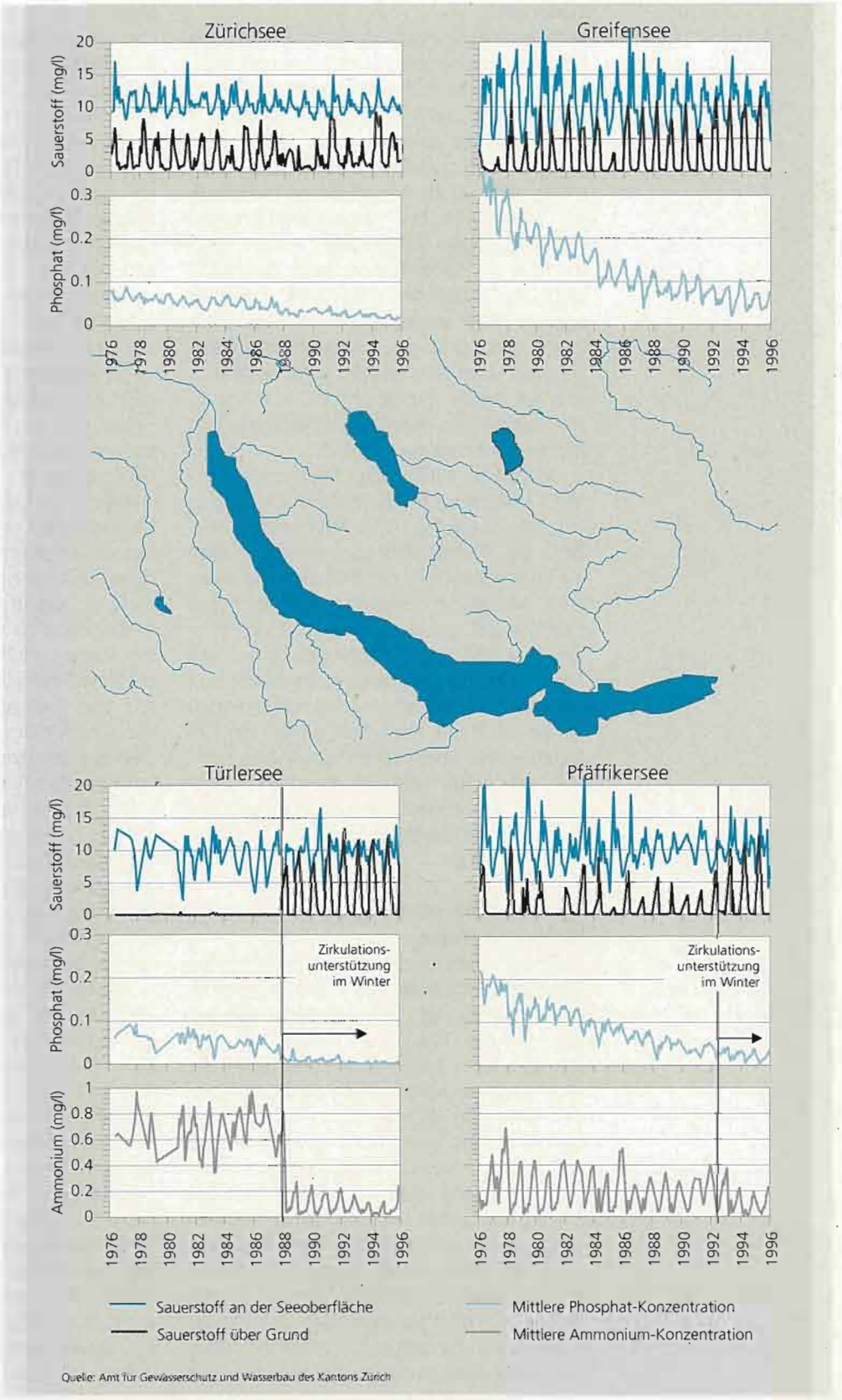


Abb. 78
Sauerstoffgehalte und mittlere Phosphat-Konzentrationen in Zürich-, Greifen-, Türler- und Pfäffikersee 1976 –1996

Türlersee

Weit deutlicher noch als beim Pfäffikersee ist die Wirkung der Zirkulationsunterstützungsanlage im Türlersee sichtbar (vgl. Abb. 78). Bedingt durch eine stabile Schichtung durch gelöste anorganische Stoffe und infolge seiner windgeschützten Lage zwischen Albis und Aeugsterberg zirkulierte der Türlersee in der Vergangenheit selten vollständig. Das Tiefenwasser wurde praktisch nie mit Sauerstoff versorgt. Seit 1987 wird der Zirkulation des Sees künstlich nachgeholfen, womit beim Türlersee markante Veränderungen beobachtet werden konnten. Das Tiefenwasser wird alljährlich mit Sauerstoff gesättigt und die sauerstofflose Periode über Grund hat sich in den letzten Jahren weiter verkürzt.

Durch die verbesserte Sauerstoffversorgung konnte auch die Phosphorrücklösung aus dem Seesediment stark verringert werden, die Phosphatkonzentrationen liegen nun das ganze Jahr deutlich unterhalb von 0,03 Milligramm Phosphat-Phosphor pro Liter. Die biologischen Untersuchungen zeigten, dass dadurch die Algenproduktion seit 1987 markant gesunken ist. Es bleibt nun abzuwarten, ob sich in den kommenden Jahren auch die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser noch weiter verbessern werden. Am deutlichsten ist die Wirkung der Zirkulationsunterstützungsanlage jedoch anhand der gemessenen Ammoniumkonzentration zu sehen.

Gewässerübersichtspläne: Bäche und Flüsse

Aufgrund eines in die Jahre gekommenen, aber immer noch aktuellen und rechtsgültigen Erlasses, der Vermessungsanweisung vom 18. Juni 1920, sind in den 171 Gemeinden des Kantons Zürich im Laufe der Jahrzehnte die als öffentlich zu bezeichnenden Gewässer erhoben und neben dem Eintrag in das Grundbuch gemeindeweise auf Plänen mit unterschiedlichen Massstäben, sogenannten Gewässerübersichtsplänen, dargestellt worden. Diese Vermessungsanweisung dient bei der Überarbeitung von alten Gewässerübersichtsplänen als massgebendes Rechtsinstrument, das für die Beaufsichtigung bzw. den Schutz der öffentlichen Gewässer im Kanton Zürich von hoher Bedeutung ist, denn sie verweist diese in § 1 praktisch lückenlos in den Verantwortungsbereich des Staates: «Als öffentliche Gewässer, die dem Staat zustehen, sind anzusehen alle Seen und natürliche Teiche sowie sämtliche Flüsse und Bäche bis zu den kleinsten Bachläufen auf ihrer ganzen Länge, d. h. in der Regel bei der unteren Grenze des Ursprungsgrundstückes beginnend, ohne Unterbruch bei Überbrückungen, Eindolungen und Überbauungen».

Die rechtliche Erfassung der öffentlichen Gewässer ist im Kanton Zürich gestützt auf diese Bestimmung sowie gemäss dem Auftrag im Wasserwirtschaftsgesetz vom 2. Juni 1991 sehr gründlich und umfassend erfolgt. Heute werden alle öffentlichen Gewässer zudem digital erfasst und in das kantonale Geographische Informationssystem (GIS) integriert. Die nun vorliegenden Gewässerübersichtspläne unterstützen und erleichtern den Gewässerschutz erheblich. Die öffentlichen Gewässer sind durch die Gesetzgebung in hohem Masse geschützt: Bauliche Änderungen an einem öffentlichen Gewässer können nicht ohne wasserbaupolizeiliche Bewilligung vorgenommen werden, Bauten und Anlagen müssen einen Abstand von fünf Metern aufweisen, im Bereich des Gewässerschutzes bestehen zahlreiche Vorschriften zum Schutz der Fliessgewässer.

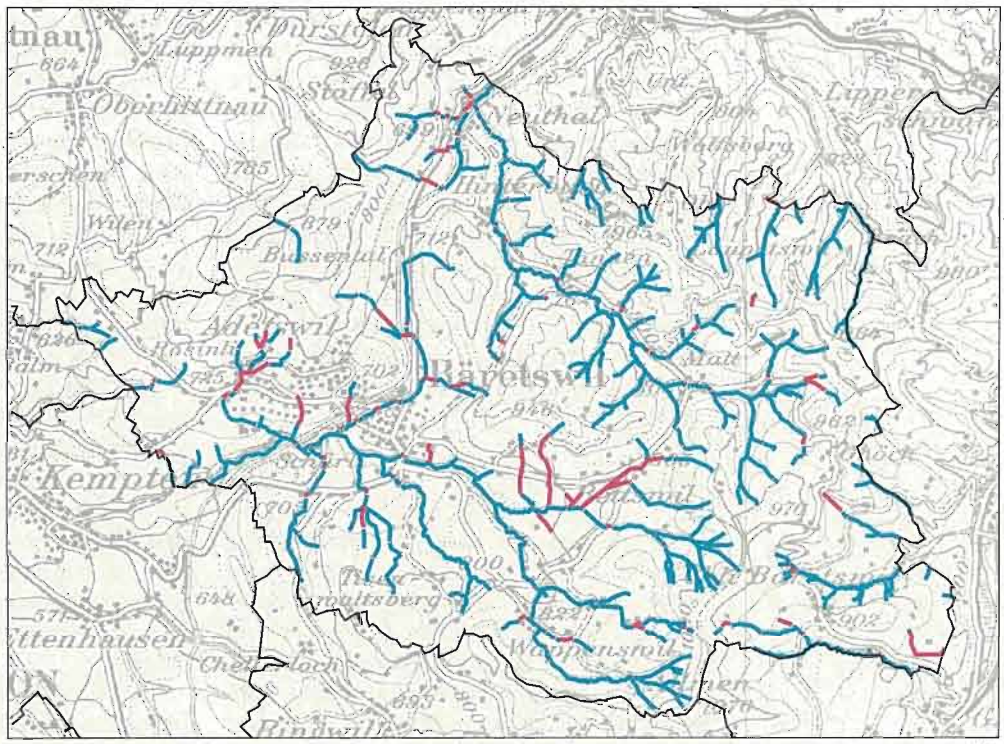
Der für die Vollzugsarbeit im Gewässerschutz bedeutende praktische Wert der Gewässerübersichtskarten mit ihrer lückenlosen Erfassung sämtlicher, d. h. der offenen sowie der eingedolten öffentlichen Gewässer soll anhand zweier Kartenbeispiele deutlich gemacht werden:

Die beiden Kartenausschnitte (Karten 25 und 26) mit den öffentlichen Gewässern der Gemeinden Bäretswil und Dinhard zeigen zwei unterschiedliche Situationen. In Bäretswil sind in dem hügeligen und überwiegend bewaldeten Gebiet nur wenige Gewässer massiv verbaut oder eingedolt worden. Anders sieht es in Dinhard aus. Das für die landwirtschaftliche Nutzung bestens geeignete Gebiet ist für eine rationelle Bewirtschaftung melioriert worden; die meisten Bäche wurden dabei eingedolt und die noch offen gebliebenen kanalartig ausgebaut. Diese Massnahmen zur Verbesserung der Nahrungsproduktion waren in Krisen- und Kriegszeiten not-

Oberflächengewässer

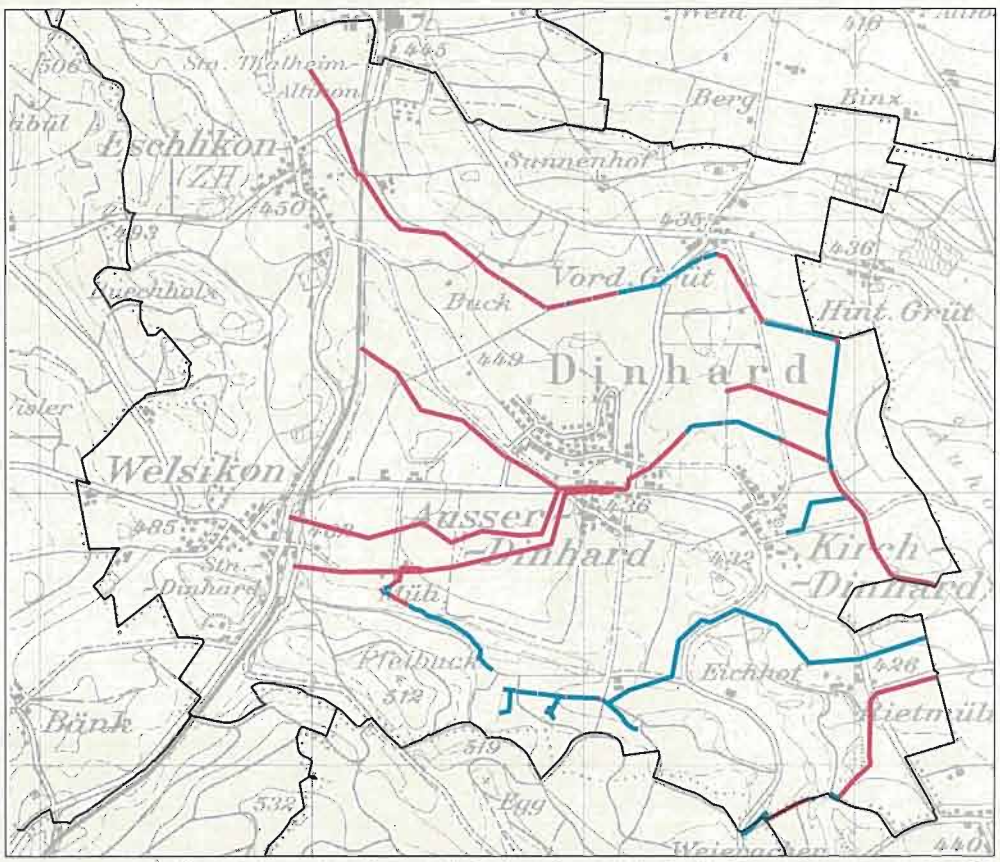
offene Fliessgewässer

eingedolte Fliessgewässer



Digitale Kartengrundlage: PK 100, reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 10.4.1997

Karte 25
Ausschnitt aus dem Übersichtsplan der öffentlichen Gewässer der Gemeinde Bäretswil (Originalplan: Massstab = 1:5000, Darstellung: Massstab = ca. 1: 64'000)



Digitale Kartengrundlage: PK 50, reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 10.4.1997

Karte 26
Ausschnitt aus dem Übersichtsplan der öffentlichen Gewässer der Gemeinde Dinhard (Originalplan: Massstab = 1:5000, Darstellung Massstab = ca. 1:29'000)

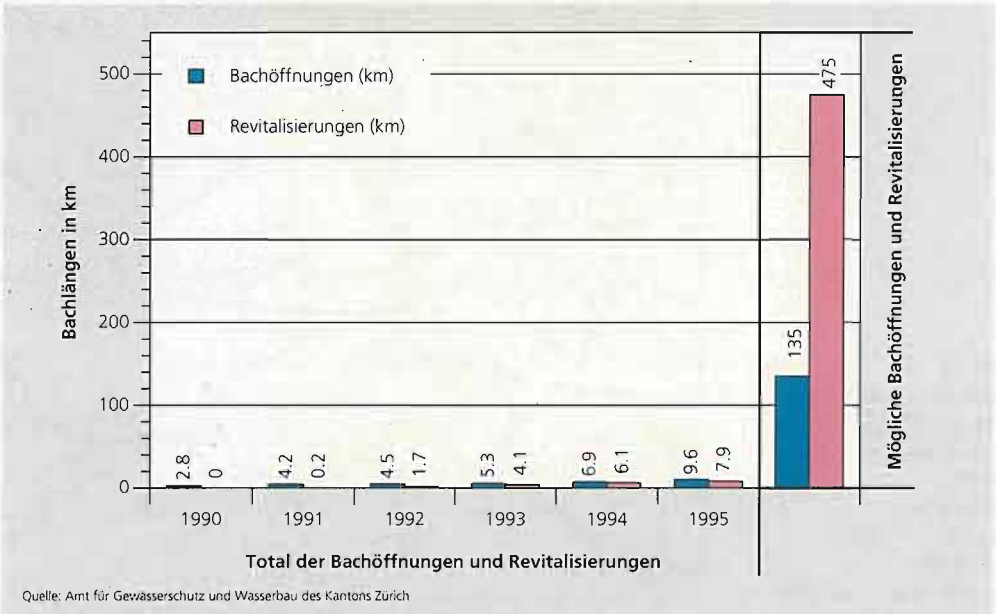
wendig und sinnvoll, obwohl zahlreiche Naturelemente damit verschwunden sind. Die heute noch offen fliessenden Bäche machen daher nur einen kleinen Teil der effektiv vorhandenen öffentlichen Gewässer aus, insofern trügt z. B. das Bild der Landeskarte 1:25'000. Auf dem kantonalen Gewässerübersichtsplan sind hingegen auch die «verschwundenen» (eingedolten) Bachläufe ersichtlich (rote Linien). Der Gewässerübersichtsplan gibt also auch einen Hinweis, wie gross das Wiederbelebungspotential für die Fliessgewässer einer Gemeinde sein kann.

Revitalisierungen

Das Wiederbelebungsprogramm für die Fliessgewässer des Kantons Zürich wurde 1989 lanciert. Es postulierte den Grundsatz eines erweiterten Gewässerschutzes «Gesundes Wasser in gesundem Bett». Der vom Kantonsrat erteilte Rahmenkredit von 18 Millionen Franken konnte bis Ende 1995 nur etwa zur Hälfte ausgeschöpft werden, da das Wiederbelebungsprogramm in die Sparanstrengungen zur Sanierung des Finanzhaushaltes einbezogen wurde. In den ersten sechs Jahren wurden immerhin über 50 Projekte (vgl. Abb. 79) von Bachöffnungen und Revitalisierungen ausgeführt: Kantonale Projekte von insgesamt 5,4 km Länge an mittleren und grösseren Bächen, 9,6 km Ausdolungen mit naturnaher Gestaltung sowie 2,5 km Revitalisierungen an kleinen Bächen durch Gemeinden, insbesondere die Stadt Zürich. Das Diagramm zeigt, dass ein wichtiger Start zur Wiederbelebung der Fliessgewässer erfolgt ist, dass aber im Kantonsgebiet noch sehr viele Bäche eingedolt oder in künstlichem Bachbett fliessen. Um so bedauerlicher ist die vorläufige Einstellung der Wiederbelebungsarbeiten an den Gewässern, die 1996 unter dem Druck der prekären Finanzlage und -aussicht erfolgte.

Die Idee des Wiederbelebungsprogrammes für die Fliessgewässer und die ausgeführten Arbeiten haben im In- und Ausland, und nicht nur unter Fachleuten, grosse Beachtung und Anerkennung gefunden. Die Arbeiten wirkten sich befruchtend aus auf die neue Wasserbau- und Gewässerschutzgesetzgebung sowie auch als Unterstützung für Bestrebungen in anderen Kantonen.

Massnahmen für die landschaftliche und biologische Aufwertung von ehemals kanalisierten oder eingedolten Fliessgewässern sind keine isolierten Aktionen mehr, sondern Bestandteile und Anliegen des modernen Gewässer- und Hochwasserschutzes. Mit Wiederbelebungsmassnahmen werden auch die Bestrebungen des Natur- und Heimatschutzes unterstützt und ergänzt. Im Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich, das am 20. Dezember 1995



Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Abb. 79
Bachöffnungen und Revitalisierungen 1990 – 1995



Abb. 80
Sihl-Revitalisierung 1995 (vorher)

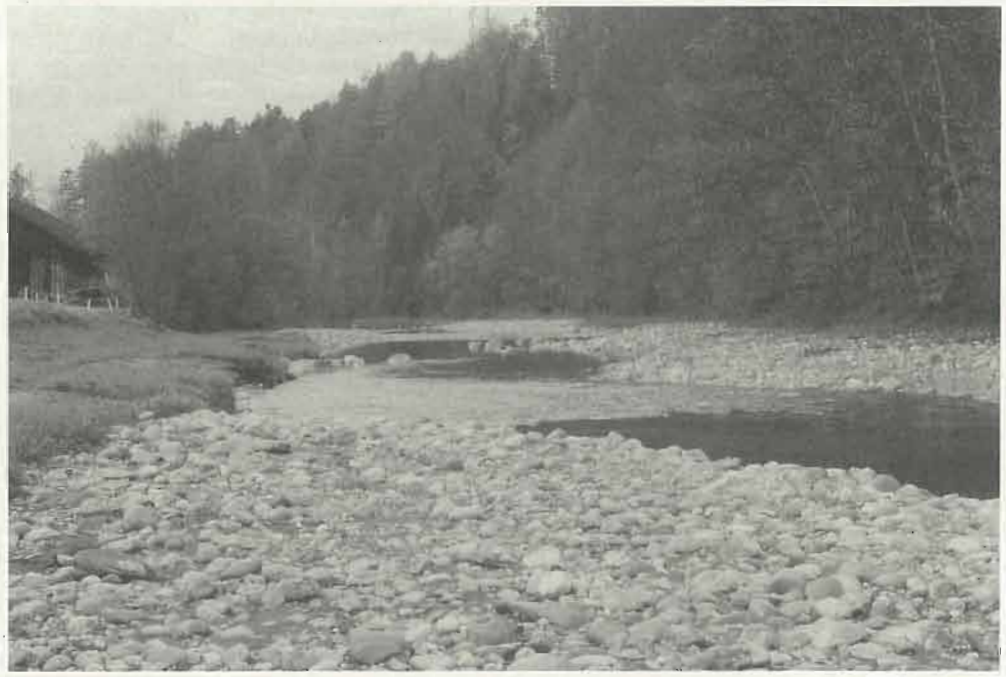


Abb. 81
Sihl-Revitalisierung 1995 (nachher)

vom Regierungsrat als Beitrag zum Europäischen Naturschutzjahr festgesetzt wurde, ist die Förderung naturnaher Gewässersysteme als wichtige Aufgabe postuliert. Wiederbelebungsmassnahmen an Gewässern sind heute als integraler Teil von Wasserbau und Gewässerschutz anerkannt.

In der engen Finanzlage ergibt sich damit für die Wasserbau- und Gewässerschutzfachstellen die Herausforderung, die angestrebten Ziele mit noch beschränkteren Mitteln zu erreichen. Mit der Annahme des neuen Gewässerschutzgesetzes am 17. Mai 1992 durch das Schweizervolk, der Inkraft-

setzung der revidierten Bundesgesetze über den Wasserbau und über die Fischerei sind diese gesetzlichen Grundlagen Auftrag und Verpflichtung, die begonnenen Massnahmen weiterzuführen.

Ein Beispiel für eine erfolgreiche Revitalisierung bildet die Sihl. Die Verbesserung der Restwassersituation durch Rückkauf und Einschränkung von Wasserrechten führte generell zu einer wichtigen ökologischen Aufwertung des Flusses und kommt vor allem in den mit einfachen Mitteln im Rahmen des Wiederbelebungsprogrammes neu gestalteten Sihlabschnitten bei den Stationen Sihlwald (Abbildungen 80 und 81) und Leimbach sowie oberhalb der Höcklerbrücke zur Geltung.

Grundwasser

Grundwasserneubildung

Im grossen und ganzen ist im Kanton Zürich die Grundwasserneubildung durch Niederschläge und Flussinfiltration gewährleistet. Einzig bei Grundwasserströmen unter grösseren Städten und bei lokalen Grundwasservorkommen im Bereich der Siedlungen kann sich die vermehrte Versiegelung der Landschaft in einer reduzierten Grundwasserneubildung bemerkbar machen. Der Versiegelungsgrad des Bodens ist ein Mass für das Verhältnis zwischen Oberflächenabfluss und Versickerungsrate des Niederschlagswassers. Aufgrund der zunehmenden Versiegelung des Bodens in Siedlungsgebieten und der Verdichtung landwirtschaftlich genutzter Böden fliesst das Niederschlagswasser oberflächlich immer rascher ab. Als Folge davon steigen die Belastung der Kläranlagen mit Fremdwasser und die Spitzenwerte der Hochwasserführung der Fliessgewässer. Ausserdem nehmen die Speisung des Grundwassers sowie die Niedrigwasserführung der Flüsse ab.

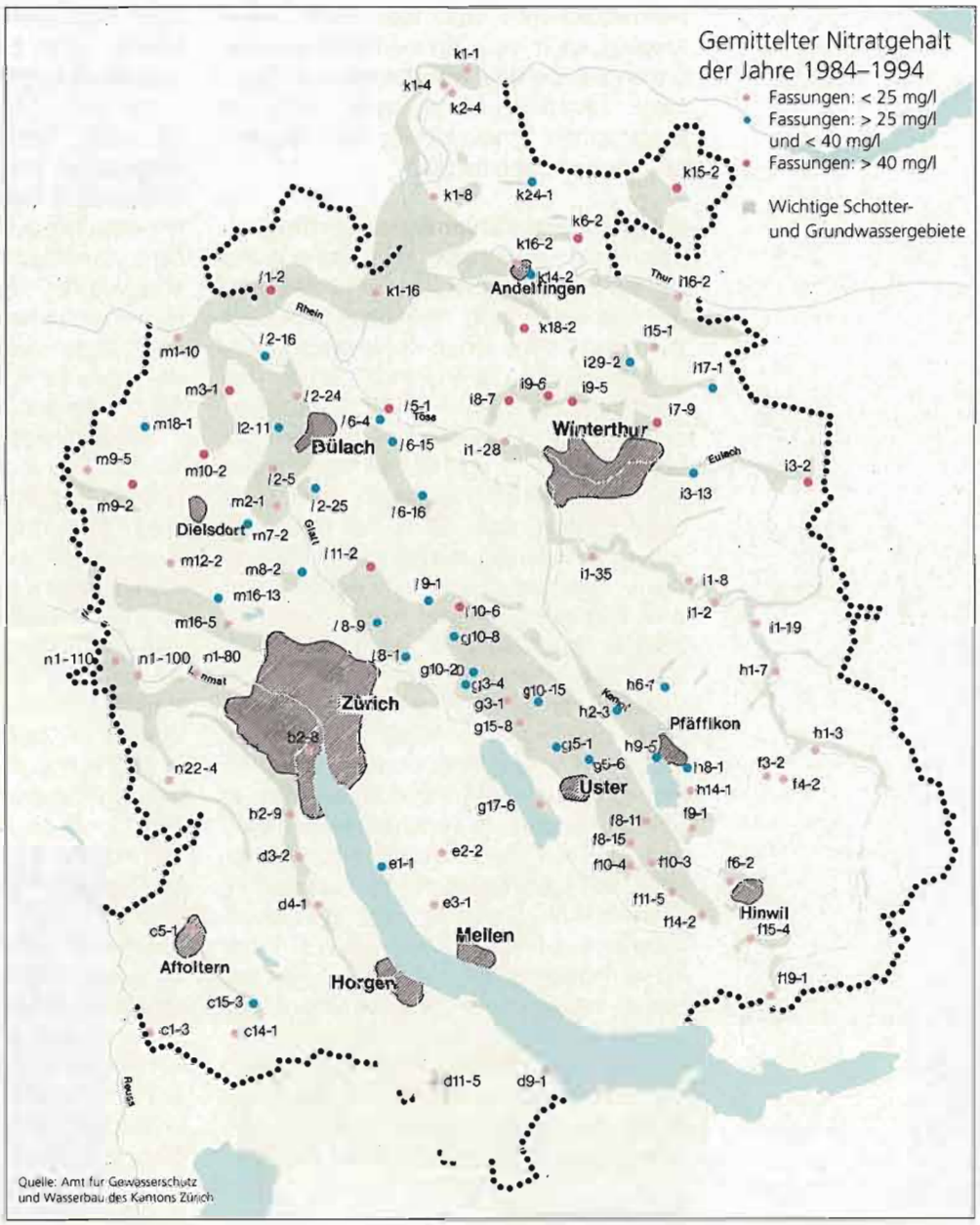
Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, sind Massnahmen zum Rückhalt (Retention) und somit zur Regulierung des Hochwasserabflusses sowie zur Versickerung des Niederschlagswassers notwendig. Solche Massnahmen werden im Kanton Zürich seit längerem gefördert, ihre Realisierung ist im neuen Gewässerschutzgesetz vorgeschrieben. Bei der Versickerung von Meteorwasser ist jedoch zu beachten, dass sich Einflüsse der Luftverschmutzung bei Versickerungsanlagen ohne ausreichende Bodenfiltration auch im Grundwasser unangenehm bemerkbar machen können.

Natürliche Qualitätsunterschiede

Echte Grundwasservorkommen zeichnen sich als Folge kalkreicher Böden durch einen hohen Mineralisierungsgrad (hohe Wasserhärte) aus. Demgegenüber weisen Grundwasservorkommen im Infiltrationsbereich grösserer Flüsse weniger mineralisiertes, weicheres Wasser auf. Dort sind oft deutliche, von der Qualität und Abflussmenge der Flüsse abhängige und zum Teil jahreszeitliche Schwankungen im Grundwasserchemismus zu beobachten. Beim Infiltrationsgrundwasser ist in den letzten Jahrzehnten kaum eine signifikante trendmässige Qualitätsveränderung erkennbar. Echte Grundwasservorkommen hingegen zeigen solche Veränderungen, die auf Einflüsse durch den Menschen zurückzuführen sind (z. B. Nitrat).

Anthropogene Einflüsse

Die durch zivilisatorische Aktivitäten eingebrachten Stoffe wie Chlorid, Nitrat, Sulfat, Schwermetalle und Kohlenwasserstoffe überlagern die natürlichen hydrochemischen Verhältnisse von Grundwasservorkommen. Dabei sind die jeweiligen Konzentrationen im Grundwasser von den spezifischen Verhältnissen im Einzugsgebiet abhängig. Bewaldete Einzugsgebiete weisen deutlich bessere Bedingungen auf als intensiv landwirtschaftlich genutzte Regionen mit hoher Nitratauswaschung oder überbaute Gebiete mit undichten Kanalisationen und Belastungen aus Industrie und Gewerbe. Der Einfluss der Städte Zürich und Winterthur ist in den Grundwasserströmen des Limmat- und Eulachtales deutlich erkennbar.



Karte 27
Nitratgehalte in Grundwasserfassungen

Im Rahmen der qualitativen Grundwasserüberwachung hat der Kanton Zürich rund 100 Trinkwasserfassungen bezeichnet, deren Qualität seit 1989 regelmässig neben den üblichen chemischen und bakteriologischen Parametern (z. B. Nitrat, Chlorid, Sulfat) auf Schwermetalle und flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (FHKW) untersucht wird. Die Auswahl berücksichtigt eine möglichst gleichmässige Verteilung über alle Grundwassergebiete, unterschiedliche hydro-geologische Grundwassertypen sowie die verschiedenartigen Einzugsgebiete (z. B. Fassungen im Wald, im Landwirtschafts- und im Siedlungsgebiet).

Belastung mit Schwermetallen

Fast alle untersuchten Fassungen zeigen Schwermetallgehalte (Cadmium, Quecksilber und Blei), die unter der analytischen Nachweisgrenze liegen. Einige wenige weisen einen über die letzten 5 Jahre gemittelten Schwermetall-Gehalt auf, der unter dem Qualitätsziel des Schweizerischen Le-

bensmittelbuches von 1986 liegt. Keine Fassung weist eine Schwermetall-Konzentration auf, die über dem Toleranzwert liegt. Diese Zusammenstellung zeigt, dass die untersuchten Schwermetalle kein Problem im Grundwasser darstellen.

Belastung mit Kohlenwasserstoffen

Die Fremd- und Inhaltsstoffverordnung des Bundes (FIV) von 1995 legt als Toleranzwert für Trinkwasser fest, dass die Summe der flüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe (FHKW) 10 µg/l (10 Millionstel Gramm pro Liter) nicht übersteigen darf. Das Qualitätsziel gemäss Schweizerischen Lebensmittelbuch liegt bei < 1 µg/l. Bei 48 % der untersuchten Trinkwasserfassungen sind keine FHKW nachweisbar. 43 % der Fassungen weisen Summengehalte (gemittelt über die Jahre 1989 bis 1994) auf, welche unter dem Qualitätsziel liegen. Nur bei 8 % der analysierten Fassungen liegen die gemittelten FHKW-Gehalte zwischen 1 und 5 µg/l, wobei davon keine Analyse den Toleranzwert überschreitet. In einer einzigen Fassung wird dieser Wert überschritten. Der Eintrag von FHKW ins Grundwasser ist diffus. Er erfolgt aus verschiedenen Quellen und ist die Folge von Luftverschmutzung, undichten Kanalisationen und Auswaschungen aus Altlasten. Dies zeigt, dass Massnahmen zur Reduktion der FHKW-Einträge ins Grundwasser an mehreren Stellen ansetzen müssen und Verbesserungen erst langfristig sichtbar werden. Mit der Einhaltung der Luftreinhalte-Verordnung und der Sanierung undichter Kanalisationen sowie von Altlasten kann die FHKW-Belastung des Grundwassers reduziert werden.

Nitratbelastung

Der Nitratgehalt ist ein Mass für die Grundwasserbelastung durch die Landwirtschaft. Natürliche Gegebenheiten, Fruchtfolge, Menge an Dünger und Ausbringungszeitpunkt sowie die Art der Bodenbearbeitung haben einen unmittelbaren Einfluss auf die Nitratbelastung des Grundwassers. Gemäss Schweizerischem Lebensmittelbuch vom 1. Januar 1986 liegt das Qualitätsziel bei < 25 mg/l und der Toleranzwert gemäss Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV) und Lebensmittelbuch bei 40 mg/l.

Die Karte 27 zeigt den über die letzten 10 Jahre (1984 bis 1994) gemittelten Nitratgehalt der rund 100 ausgewählten Grundwasserfassungen. Bei über der Hälfte der Fassungen liegt der Nitratgehalt unter dem Qualitätsziel. Etwa ein Drittel der untersuchten Fassungen weisen Nitratwerte auf, die zwar über dem Qualitätsziel, aber unter dem Toleranzwert liegen. In immerhin 15 % der Pumpwerke übersteigt der Nitratgehalt den Toleranzwert.

Seit den sechziger Jahren ist in landwirtschaftlich (v. a. intensiv ackerbaulich) genutzten Einzugsgebieten fast immer ein Anstieg der Nitrat- und Chloridgehalte im Grundwasser festzustellen. In den letzten Jahren scheint sich jedoch eine Stabilisierung auf hohem Niveau, teilweise ein Rückgang abzuzeichnen (vgl. Abb. 82). In einigen Grundwasserfassungen liegt der Nitratgehalt dennoch im Bereich der Toleranzgrenze. Durch geeignete Massnahmen in den Wasserversorgungen (Mischung mit wenig belastetem Wasser) ist eine einwandfreie Trinkwasserversorgung jedoch jederzeit möglich. Die Erfahrung der letzten Jahre hat gezeigt, dass die Nitratproblematik allein mit den bestehenden polizeirechtlichen Methoden (Gebote und Verbote) und der Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen nicht bewältigt werden kann. Auch Versuche mit differenzierter Nutzung und Anbauvorschriften ohne Abgeltung können in Anbetracht der heutigen Lage im agrarpolitischen Umfeld nicht zum Ziel führen. Dazu sind die Ackerkulturen zu wichtig für die Einkommenssicherung der meist spezialisierten Betriebe. Die Einbussen für die Bewirtschafter sind zu gross. Langfristig wird daher neben der bisherigen Information und Beratung mittels Extensivierungsbeiträgen versucht, die Landwirtschaft in den Einzugsgebieten gefährdeter Wasserfassungen so umzustrukturieren, dass die Nitratgehalte sinken werden. Diese Massnahmen benötigen jedoch viel Zeit und ein Umdenken in der Landwirtschaft.

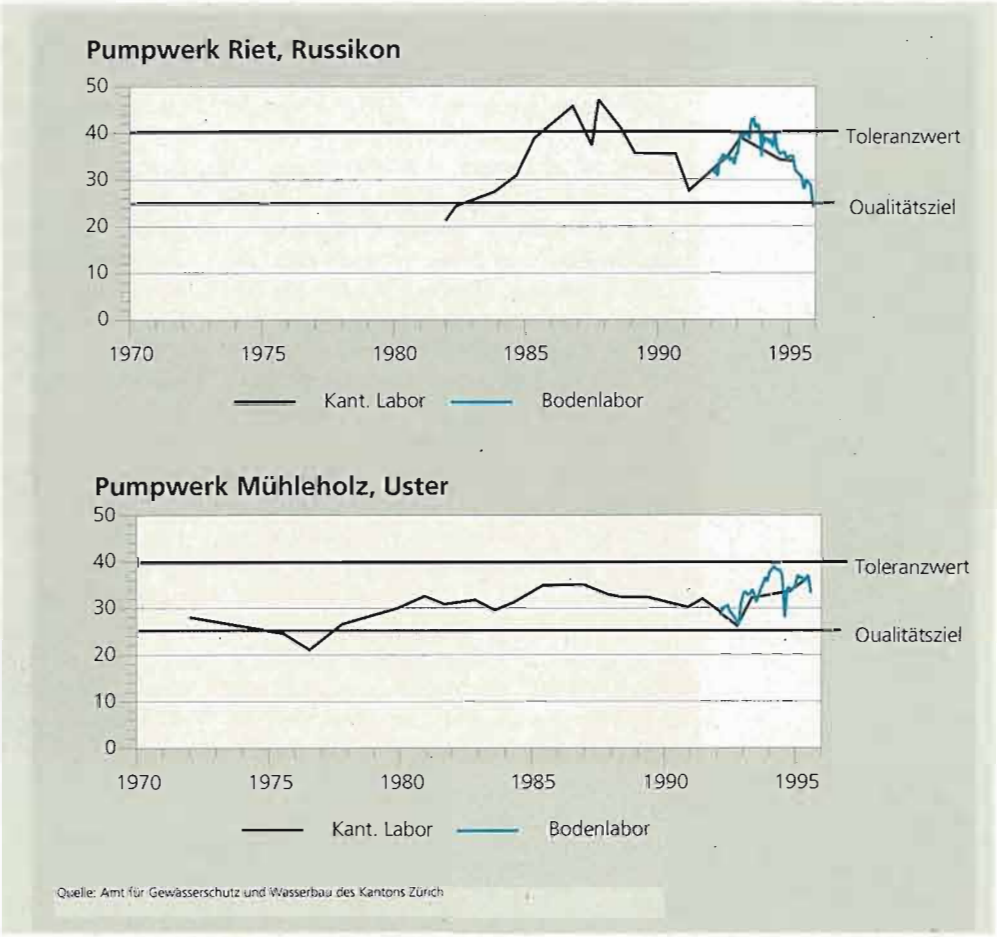


Abb. 82
Nitratgehalte in den Trinkwasserfassungen Riet, Russikon (oben) und Mühleholz, Uster (unten)

Rund 65 % des im Kanton Zürich verbrauchten Wassers wird als Grund- und Quellwasser gewonnen. Es ist eines der Ziele der Gewässerschutzgesetzgebung, dieses Wasser ohne Aufbereitung als Trinkwasser zu verwenden. Von Einzelfällen abgesehen, ist dies heute noch weitgehend möglich. Insbesondere die Trinkwasserfassungen der Städte, die den Grossteil der Bevölkerung versorgen, halten die Qualitätsanforderungen einwandfrei ein. Probleme bereitet der Nitratgehalt, der in einigen ländlichen Gegenden über dem Toleranzwert liegt. Das Einhalten der Qualitätsziele für Trinkwasser bezüglich Nitrat und Lösungsmittel (z. B. flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe) bedarf auch weiterhin grosser Anstrengungen.

Das Verhältnis zwischen der Bevölkerungsdichte und der natürlichen Reinigungsleistung der Flüsse bringt es mit sich, das die Qualität der Fliessgewässer hinsichtlich der Hauptbelastungstoffe Phosphat, Ammonium, Nitrat und abbaubare organische Substanzen in hohem Masse vom einwandfreien und effizienten Betrieb des Abwasserreinigungssystems abhängig ist. Die Reinigungsleistung konnte dank zusätzlichen hohen Investitionen weiter verbessert werden. Dies betrifft insbesondere die Entfernung von Phosphat sowie von Ammonium und Nitrat. Qualitätsverbesserungen in den Gewässern konnten aufgrund dieser Massnahmen vor allem für die Ammoniumbelastung festgestellt werden. Auf die Bemühungen zur Vermeidung an der Quelle ist die hohe Qualität des Klärschlamms zurückzuführen, der bis auf Einzelfälle auch die verschärften Schwermetallgrenzwerte einzuhalten vermag. Um die Effizienz der Abwasserreinigungsanlagen zu verbessern sind vor allem die Massnahmen zur Verringerung des Anteils an unverschmutztem Abwasser konsequent voranzutreiben.

Boden

Bodenaufbau	**159**
Einwirkungen auf den Boden	**160**
Grossräumige Bodenbelastung	**161**
Bodenbelastung in der Umgebung von potentiellen Emittenten	**162**
Kontrolle von Bodenverschiebungen	**169**
Langfristige Bodenbeobachtung	**170**
Massnahmen zum Schutze des Bodens	**170**

Bodenaufbau

Als Boden wird die äusserste, belebte Verwitterungsschicht der Erdoberfläche bezeichnet. Ihre Mächtigkeit beträgt im Kanton Zürich im allgemeinen zwischen 50 und 200 cm. Der Boden ist Grundlage für das Pflanzenwachstum und übernimmt vielfältige Funktionen im Wasserkreislauf, indem er das Wasser filtert (reinigt) und speichert.

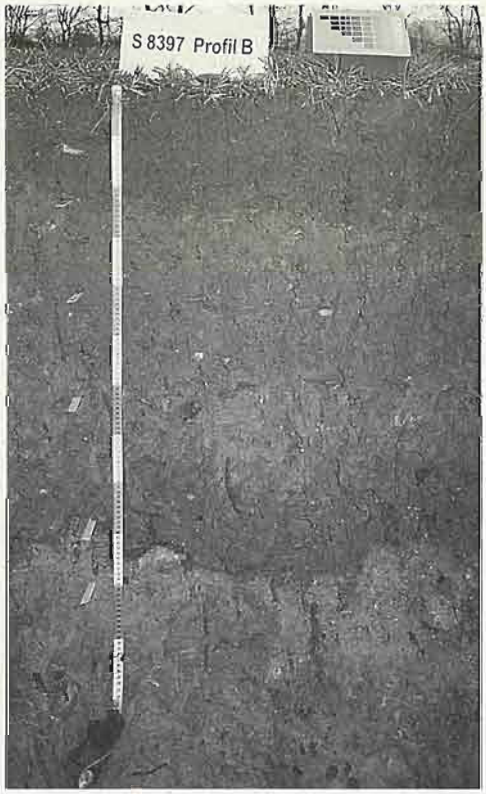


Abb. 83
Bodenprofil

Ein Boden besteht aus einer Bodenmatrix von organischen und mineralischen Feststoffen sowie aus einem Porensystem, in dem sich neben Wasser und Luft die verschiedensten Lebewesen finden. Während die Bodenmatrix Nährstoffe bindet, speichert und unter gewissen Bedingungen an das Bodenwasser abgeben kann, regelt das Porensystem den Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt des Bodens. Ein idealer Pflanzenstandort weist ein ausgewogenes Verhältnis von Grob-, Mittel- und Feinporen auf, so dass überschüssiges Wasser in den Grobporen schnell abfliessen kann und während Trockenzeiten in den Feinporen dennoch genügend Wasser gespeichert wird.

Bedeutung der Bodenlebewesen

Eine kaum vorstellbare Anzahl von Kleinlebewesen bevölkert den Boden. Allein im Volumen eines Streichholzkopfes hätten 100 Milben und Springschwänze Platz. Diese Bodenlebewesen erfüllen eine wichtige Funktion beim Aufbau der Bodenstruktur. Regenwürmer, Mikroorganismen und Kleinstinsekten verkitten Bodenpartikel zu Aggregaten. Unterstützt wird dieser Prozess durch Pilzfäden und Wurzelausscheidungen höherer Pflanzen. Kanäle abgestorbener Pflanzenwurzeln und Wurmröhren stellen stabile Grobporen dar, durch welche Wasser und Luft in tiefere Schichten gelangen können. Grössere Bodentiere – vornehmlich Regenwürmer – transportieren durch ihre Wühltätigkeit nährstoffreiche Humuspartikel von der Bodenoberfläche in die Tiefe, wodurch tiefgründige Böden mit einem stabilen Gefüge entstehen.

Der Boden beschränkt sich also keineswegs auf die Oberfläche, die das Auge wahrnimmt. Vielmehr handelt es sich dabei um einen vielfältigen Lebensraum, dessen

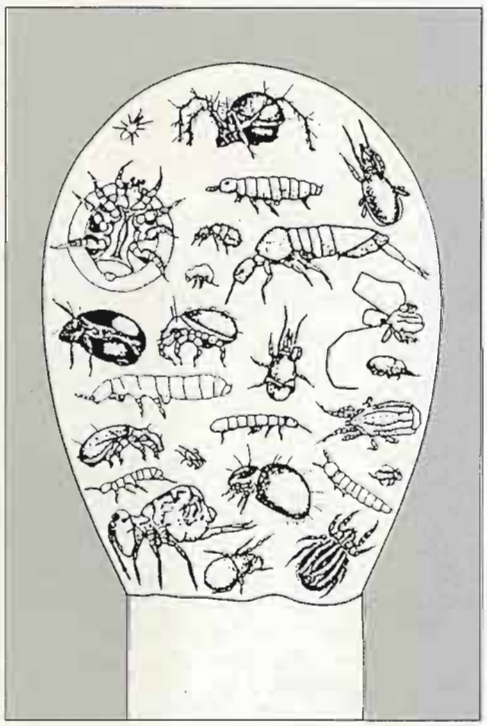


Abb. 84
Eine Vielzahl von Kleinlebewesen bevölkert den Boden

Quelle: Schweizer Naturschutz, Nr. 4/95

Bodenaufbau

Unversehrtheit von entscheidender Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit und für die Nutzung des Bodens durch Land- und Forstwirtschaft ist. Diese Funktion kann der Boden langfristig nur dann erfüllen, wenn er vor schädlichen Einflüssen wie Stoffeinträgen und mechanischer Überbeanspruchung geschützt wird.

Einwirkungen auf den Boden

Boden als Teil der natürlichen Umwelt geht durch Überbauung sowie durch Versiegelung von Strassen und Plätzen verloren (quantitative Beanspruchung). Qualitativ kann der Boden sowohl durch Stoffeintrag wie auch aufgrund mechanischer Einwirkungen geschädigt werden. Giftig wirkende Stoffe wie Schwermetalle oder organische Schadstoffe können das Pflanzenwachstum direkt beeinflussen und die Bodenlebewesen schädigen. Schäden an der Bodenstruktur werden vor allem durch mechanisch-physikalische Einwirkungen verursacht.

Mit der Revision des Umweltschutzgesetzes (USG) wird nach dem Schutz des Bodens vor chemischen Einflüssen (Schadstoffeintrag) auch der physikalische Bodenschutz (Schutz des Bodens vor Zerstörung durch mechanische Überbeanspruchung) geregelt.

Mechanische Beanspruchung

Der Abbau von Kies und Lehm, das Abdecken von Deponieraum, Geländeauffüllungen im Landwirtschaftsland sowie die vorübergehende Beanspruchung des Bodens beim Strassen- (Transportpisten, Installationsplätze) und beim Leitungsbau führen bei unsachgemässer Ausführung oft zu Schäden an der Bodenstruktur. Der Boden kann beim Abtrag, bei der Zwischenlagerung und bei der anschliessenden Rekultivierung durch Verschmieren oder Verdichten geschädigt werden.

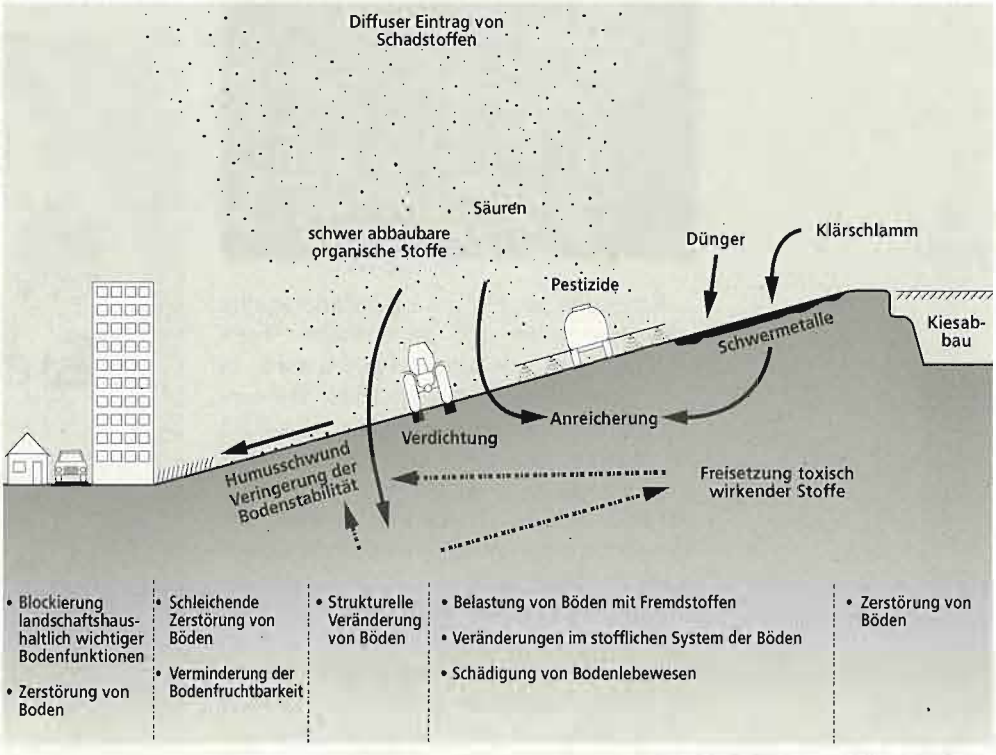


Abb. 85
Bodenbelastungen durch Überbauung, Stoffeintrag und mechanisch-physikalische Beanspruchungen

Quelle: Schweizer Lexikon, Band 1, 1991, leicht verändert

In der Landwirtschaft führt unsachgemässe Bearbeitung des feuchten Bodens zu Verdichtung oder Verschlämmung. Dadurch steigt die Gefahr, dass Niederschlagswasser oberflächlich abfliesst und feine Erdpartikel mitreisst (Erosion). Die Schäden an der Bodenstruktur können auch zur Beeinträchtigung des Sauerstoff- und Wasserhaushaltes (Stauschichten, Vernässungen, oberflächliche Abschwemmungen) führen, was sowohl das Bodenleben wie auch das Wachstum der Pflanzen beeinträchtigt.

Chemische Belastung durch Stoffeinträge

Wachsende Bevölkerungszahl und erhöhter Materialumsatz pro Person vergrössern den vom Menschen verursachten Stoffeintrag in den Boden. Das Ausmass des aktuellen Eintrags von einzelnen Schadstoffen, beispielsweise von Schwermetallen und synthetisch hergestellten organischen Stoffen, ist vor allem menschlichen Aktivitäten zuzuschreiben. Ein Grossteil solcher Schadstoffe wird aus Materialverarbeitungs-, Abnützungs- und Verbrennungsprozessen über die Luft in den Boden eingetragen oder gelangt mit gartenbaulichen bzw. land- und forstwirtschaftlichen Hilfsstoffen (Dünger, Pflanzenschutzmittel) dorthin. Weitere wichtige Quellen sind: nicht angepasste Abfallbewirtschaftung (Deponien), nicht gefasste Abwässer oder solche aus beschädigten Abwasserleitungen, durch Verwitterung freigesetzte Stoffe von Bauwerken und Installationen sowie freigesetzte Stoffe aus dem Muttergestein des Bodens selbst.

Massnahmen gegen übermässigen Stoffeintrag aus der Luft wurden mit der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) eingeleitet und kommen zunehmend zum Tragen. Verschiedene Abluftreinigungstechniken tragen dazu bei, dass der Ausstoss problematischer Stoffe aus Materialverarbeitungs- und Verbrennungsprozessen massgeblich reduziert werden kann (end of pipe-Massnahmen). Die Stoffverordnung (StoV) und die Technische Verordnung über Abfälle (TVA) führen im Sinne des Verursacherprinzips dazu, dass die Verwendung problematischer Stoffe generell an der Quelle reduziert wird.

Schadstoffabbau und Bodensanierung

Mit Hilfe entsprechender Technik gelingt es heute, Wasser- oder Luftbelastungen bei Produktions- und Entsorgungsprozessen zu reduzieren. Für belastete Böden ist dies nur in besonderen Fällen möglich und zudem ausserordentlich schwierig und teuer. Einerseits sind Bodenschadstoffe meist nur schwer abbaubar – bei Schwermetallen und Fluor findet überhaupt kein Abbau statt – anderseits ist der Austrag durch Pflanzen, welche die Schadstoffe aufnehmen oder durch Auswaschung und Verlagerung in tiefere Bodenschichten meist sehr gering. Folglich verbleiben die Schadstoffe in der Regel im Boden und können, wenn der Eintrag nicht unterbunden wird, kontinuierlich angereichert werden.

Grossräumige Bodenbelastung

Lediglich eine Problemverschiebung ergibt sich, wenn verschmutztes Bodenmaterial entfernt und durch sauberes Material ersetzt wird. Einerseits wird dazu genügend sauberes Bodenmaterial von anderen Standorten benötigt, anderseits muss das verschmutzte Bodenmaterial in geeigneten Deponien umweltgerecht entsorgt werden. Die Resultate von grossräumigen Bodenuntersuchungen (Rasternetze Kanton Zürich und Stadt Winterthur, Regionaluntersuchung Furttal) zeigen, dass je nach Region und aktueller Nutzung in 10 % bis 50 % der Fälle mit Richtwertüberschreitungen für Schwermetalle im Oberboden (0–20 cm) gemäss Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) gerechnet werden muss.

Die Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink sind hinsichtlich der Durchschnittsbelastung des Oberbodens und der Anzahl der Überschreitungen der Richtwerte gemäss VSBo generell problematisch. Für Kupfer trifft dies vor allem im Landwirtschafts- und Siedlungsgebiet zu. Im Wald bewirkt der oft saure Boden, dass selbst bei geringen entsprechenden Totalgehalten grös-

sere Konzentrationen an im Bodenwasser gelöstem und damit pflanzenverfügbarem Cadmium und Zink auftreten. Die Spanne bis zum Erreichen der VSBo-Richtwerte ist generell geringer als früher angenommen wurde.

Detailiertere Angaben zur grossräumigen Bodenbelastung sind im Umweltbericht 1992 aufgeführt. Neuere Erkenntnisse liegen nicht vor. Im folgenden wird daher auf diejenigen Teilbereiche eingegangen, für die neue Daten vorliegen.

Bodenbelastung in der Umgebung von potentiellen Emittenten

Grossräumige Untersuchungen geben Aufschluss über die durchschnittliche, nutzungsabhängige Bodenbelastung in einem bestimmten Gebiet. Ausmass und Ausdehnung der Bodenbelastung in der Umgebung von potentiellen Emittenten, wie Kehrichtverbrennungsanlagen, Giessereien, Krematorien, und in Randbereichen von Verkehrsträgern sind nur durch gezielte Einzeluntersuchungen ermittelbar.

Quecksilber in der Umgebung der Zürcher Krematorien

Bei Kremationen verdampfen Amalgam-Zahnfüllungen, wobei erhebliche Mengen an Quecksilber in die Luft freigesetzt werden. Die Belastung des Bodens mit Quecksilber in der Umgebung der drei Zürcher Krematorien in Zürich, Winterthur und Rüti ist in Bezug auf die Richtwerte gemäss Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo-Richtwerte) derzeit noch nicht kritisch. In der Umgebung der Krematorien Zürich und Winterthur ist ein Anstieg des Quecksilbergehaltes im Boden im Nahbereich (bis ca. 100 m) messbar. Eine gesundheitliche Gefährdung besteht zur Zeit kaum, zumal sich die höher belasteten Bereiche auf den Friedhofsarealen befinden.

Künftig muss mit einem weiteren Anstieg des Quecksilbergehaltes im Boden im Nahbereich der Krematorien gerechnet werden, weil die Zunahme des Quecksilberausstosses durch die steigende Kremationszahl viel stärker ins Gewicht fällt als die Abnahme durch die Wirkung der Zahnprophylaxe (vgl. Abb. 86: Dargestellt sind die prognostizierten Entwicklungsszenarien pro Jahrzehnt. Die drei berechneten Szenarien entstehen durch unterschiedliche Annahmen bezüglich des Quecksilberausstosses pro Einäscherung. Szenario 3 bezieht sich nur auf die Jahre 1994 bis 2013).

Um die Anlagen in Winterthur und Zürich muss mit einem Ansteigen des Quecksilbergehaltes (Totalgehalt) über den VSBo-Richtwert gerechnet werden, wenn der Ausstoss von Quecksilber durch die Krematorien nicht mittels geeigneter Massnahmen vermindert wird (vgl. Abb. 87: Die Bodenbelastungs-Werte basieren auf den Vorhersagen aus Abb. 86. Die Berechnung zeigt die für den Boden maximale bzw. minimale künftige Quecksilberbelastung auf. Diese ist in ppm Hg = Milligramm Quecksilber pro Kilogramm Erde angegeben).

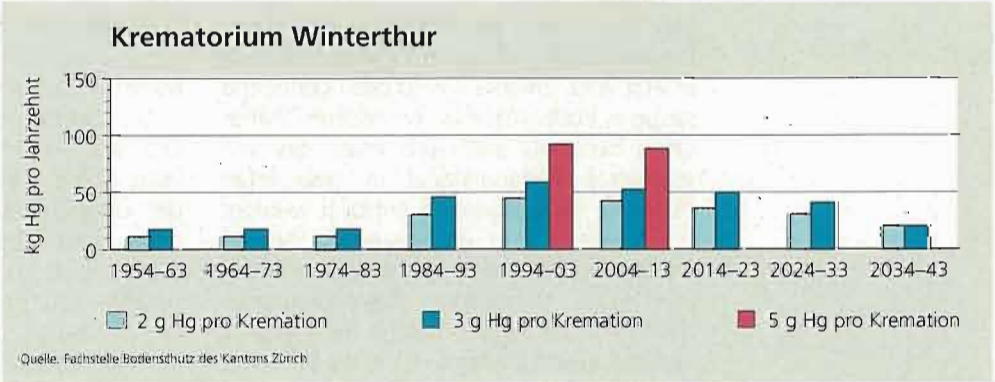


Abb. 86
Entwicklung der Quecksilberemissionen des Krematoriums Winterthur

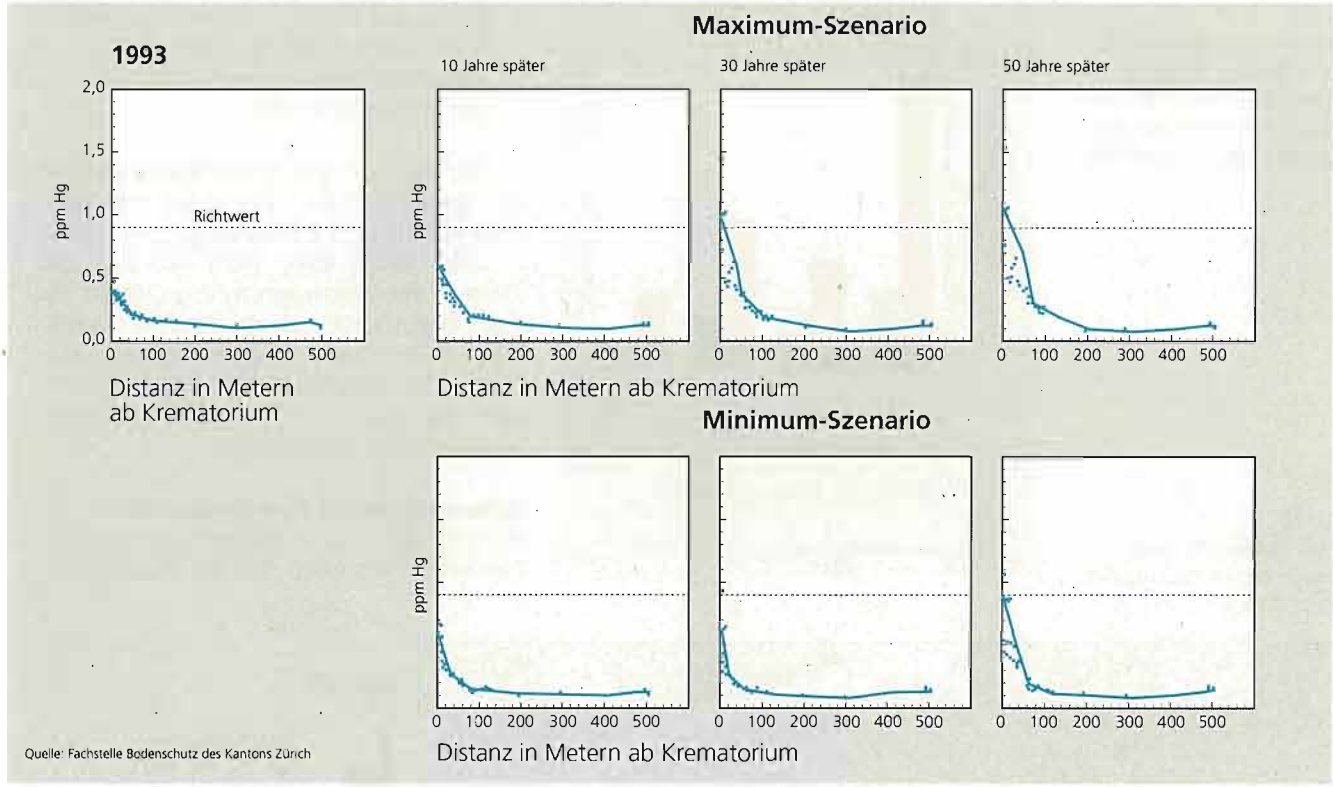


Abb. 87
Entwicklung der Quecksilber-Bodenbelastung in der Umgebung des Krematoriums Winterthur in den nächsten fünfzig Jahren.

Schwermetalle in der Umgebung der Zürcher Kehrichtverbrennungsanlagen

Bei der Verbrennung von Hausmüll werden darin enthaltene Schwermetalle freigesetzt. In der Umgebung der Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) Josefstrasse und Hagenholz in der Stadt Zürich sowie, in weit geringerem Masse, um die KVA Winterthur und Hinwil wurden grossflächige Bodenbelastungen durch die Schwermetalle Blei, Cadmium, Zink und Kupfer festgestellt. Diese Belastungen sind teils auf die Kaminemissionen in früheren Zeiten ohne wirksame Rauchgasreinigung, aber auch auf unsachgemässen Umschlag von Schlacke und Filterstaub bzw. auf den früher in der Umgebung praktizierten Einsatz von Kehrichtkompost und Klärschlamm als Dünger zurückzuführen.

Aufgrund von Untersuchungen und Modellrechnungen kann davon ausgegangen werden, dass nach dem neuesten Stand der Technik betriebene KVA nur ein geringes Potential als Verursacher von Bodenbelastungen mit Schwermetallen aufweisen.

Bodenbelastung mit Schwermetallen und Fluor um Giessereien

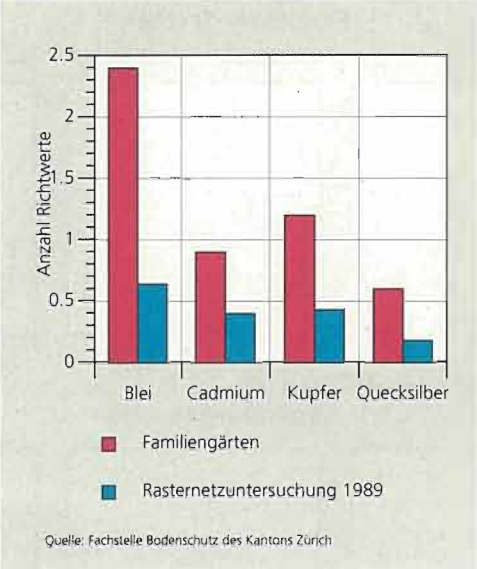
In der Umgebung der neun in den Jahren 1992–1993 untersuchten Zürcher Giessereien (fünf davon haben ihren Betrieb mittlerweile eingestellt) wurde eine messbare, historisch bedingte Bodenbelastung durch Schwermetalle festgestellt.

Kritische Elemente in bezug auf die Richtwerte der Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) sind Fluor, Blei und Kupfer. Als teilweise kritisch müssen die Elemente Cadmium und Zink bezeichnet werden. Vor allem diese Elemente müssen als von Giessereien emittiert eingestuft werden.

Folgende Eintragswege dürften für die Bodenbelastungen relevant gewesen sein:

- Verwehung von schwermetallhaltigen Stäuben bei unsachgemässer Lagerung und Behandlung
- Verwendung von Giessereiabfällen (Schlackensteine, Giessereisande) in privaten Hausgärten
- Indirekter Eintrag von Schwermetallen durch von der metallverarbeitenden Industrie belasteten Klärschlamm

Abb. 88
Vergleich der Schwermetallbelastungen von Böden in Familiengärten mit kantonalen Durchschnittswerten gemäss Rasternetzuntersuchung 1989

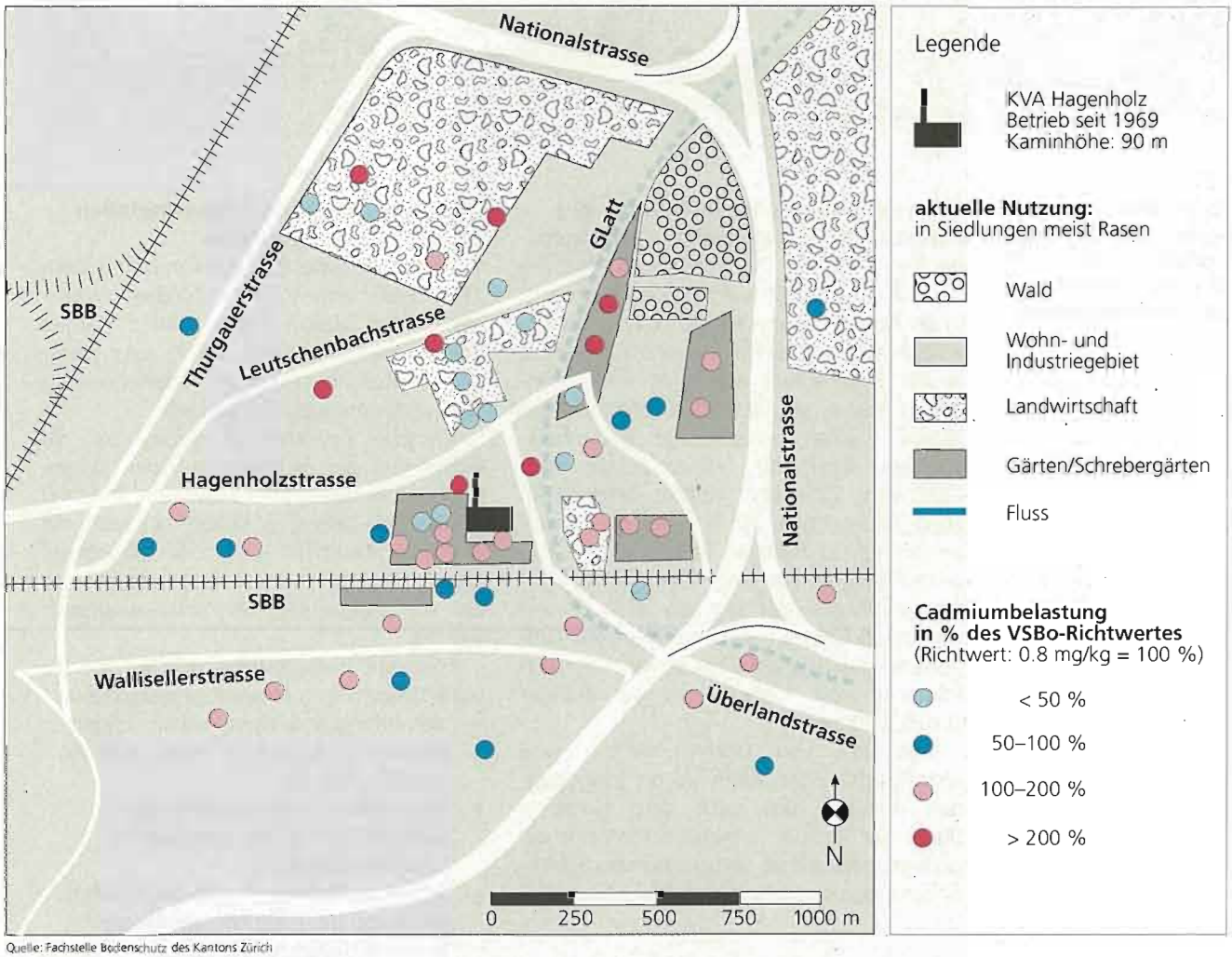


- Emissionen nicht nur über Kamine und Abluftanlagen, sondern auch über Lüftungsschlitze, offene Fenster usw. von Produktionshallen.

Die Ursachen der Bodenbelastungen in der Umgebung der Giessereien sind sehr unterschiedlich. Die Belastungen sind nicht in allen Fällen bzw. nicht nur auf die Tätigkeit der Giessereien zurückzuführen. Es muss angenommen werden, dass z. B. stark städtisch-industriell genutzte Böden durch verschiedenste menschliche Tätigkeiten (Verkehr, Industrie, Gewerbe, Gartenbau usw.) allgemein stark belastet sind.

Schwermetalle in Familiengärten
Auf über 90 % der Gartenparzellen von fünf Familiengartenarealen der Stadt Zürich über-

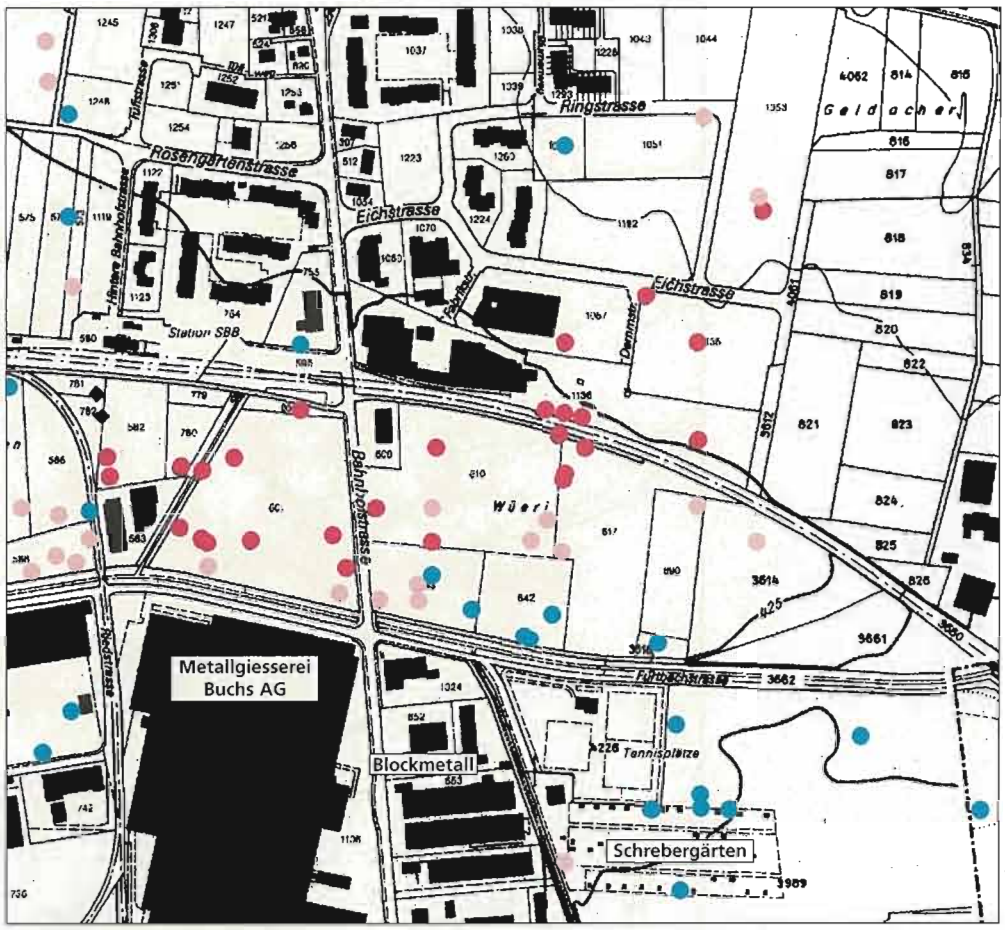
Karte 28
Cadmiumbelastung des Bodens in der Umgebung der KVA Hagenholz



Quelle: Fachstelle Bodenschutz des Kantons Zürich

Bodenbelastung in der Umgebung von potentiellen Emittenten

- > 50 % und < 100 % des Richtwertes
- > 100 % und < 200 % des Richtwertes
- > 200 % des Richtwertes

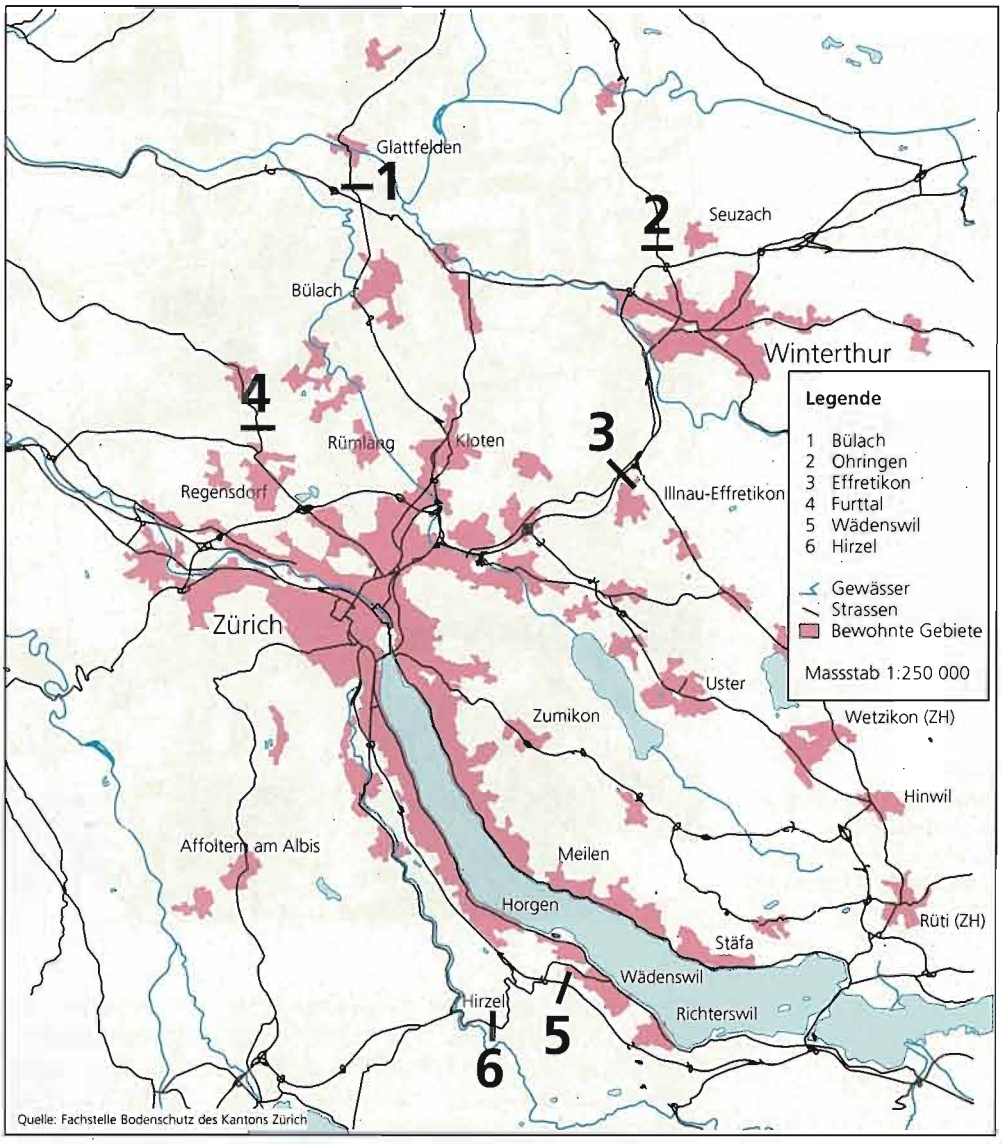


Karte 29
Kupferbelastung des Bodens in der Umgebung der Giessereien Blockmetall AG und Metallgiesserei Buchs AG in Buchs

schreitet der Totalgehalt mindestens eines Schwermetallelementes den Richtwert gemäss Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo). Das bedeutet, dass die Bodenfruchtbarkeit langfristig nicht mehr gewährleistet ist. Die durchschnittlichen Gehalte sind je nach Schwermetall zwei- bis viermal so hoch wie die durchschnittlichen Werte im ganzen Kantonsgebiet (vgl. Abb. 88).

Ursachen sind die Anreicherung von Schwermetallen als Folge des langjährigen Einsatzes schwermetallhaltiger Hilfsstoffe und zum Teil der Schadstoffeintrag aus der Luft. Die höchsten gemessenen Werte sind nur durch den unsachgemässen Einsatz stark belasteter Hilfsstoffe (u. a. Klärschlamm, Kehrichtschlacke und belasteter Kompost) erklärbar.

Bodenbelastung in der Umgebung von potentiellen Emittenten



Karte 30
Übersicht über die Untersuchungsstandorte der Studie «PAK und Schwermetalle an Strassen»

Die Schwermetallgehalte der angebauten Nahrungspflanzen sind generell nicht erhöht. Dies ist auf die derzeit günstigen Bodenbedingungen und die dadurch niedrigen löslichen Schwermetallgehalte zurückzuführen. Der Verzehr von Gemüse aus Stadtzürcher Familiengärten ist unbedenklich.

Cadmium in Nahrungspflanzen

Schwermetallbelastungen in Nahrungspflanzen waren in der Vergangenheit ein vieldiskutiertes Thema. Meist wird festgehalten, dass Cadmium von allen Schwermetallen am ehesten die menschliche Gesundheit durch das Vorkommen in Nahrungspflanzen gefährden kann.

Erhebungen auf Landwirtschaftsböden mit Cadmiumgehalten im Bereich der kantonalen Durchschnittswerte zeigten, dass die Qualität der Nahrungspflanzen keinerlei Anlass zu Bedenken gibt. Die Cadmiumgehalte der angebauten Nahrungspflanzen lagen unterhalb der Toleranzwerte der eidgenössischen Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV).

Auf besonders belasteten Böden können jedoch auch gesundheitlich relevante Konzentrationen an Cadmium in Nahrungspflanzen vorkommen. In diesem Zusammenhang wurden im Gebiet Küsnachter Berg einzelne Landwirtschaftsparzellen, auf denen in der Vergangenheit industrielle

Abfälle ausgebracht wurden, untersucht. Dabei wurden z. T. sehr hohe Cadmiumbelastungen im Boden gemessen und in einigen Fällen in Getreidekörnern Überschreitungen des Grenzwertes der FIV für Cadmium festgestellt. Als Massnahme werden Produktionsbeschränkungen für Kulturen mit einer erhöhten Aufnahmefähigkeit von Cadmium geprüft.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle an Strassen

Eine erste Studie zeigt, dass die Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink im Nahbereich (bis etwa 10 Meter) der untersuchten, stark befahrenen Strassen (vgl. Karte 30) und die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) bis in eine Entfernung von 25 bis 50 Metern in Abhängigkeit vom Abstand zur Strasse deutlich angereichert sind. Hingegen ist keine Beziehung zwischen den PAK- und den Schwermetallgehalten erkennbar.

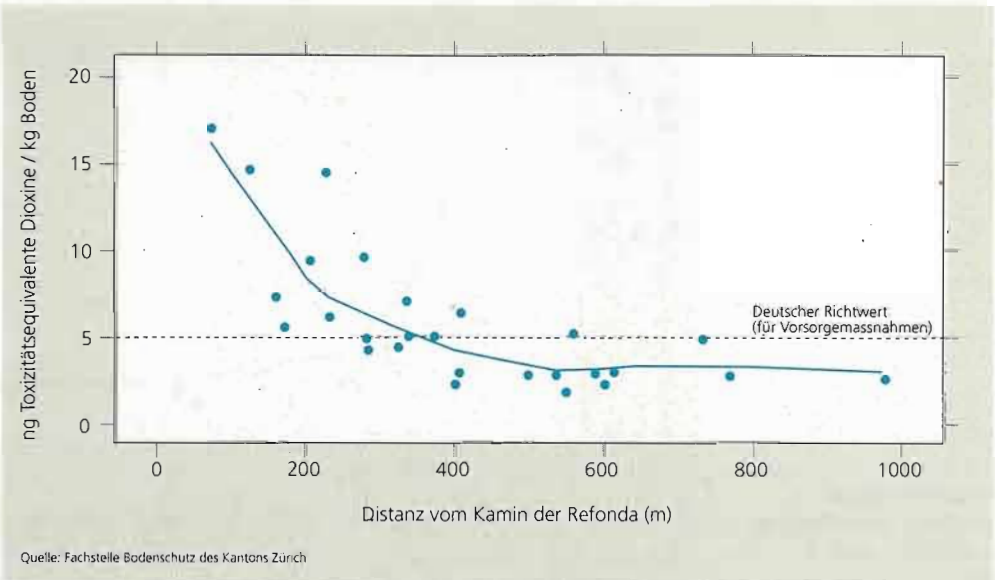
Auch ist kein deutlicher Zusammenhang zwischen der Schadstoffbelastung und der Verkehrsfrequenz oder der Betriebsdauer der Strassen festzustellen.

Überraschend sind Ausmass und Ausdehnung der Belastung beidseits der Strassen. Zu beachten ist zudem die erhebliche toxikologische und ökologische Bedeutung vor allem der hohen PAK-Belastung. Sollten sich diese ersten Ergebnisse in detaillierten Folgeabklärungen, welche die Besonderheiten unterschiedlicher Strassentypen und Standortsituationen berücksichtigen, bestätigen, so müssten Massnahmen im Bereich der Vorsorge und zum Schutze von weiteren Umweltgütern wie dem Grundwasser und der Nahrungsmittelproduktion geprüft werden.

Dioxinbelastung um potentielle Emittenten

In der Umgebung der Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) Hagenholz in Zürich und Zürcher Oberland in Hinwil sowie der Giessereien Refonda in Niederglatt und Blockmetall AG in Buchs wurden bis zu einer Entfernung von einigen hundert Metern leicht erhöhte Dioxin-Gehalte gemessen. Die Höchstwerte lagen bei allen Emittenten in der überwiegenden Mehrzahl unter 20 ng Toxizitätsequivalente pro kg Boden (1 ng = 1 Billionstel Gramm). Diese leicht erhöhten Werte stellen für Mensch und Umwelt kein Risiko dar. Nach provisorischen deutschen Richtwerten ist allerdings als Vorsorgemassnahme bei Belastungen im Bereich von 5 – 40 ng/kg auf Weidegang, Grünfütterung und Winterbrache zu verzichten. Um das Verschleppen von dioxinbelasteter Erde zu verhindern, unterliegt die Verschiebung von Bodenmaterial aus den belasteten Flächen einer Kontrolle (vgl. «Prüfperimeter Bodenverschiebungen»).

Stärker erhöhte Dioxingehalte im Oberboden (0 – 20 cm) beschränken sich auf



Quelle: Fachstelle Bodenschutz des Kantons Zürich

Abb. 89
Bodenbelastung durch Dioxine in der Umgebung der ehemaligen Giesserei Refonda in Niederglatt

kleine, abgrenzbare Flächen in der Umgebung der Blockmetall AG und der KVA Hagenholz, wo Stäube aus Abgasfiltern direkt abgelagert wurden. Diese als Altlasten geltenden Standorte wurden unmittelbar nach Vorliegen der Untersuchungs-Ergebnisse für den öffentlichen Zutritt gesperrt und saniert. Die bestehenden Belastungen werden aufgrund der schlechten Abbaubarkeit der Dioxine für lange Zeit erhalten bleiben. Aufgrund von emissionsmindernden Luftreinhaltemassnahmen bei den KVA und den Produktionsanlagen der Blockmetall AG ist künftig keine relevante Erhöhung der Bodenbelastung mit Dioxinen zu erwarten. Die Refonda hat den Betrieb eingestellt.

Verschleppen von Bodenbelastungen

Durch unkontrolliertes Verschieben von Aushubmaterial mit erhöhtem Schadstoffgehalt auf gesunde Böden ergeben sich zusätzliche Bodenbelastungen an neuen Standorten. Im Kanton Zürich fallen bei Bautätigkeiten jährlich schätzungsweise 500'000 m^3 Oberbodenmaterial («Humus») an. Davon weisen etwa 30 % oder ca. 150'000 m^3 Richtwertüberschreitungen in bezug auf einen Schadstoff gemäss Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) auf, ca. 5 % liegen über dem doppelten Richtwert. Es handelt sich dabei nur im Ausnahmefall um stark schadstoffbelasteten Boden im Sinne von Altlasten, der zur Verhinderung von akuten Umwelt- oder Gesundheitsschäden saniert werden müsste. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Fruchtbarkeit des Bodens auf den betroffenen Flächen langfristig nicht mehr gewährleistet ist.

Massnahmen im Bodenschutz dürfen sich deshalb nicht allein auf das Aufdecken und Ausschalten von Emittenten beschränken; sie müssen auch diese Art von Bodenverschmutzungen verhindern. Dazu muss Bodenmaterial mit Richtwertüberschreitungen vor einer Verschiebung erkannt und einer umweltgerechten Wiederverwertung zugeführt werden.

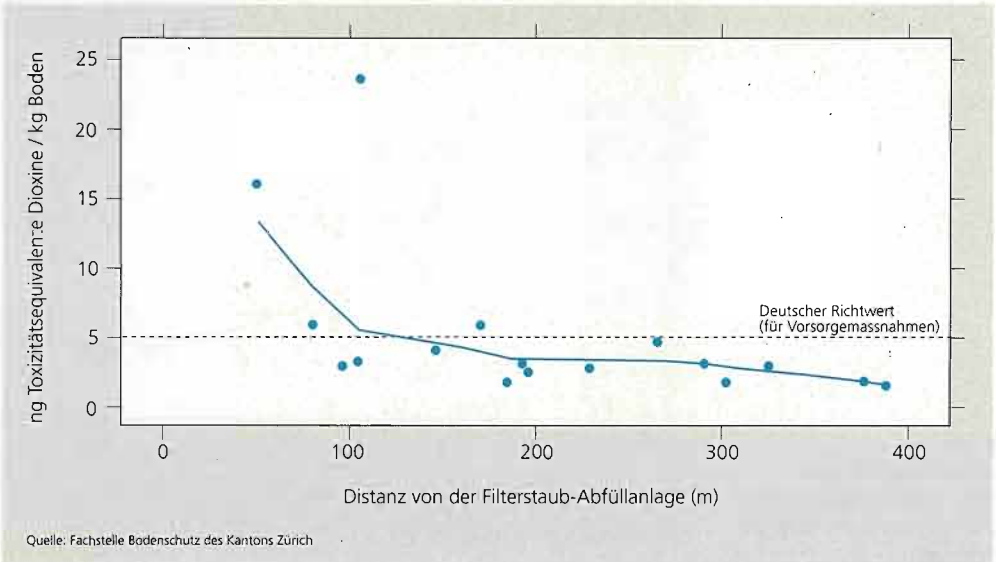
«Prüfperimeter Bodenverschiebungen»

Zur Umsetzung von Kontrollmassnahmen soll ein flächendeckender Kataster der erhöht schadstoffhaltigen Böden für den ganzen Kanton erstellt werden.

Um den finanziellen Aufwand möglichst gering zu halten, ist ein Kataster der Verdachtsflächen («Prüfperimeter Bodenverschiebungen») zweckmässig. Er soll alle vermutlich belasteten Flächen enthalten wie sie sich aus Einzelfalluntersuchungen sowie aufgrund einschlägiger Verdachtsmomente ergeben (vgl. Abb. 91).

Vollzug

Werden bei Bauvorhaben innerhalb des Prüfperimeters namhafte Mengen an Erde abtransportiert, müssen Prüffirmen zur Abklärung möglicher Belastungen und



Quelle: Fachstelle Bodenschutz des Kantons Zürich

Abb. 90
Bodenbelastung durch Dioxine in der Umgebung der Giesserei Blockmetall AG in Buchs

Kontrolle von Bodenverschiebungen

allenfalls zum Erarbeiten von Aushubkonzepten zugezogen werden. Analysenkosten fallen bei dieser Vorgehensweise erst dann an, wenn auch wirklich möglicherweise belasteter Boden verschoben werden soll. Während die Verschiebung von unbelastetem Boden frei gewählt werden kann, ist sie bei Überschreitung der Richtwerte gemäss VSBo nur noch eingeschränkt zulässig. Nach Möglichkeit soll belastetes Bodenmaterial an Ort und Stelle wiederverwendet werden. Zur Vermittlung geeigneter Aufbringeorte ausserhalb der jeweiligen Bauparzelle ist der Betrieb einer Bodenbörse geplant. Das Kontrollverfahren soll möglichst effizient gestaltet werden. Ziel ist es, mit minimalem administrativem Aufwand, ohne Bauverzögerungen und mit minimalem Verbrauch von Deponievolumen den Boden vor Schadstoffbelastungen als Folge von Bodenverschiebungen bei Bauarbeiten zu schützen.

Kontrollen von Bodenverschiebungen werden im Kanton Zürich bereits heute im Einflussbereich einzelner gut untersuchter Emittenten systematisch durchgeführt. Ein kantonsweiter «Prüfperimeter Bodenverschiebungen» unter Einbezug der bereits vorhandenen Untersuchungsresultate ist in Bearbeitung.

Da Boden weder ein grossflächig sanierbares, noch ein erneuerbares Gut ist,

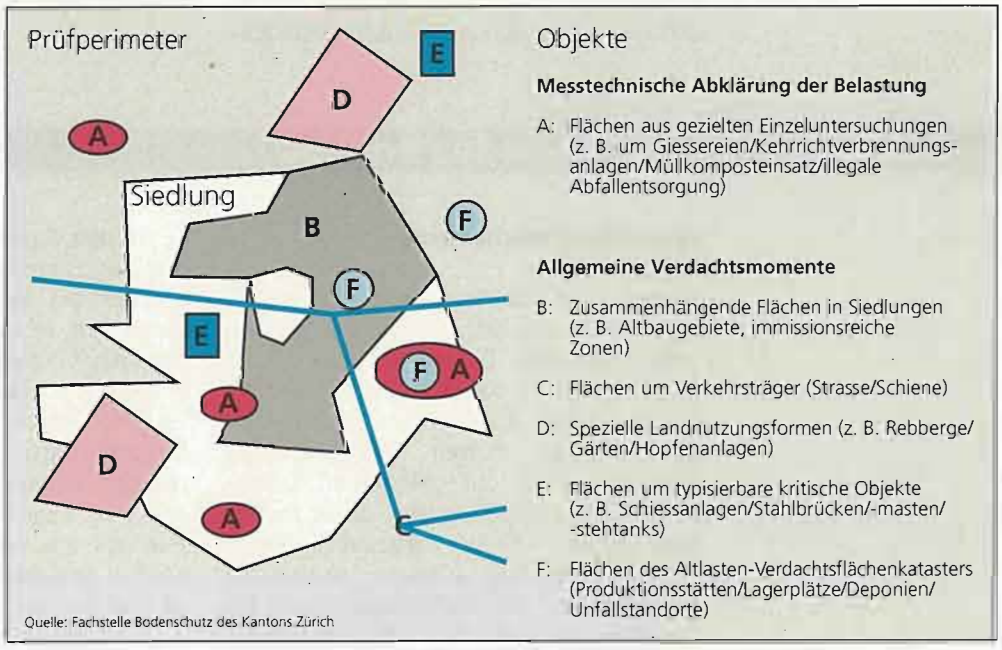


Abb. 91
Schematischer Aufbau des «Prüfperimeters Bodenverschiebungen»

Langfristige Bodenbeobachtung

besteht sein Schutz in erster Linie in der Prävention. Im Falle von Fehlentwicklungen müssen Massnahmen ergriffen werden, bevor eine irreversible Schädigung der Bodenfruchtbarkeit eingetreten ist. Die Früherkennung von Bodenverschlechterungen ist daher ein zentrales Anliegen des Bodenschutzes. Langsame Veränderungen der Bodenfruchtbarkeit können mit einmaligen Bodenanalysen nicht erfasst werden. Dazu sind zeitlich gestaffelte Messreihen an ausgewählten Standorten notwendig.

Zur langfristigen Überwachung der Bodenqualität ist ein Kantonales Bodenbeobachtungsnetz (KABO) vorgesehen. Dieses soll etwa 60 Standorte umfassen und im Gegensatz zu den sonst üblichen Ist-Zustands-Untersuchungen auch die tieferen Bodenschichten erfassen. Zudem soll die Zahl der zu beobachtenden Stoffe und Kennzahlen auf den jeweiligen Standort abgestimmt und erweitert werden. Insbesondere sollen auch organische Schadstoffe erfasst werden. Das geplante Beobachtungsnetz wird auf weite Sicht angelegt, so dass die einzelnen Standorte auch noch nach Jahrzehnten untersucht werden können. Im Frühling 1995 bewilligte der Kantonsrat einen Rahmenkredit von 7,5 Mio. Franken für das KABO. Nachdem die Projektierungsarbeiten zu den Standorteinrichtungen und Untersuchungsverfahren auf dem entsprechenden Stand waren, wurde mit der Evaluation und Beprobung erster Standorte begonnen. Als Folge der Sparmassnahmen konnten die vorgesehenen Analysen der entnommenen Bodenproben nicht durchgeführt werden, und das KABO musste aus finanziellen Gründen sistiert werden.

Massnahmen zum Schutze des Bodens

Vermeidung mechanischer Bodenschäden

Sowohl in der Landwirtschaft als auch für Erdarbeiten und Rekultivierungen gilt derselbe Grundsatz: Der Boden darf nur in trockenem (d. h. tragfähigem) Zustand befahren werden. Auch bei geringen Terrainveränderungen müssen Rekultivierungen fachgerecht und mit geeignetem Erdmaterial durchgeführt werden, damit fruchtbarer Boden wieder hergestellt werden kann. Mit den 1991 erlassenen kantonalen Richtlinien für die Durchführung von Rekultivierungen steht eine detaillierte Anleitung zu einem bodenschonenden Vorgehen zur Verfügung. Zur Vermeidung von mechanischen Bodenschäden bei Rekultivierungen müssen diese Richtlinien konsequent befolgt und die frisch geschütteten Böden schonend bewirtschaftet werden.

Besondere Beachtung ist dem Abschluss von Deponien zu schenken, weil es dort neben der mechanischen Schädigung des Bodens auch den Schadstofftransfer aus der Deponie in den darüberliegenden Boden zu verhindern gilt. Geeignete Verfahren zur Gestaltung derartiger Abschlüsse müssen in der Praxis erprobt und auf ihre langfristige Eignung hin überprüft werden.

Für den Gasleitungsbau hat das Bundesamt für Energiewirtschaft Richtlinien zum Schutze des Bodens erlassen. Sie sollen durch eine einheitliche Regelung des Projektablaufs Konflikten vorbeugen und ein bodenschonendes Vorgehen sicherstellen. Eine detaillierte Bodenkartierung dient als Entscheidungsgrundlage für Schutzmassnahmen während des Leitungsbaus. Gestützt auf tägliche Messungen der Bodenfeuchte wird während der Bauphase laufend entschieden, welche Erdarbeiten ausgeführt werden können.

Auch bei anderen Grossbaustellen wird dieses Verfahren erfolgreich angewandt.

Schutz vor chemischen Einwirkungen

Der Schutz des Boden liegt in erster Linie in der Prävention. Eine Abkehr vom Grenz- bzw. Richtwertdenken hin zum gleichgewichtsorientierten Bodenschutz ist notwendig, d. h. es gilt, den Schadstoffeintrag mindestens auf den Wert des Schadstoffaustrages zu reduzieren.

Voraussetzung für die Verminderung des Schadstoffeintrags aus der Luft ist eine kompromisslos nachhaltige Umsetzung der Massnahmen gemäss Luftreinhalte-Verord-

Massnahmen zum Schutze des Bodens

nung (LRV, vgl. Kapitel Luft) und Stoffverordnung (StoV).

Die in der Stoffverordnung vorgezeichneten Leitplanken für die Verwendung von landwirtschaftlichen Hilfsstoffen sind in der Praxis konsequent einzuhalten. In der Landwirtschaft und vor allem im Bereich der öffentlichen und privaten Gärten ist dabei der Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln an die Bedürfnisse der Pflanzen und die Nährstoffversorgung der Böden anzupassen. Bei der Produktion von Lebensmitteln muss, abgestützt auf fundierte Sachkenntnisse, Ertragsmaximierung restlos durch Qualitätsoptimierung abgelöst werden.

Bei Bodenverschiebungen im Rahmen von Bauarbeiten muss verhindert werden, dass Flächen, die über eine intakte Bodenfruchtbarkeit verfügen, mit belastetem Aushubmaterial überdeckt und verunreinigt werden (Kontrolle von Bodenverschiebungen).

In Einzelfällen sind weitere Abklärungen zur Ermittlung der Bodenbelastung in der Umgebung von potentiellen Emittenten nötig. Bei erhöhten Schadstoffgehalten müssen die allfälligen Gefahren für Menschen, Tiere, Pflanzen und weitere Schutzgüter abgeklärt werden. Die hierzu erforderlichen Grundlagen müssen z. T. noch erarbeitet werden.

Altlasten

Erfassung und Erstbewertung 173
Untersuchung, Sanierung, Gefahrenpotential 173

Altlasten
Altlasten sind Bereiche von Anlagen, Unfällen und Ablagerungen, für die nachgewiesen ist, dass sie die Umwelt durch das Vorhandensein oder die Emission von Schadstoffen gefährden. Als Altlasten gelten auch die zu diesen Bereichen gehörenden, mit Schadstoffen belasteten Feststoffe, insbesondere Bodenmaterialien. Verdachtsflächen sind vermutete, aber noch nicht nachgewiesene Altlasten. (Abfallgesetz § 30).

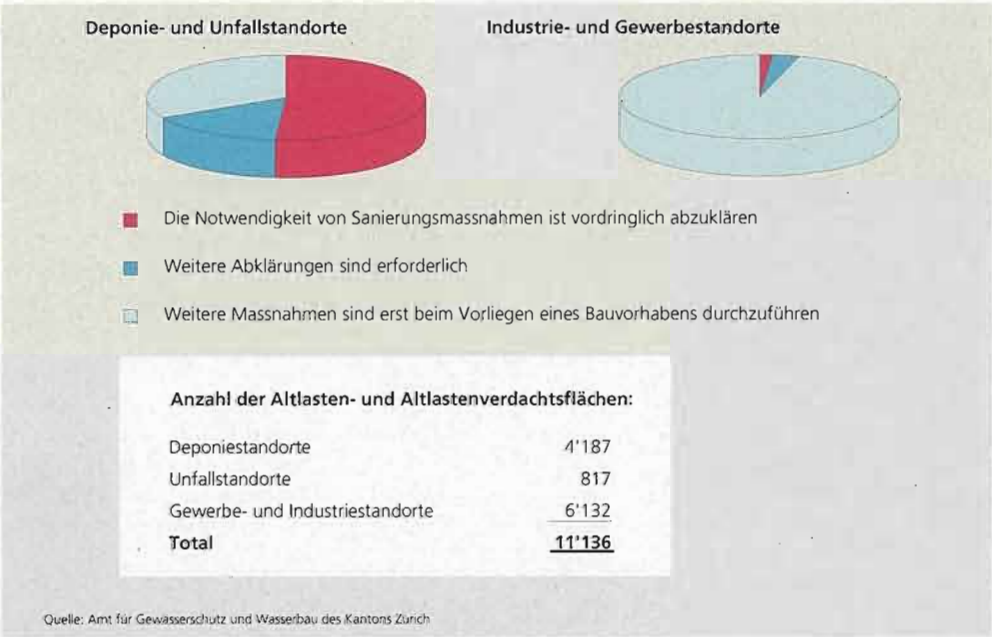
Erfassung und Erstbewertung

Im Kataster der Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen sind 11136 Standorte erfasst, aufgeteilt in 4187 Deponie-, 815 Unfall- und 6132 Industrie- und Gewerbestandorte (vgl. Abb. 92). Beim Vorliegen eines Bauvorhabens auf einem erfassten Standort sind Altlastenabklärungen zwingend vor der Erteilung der Baubewilligung durchzuführen. In einer Erstbewertung wurden alle Standorte, basierend auf vorhandenen Informationen und Erfahrungswerten, aufgrund des vermuteten Gefährdungspotentials klassiert. Standorte mit höchster Priorität sind unabhängig von einem Bauvorhaben sobald als möglich auf Veranlassung der Verwaltung zu untersuchen.

Untersuchung, Sanierung, Gefahrenpotential

Das am 1. Januar 1996 in Kraft getretene Gesetz über die Abfallwirtschaft (AbfG) enthält die Rechtsgrundlagen für die Sanierung der Altlasten. Merkblätter mit den grundlegenden Anforderungen an die für die Genehmigungen beizubringenden Unterlagen liegen seit einiger Zeit vor.

Rund 800 Altlastenfälle wurden bis anhin der zuständigen Behörde gemeldet. Für rund 400 Fälle wurden die erforderlichen Massnahmen ausgeführt und abgeschlossen. Die übrigen befinden sich in den verschiedenen Phasen der Abklärung.



Anzahl der Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen:	
Deponiestandorte	4'187
Unfallstandorte	817
Gewerbe- und Industriestandorte	6'132
Total	**11'136**

Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Abb.92
Altlasten und Altlastenverdachtsflächen mit den zu treffenden Massnahmen

Untersuchung, Sanierung, Gefahrenpotential

In einem ersten Stadium der Altlastensanierung stand fast ausschliesslich die Ablagerung der schadstoffbelasteten Materialien in mehr oder weniger gesicherten Deponien im Vordergrund. Heute stehen chemisch-physikalische, thermische und biologische Behandlungsverfahren zur Verfügung, die einen nachhaltigeren Umgang mit Schadstoffen ermöglichen. Allerdings ist noch viel Entwicklungsarbeit zu leisten, bis für die wichtigsten Schadstoffe ökologisch und ökonomisch befriedigende Behandlungsverfahren zur Verfügung stehen.

Bei über 95 % der bearbeiteten Fälle wurden schadstoffbelastete Materialien gefunden. Art und Umfang der Belastungen und die kontaminierten Mengen variieren von Fall zu Fall innerhalb einer grossen Bandbreite. Die Erfahrungen zeigen aber, dass in Bausubstanz und Untergrund grosse Schadstoffmengen eingelagert sein können. Darunter sind Schadstoffe wie polychlorierte Biphenyle (PCB), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Dioxine, aber auch problematische Schwermetalle wie Quecksilber, Cadmium und Chrom. Trotz der hohen Belastungen sind nur wenige Fälle von akuter Toxizität bekannt. Alarmierend ist, dass für einige krebserzeugende und das Erbgut schädigende Schadstoffe keine Unbedenklichkeitswerte bekannt sind. Viele dieser Schadstoffe sind, wenn sie einmal einen Weg in die Umwelt gefunden haben, kaum mehr oder nur mit sehr grossem Aufwand rückholbar. Sie sollten also in möglichst konzentrierter Form aus der lokalen Altlast entfernt und unschädlich gemacht werden.

Lebensräume und Landschaft

Zustand von Natur und Landschaft 175
Stand der Schutzmassnahmen 182
Naturschutzstrategien 186

Zustand von Natur und Landschaft

Detailinventare

Die Darstellung des Zustandes von Natur und Landschaft stützt sich hauptsächlich auf Detailinventare (thematische Inventare ohne rechtsverbindliche Funktion). Derartige Inventare werden seit Beginn der siebziger Jahre für verschiedene Tier- und Pflanzengruppen sowie spezielle Biotoptypen erhoben. Sie sind unerlässliche Voraussetzung für Schutzbemühungen jeglicher Art (vgl. Abschnitt «Stand der Schutzmassnahmen», Seite 182). Gegenwärtig kann die Pflanzen- und Tierwelt nur schrittweise erfasst werden und eine Aktualisierung der Daten ist nur in grossen Zeitabständen möglich. Zudem existiert für den Bereich Natur und Landschaft kein Monitoringprogramm. So sind seit Erscheinen des Umweltberichtes 1992 für die meisten Aspekte des Natur- und Landschaftsschutzes keine neuen Daten verfügbar. Im folgenden wird daher nur auf jene Aspekte eingegangen, für welche neue oder aktualisierte Erkenntnisse vorliegen. Für alle anderen, insbesondere für die Zustandsbeschreibung der Lebensräume, sind die Aussagen des Umweltberichtes 1992 noch gültig.

Inventar	Abschluss	Überarbeitung
Amphibieninventar	1972	1984
Geologisches Inventar	1975	1983
Trockenstandortinventar	1976	1991
Wasserpflanzeninventar	1977	1990
Ornithologisches Inventar	1975	1985
Ornithologisches Obstgarteninventar	1977	
Pflanzensoziologische Kartierung der Feuchtgebiete	1979	
Ornithologisches Waldinventar	1977	1988
Libelleninventar	1984	
Pflanzensoziologische Kartierung der Wälder	1988	
Waldstandorte mit naturkundlicher Bedeutung	1997	
Obstgarteninventar	1990	
Reptilieninventar	1994	
Tagfalterinventar	1994	
Inventar der Rebberg-Begleitflora	in Arbeit	
Heuschreckeninventar	in Arbeit	
Inventar der Waldstandorte mit naturkundlicher Bedeutung	in Arbeit	
Inventar der seltenen und bedrohten Farn- und Blütenpflanzen	in Arbeit	

Quelle: Amt für Raumplanung des Kantons Zürich, Fachstelle Naturschutz

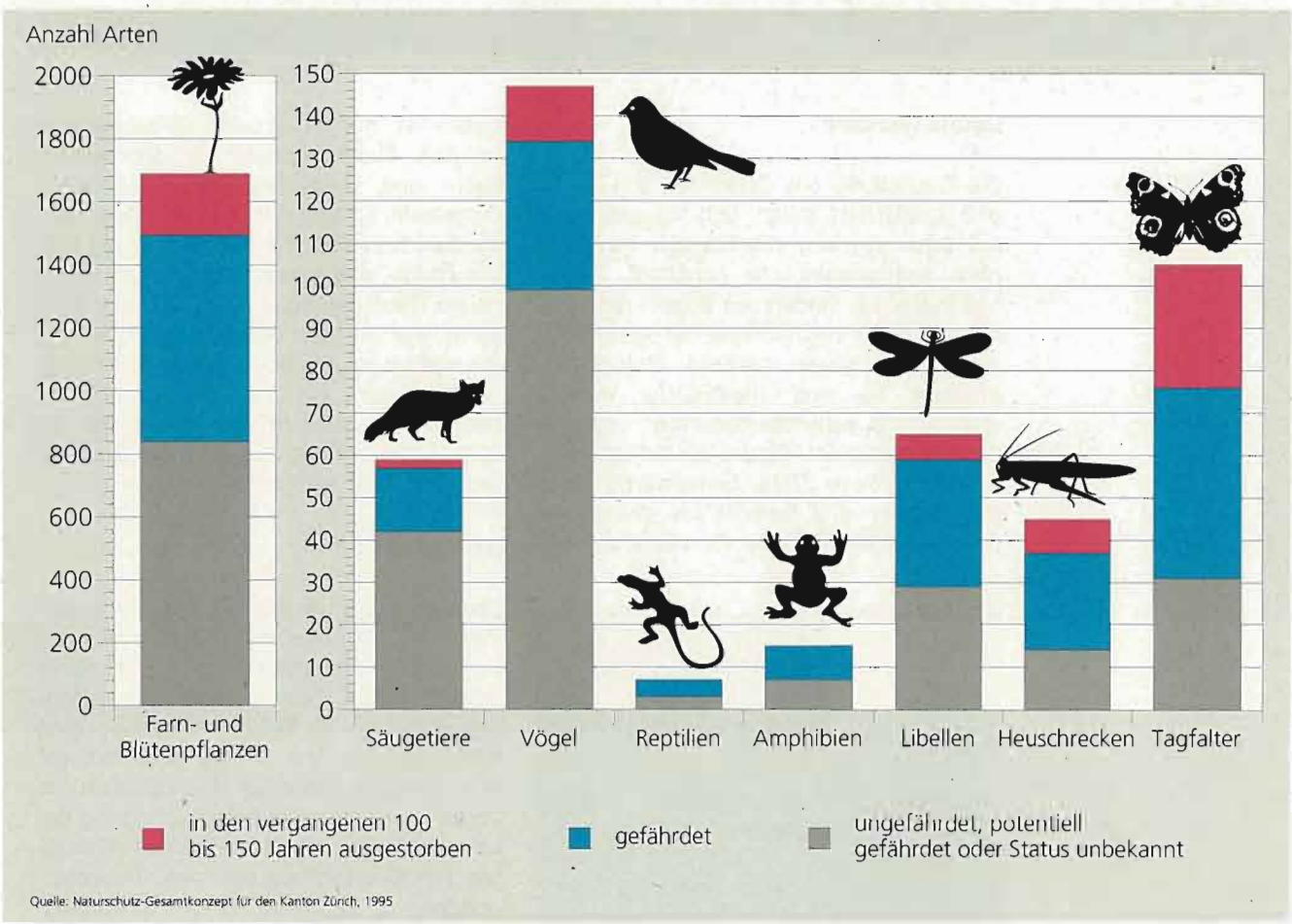
Tab. 10
Liste der im Kanton Zürich erarbeiteten Naturschutz-Detailinventare

Artenvielfalt

Die Vielfalt der hierzulande vorkommenden Tier- und Pflanzenarten dürfte zu Beginn des letzten Jahrhunderts einen Höhepunkt erreicht haben. Seither nimmt die Artenvielfalt wieder ab. Diese Entwicklung ging erst langsam, dann immer schneller vor sich. Die Ursachen dafür sind zahlreich. Im Vordergrund steht die Beeinträchtigung der Lebensräume durch zivilisatorische Aktivitäten wie Gewässerverbauungen, Trockenlegungen von Feuchtgebieten, Industrialisierung, Bau und Ausbau von Siedlungen, Strassen und Eisenbahnen, vor allem aber auch die Rationalisierung und Intensivierung in der Landwirtschaft sowie die veränderte Bewirtschaftung des Waldes.

Farn-, Blütenpflanzen und Moose
Mehr als die Hälfte der einheimischen Farn- und Blütenpflanzen im Kanton Zürich sind heute bedroht oder bereits ausgestorben. Dieser Artenrückgang der Flora steht in engem Zusammenhang mit dem Verlust an speziellen Lebensräumen. Der Hauptanteil der sehr seltenen Farn- und Blütenpflanzen ist auf extreme Standortverhältnisse (z. B. nährstoffarm, sehr trocken, sehr nass usw.) angewiesen. Zudem ist es notwendig, dass die für sie geeigneten Bedingungen über lange Zeit bestehen bleiben (Biotopbeständigkeit).

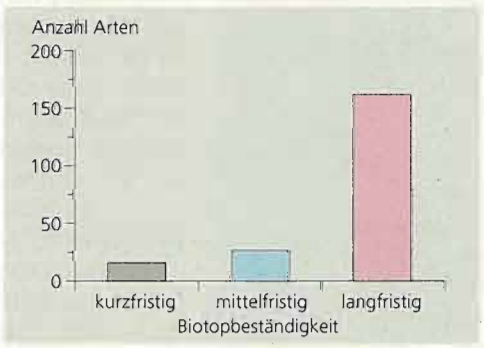
Säugetiere
Mit Ausnahme des Schwarzwildes haben sich die Wildbestände in den letzten Jahren



Quelle: Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich, 1995

Abb. 93
Gefährdungsgrade von Pflanzen- und Tierarten im Kanton Zürich

wenig verändert. Jährliche Schätzungen zeigen, dass die Reh-, Hirsch- und Gemsbestände innerhalb enger Grenzen konstant geblieben sind. Der Bestand des Schwarzwildes wächst dagegen seit 1990 überdurchschnittlich an und hat sich seither mehr als verzehnfacht. Ausgehend vom Weinland und Unterland, breiten sich die Wildschweine in südöstlicher Richtung aus. Ein Ende der Expansionsphase ist noch nicht



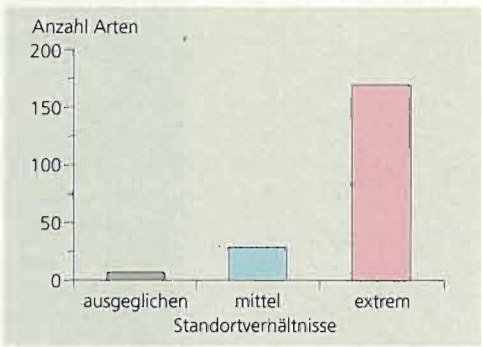
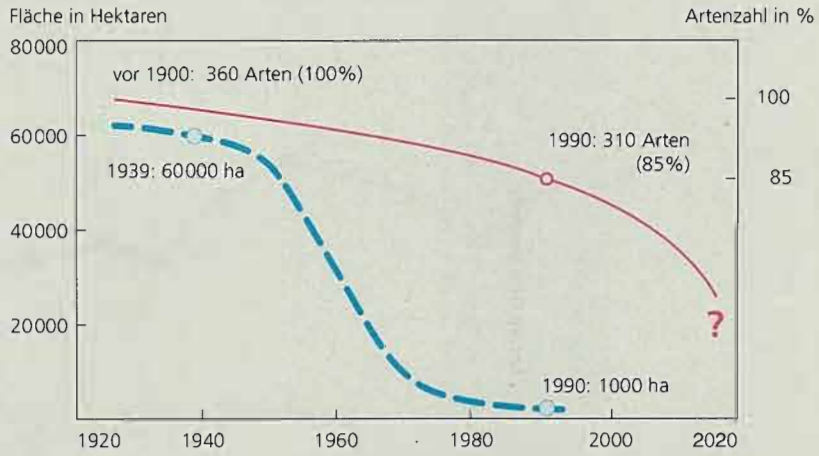


Abb. 94
Artenhäufigkeit von Farn- und Blütenpflanzen in Abhängigkeit der Lebensraumbedingungen

Bedeutung der Biotopbeständigkeit für Farn- und Blütenpflanzen: Anzahl sehr seltene Arten in langfristig, mittelfristig resp. kurzfristig bestehenden Biotopen.

Bedeutung der Standortverhältnisse für Farn- und Blütenpflanzen: Anzahl sehr seltene Arten auf extremen, mittleren resp. ausgeglichenen Standortverhältnissen.

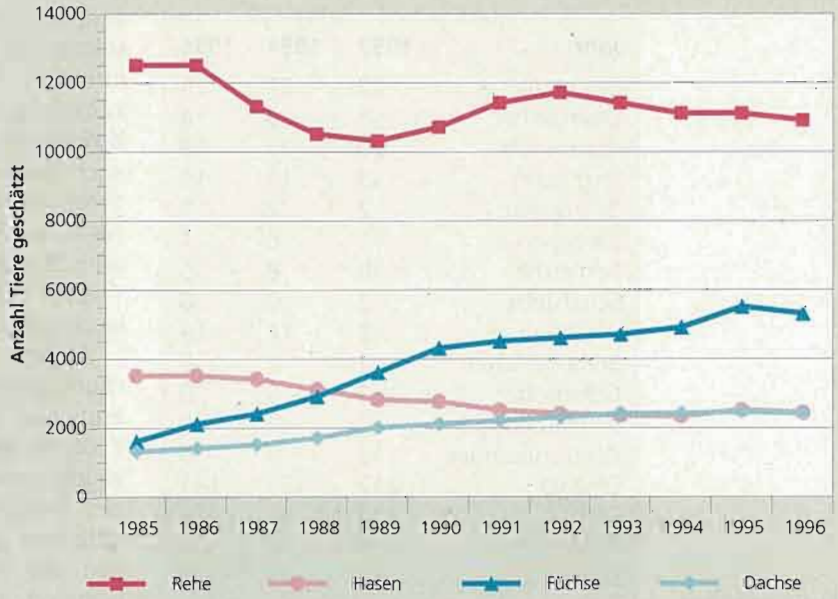
Quelle: Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich 1995



Quelle: Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich, 1995

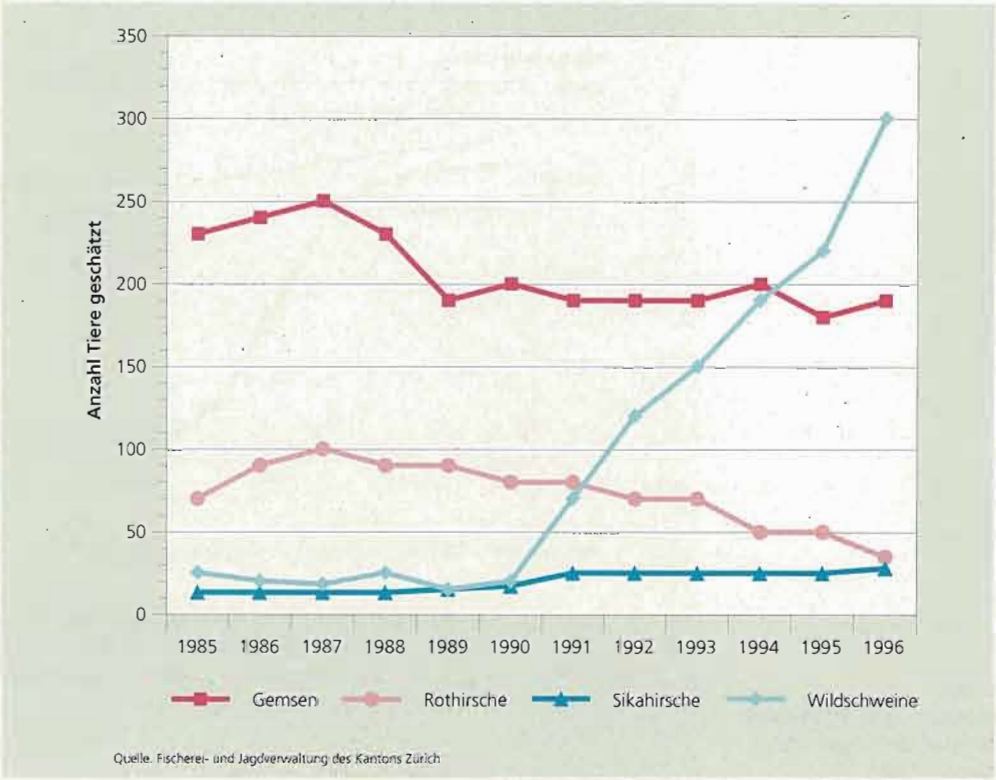
Abb. 95
Lebensraum- und Artenverlust am Beispiel der Magerwiesen im Kanton Zürich

erreicht. Die Fuchsbestände zeigen weiterhin eine leicht steigende Tendenz, während sich die Zahl der Dachse stabilisiert hat. Auch der Bestand an Feldhasen blieb in den vergangenen fünf Jahren mehr oder weniger stabil, dies jedoch auf einem tiefen Niveau.



Quelle: Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Zürich

Abb. 96
Wildbestand 1985 –1996



Quelle: Fischerei- und Jagdverwaltung des Kantons Zürich

Abb. 97
Wildbestand 1985 –1996

Vögel

Die Bestandesentwicklung der Vogelarten wird im Rahmen des Avimonitoring-Projektes seit 1993 in 20 ausgewählten Gebieten jährlich nach standardisierten Kriterien beobachtet. Die bisherigen Erhebungen zwischen 1993 und 1995 belegen einen anhaltenden Rückgang sowohl der Artenzahl wie auch der spezifischen Bestände der einzelnen Arten. Der festgestellte Rückgang der Artenzahl in den 20 Untersuchungsgebieten von 99 auf 89 betraf alles Arten der Roten Liste. Bei den nicht mehr beobachteten Arten handelt es sich zum Teil um solche, die im Kanton Zürich schon immer in kleinen, unregelmässigen Beständen vorkamen (z. B. Wespenbussard, Krick- und Kolbenente). Zum anderen Teil trifft es aber auch Bodenbrüter (Schafstelze, Braunkehlchen), deren Lebensraum Kulturland vor allem durch die intensive landwirtschaftliche Bodennutzung (hohe Schnittzahl in Wiesen, hohe Bearbeitungskadenz im Ackerland) stark beeinträchtigt wird.

Abgenommen hat in den Untersuchungsgebieten auch die Gesamtzahl der Brutpaare von 2501 im Jahre 1993 auf 2208 im Jahre 1995. Vor allem bei Wasservögeln wurden auch gegenläufige Tendenzen festgestellt. Die Zahl der Brutpaare unterliegt grösseren jährlichen Schwankungen, die insbesondere mit der Witterung während der Brutzeit in Zusammenhang stehen. Entsprechend erlauben erst länger-

Jahr	1993	1994	1995
Zwergtaucher	27	27	35
Zwergreiher	8	5	2
Wasserralle	20	29	33
Teichhuhn	13	10	19
Grünspecht	2	7	3
Kleinspecht	11	6	1
Feldlerche	10	8	6
Schafstelze	2	0	0
Wasseramsel	13	14	19
Braunkehlchen	1	0	0
Gelbspötter	2	0	0
Berglaubsänger	1	0	0
Waldlaubsänger	12	8	6
Zilpzalp	217	190	164
Fitis	113	96	88
Neuntöter	9	10	6
Distelfink	32	18	16

Tab. 11
Brutpaare in 20 ausgewählten Beobachtungsgebieten

Quelle: Ornilan. Avimonitoring im Kanton Zürich

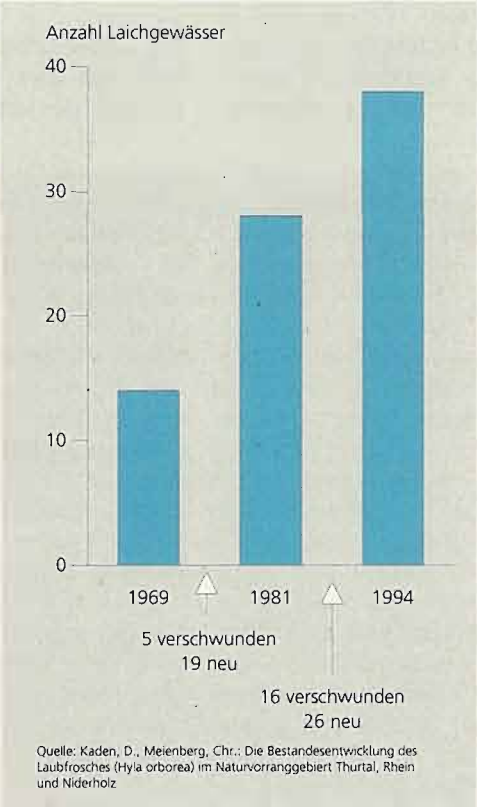
Reptilienart	Status		
	Schweiz	Nordschweiz	Kanton Zürich
Blindschleiche	nicht gefährdet	nicht gefährdet	nicht gefährdet
Zauneidechse	gefährdet	gefährdet	gefährdet
Waldeidechse	nicht gefährdet	nicht gefährdet	potentiell gefährdet
Mauereidechse	gefährdet	gefährdet	vom Aussterben bedroht
Ringelnatter	gefährdet	stark gefährdet	stark gefährdet
Schlingnatter	gefährdet	stark gefährdet	vom Aussterben bedroht
Kreuzotter	gefährdet	gefährdet	vom Aussterben bedroht

Tab. 12
Rote Liste der Zürcher Reptilienarten

Quelle: Dusej, G. Müller, P.: Reptilieninventar des Kantons Zürich

fristige Erhebungen verlässliche Trend-Aussagen.

Im Avimonitoring-Projekt wird zudem der Bestand von neun Vogelarten flächendeckend im ganzen Kanton erhoben. Dafür wurden Arten gewählt, die sich aufgrund ihrer biologischen Eigenheiten als Anzeiger für den Zustand und die Veränderung eines Lebensraumes eignen. Die systematische Erfassung seit 1993 zeigt, dass bedrohten Arten mit gezielten Artenschutzmassnahmen geholfen werden kann. Für den Eisvogel, von dem 1993 lediglich noch vier bis fünf Brutpaare zu beobachten waren, wurden an der Töss und an der Thur neue Steilwände geschaffen, die zum Teil noch im selben Jahr als Brutplatz angenommen wurden.



Quelle: Kaden, D., Meienberg, Chr.: Die Bestandesentwicklung des Laubfrosches (Hyla orborea) im Naturvorranggebiert Thurtal, Rhein und Niderholz

Abb. 98
Entwicklung der Laubfroschlaichgewässer im Gebiet Thurtal-Rhein-Niderholz

Reptilien

Das Reptilieninventar des Kantons Zürich von 1994 weist sieben Reptilienarten nach, vier Echsen- und drei Schlangenarten. Die Mauereidechse, die Schlingnatter und die Kreuzotter sind im Kanton Zürich vom Aussterben bedroht. Beim einzigen Fundort der Kreuzotter im Kanton Zürich handelt es sich um das letzte Vorkommen der Moor-Kreuzotter im schweizerischen Mittelland. Mittel- und langfristig kann diese Art nur durch eine Moorregeneration erhalten werden. Hier wie auch bei der Schlingnatter, deren Lebensräume meist noch nicht unter Schutz stehen, sind gezielte Artenschutzmassnahmen erforderlich.

Amphibien

Der Kanton Zürich gehört zu den amphibienreichsten Kantonen der Schweiz. Die Vorkommen des Laubfrosches, der gesamtschweizerisch nur noch an einigen wenigen Orten zu finden ist, sind von nationaler Bedeutung. Bestandesaufnahmen von 1994 geben über die Entwicklung dieser Art im Gebiet Thurtal-Rhein-Niderholz Aufschluss. Seit 1969 hat die Anzahl der Laubfroschlaichgewässer in den meisten Gemeinden dieses Gebietes zugenommen. Allerdings ist die Nutzung der Laichplätze starken Schwankungen ausgesetzt. Allein zwischen 1981 und 1994 wurden 16 Gewässer auf-

gegeben und 26 neue Stellen besiedelt. Die Rufchöre der Laubfrösche lassen wohl auf eine erfreuliche Zunahme der Bestände zwischen 1969 und 1994 schliessen, doch bleibt der Laubfrosch aufgrund der Lebensraumentwicklung gefährdet. Es ist nicht gesichert, dass der Verlust an Lebensräumen auch in Zukunft durch genügend neue günstige Standorte ausgeglichen wird. Entstehen einige Jahre keine geeigneten neuen Biotope, könnten die Laubfrösche infolge ihrer geringen Lebenserwartung sehr schnell aussterben.

Schmetterlinge

Der auch für Laien erkennbare Rückgang der Schmetterlinge wird mit dem Tagfalterinventar (1994) erhärtet. Anfangs der neunziger Jahre konnten ausserhalb des Waldgebietes noch 76 Schmetterlingsarten festgestellt werden. Dies sind 30 weniger als Ende des letzten Jahrhunderts. Mehrere der noch vorkommenden Arten sind so selten, dass man von ihnen nur eine einzige oder wenige Fundstellen kennt. 30 der 76 aufgefundenen Arten stehen auf der Roten Liste.

Häufigste Schmetterlingsart im Kanton Zürich ist der Rapsweissling. Er wurde an 874 Stellen nachgewiesen. Auch der Schachbrettfalter ist mit 552 Fundstellen noch weit verbreitet. Viele seiner Bestände sind jedoch klein und daher gefährdet. Klar erkennen lassen sich aufgrund der Erhebungen einige geographische Schwerpunktgebiete mit überdurchschnittlich reicher Artenvielfalt: Oberes Tösstal, Irchel, Thurauen und Niderholz, Albiskette bis Zürich, Südhang Reppischtal, Hirzelgebiet.

Im Zusammenhang mit der Aufnahme des Tagfalterinventars konnten einige für verschollen geglaubte Arten (z. B. Gelbringfalter, Westliche Scheckenfalter) wieder gefunden werden. Zudem wurden bisher nicht bekannte Schmetterlingslebensräume, vor allem Magerwiesen, entdeckt, in denen noch eine beachtliche Artenvielfalt vorkommt. Die Erhaltung mancher Schmetterlingsarten erfordert ausgesprochen grosse Lebensräume, für Schillerfalter oder den Grossen Eisvogel beispielsweise in der Grösse von mehr als 50 Hektaren. Grosse Bedeutung für die Erhaltung der Schmetterlingsarten haben auch die bestehenden Naturschutzgebiete. Ohne den Schutz vieler Riedgebiete wäre zum Beispiel der Kleine Moorbläuling heute wohl ausgestorben.

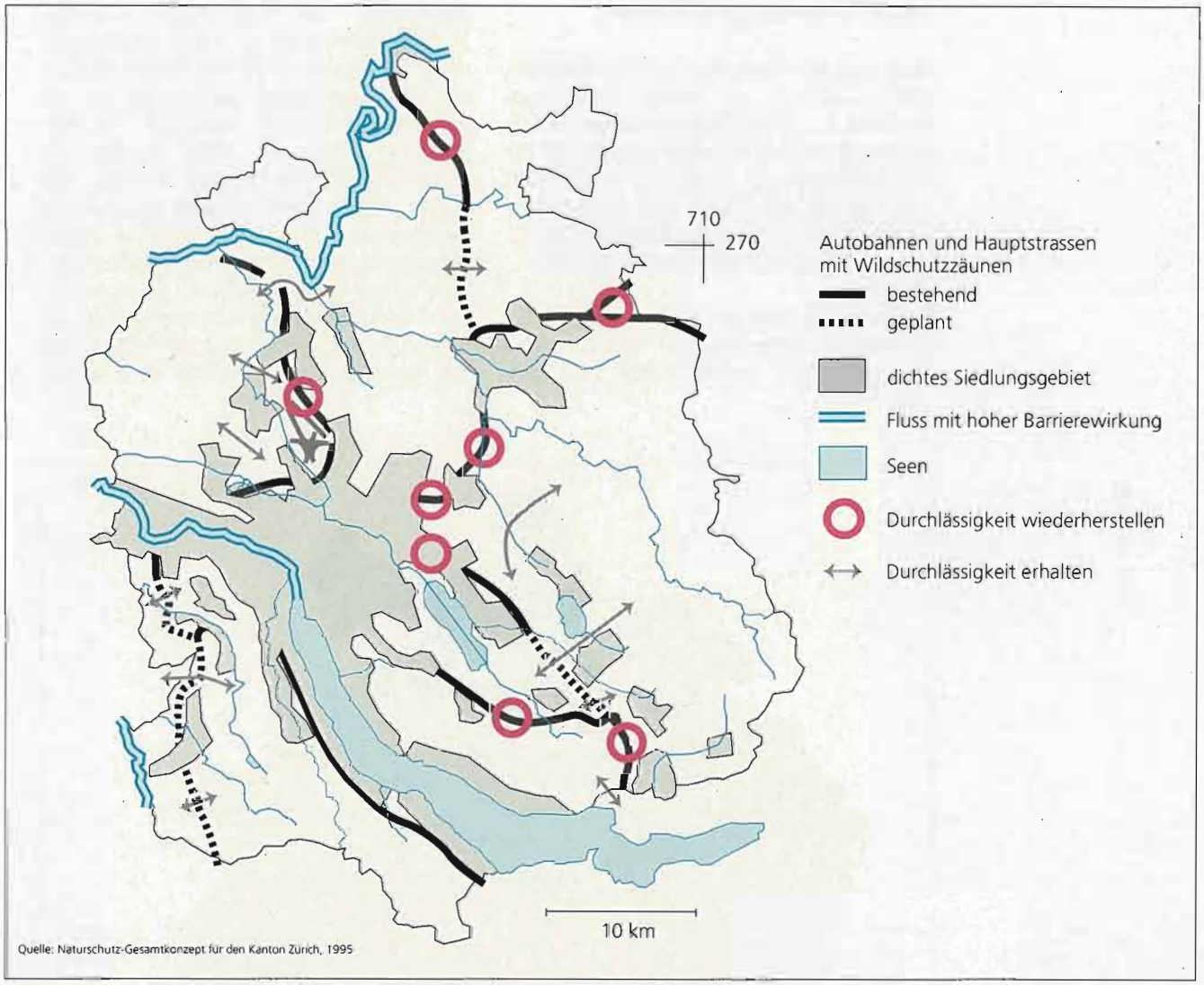
Isolation und Vernetzung von Lebensräumen

Das vielgestaltige Mosaik von Lebensräumen, das über weite Zeiträume durch die Dynamik der Natur und menschliche Aktivi-

Trotz den bisherigen Bemühungen zur Erhaltung besonders wertvoller Lebensräume ist die Mehrheit der Tier- und Pflanzenarten in ihren Beständen zurückgegangen, viele sind heute vom Aussterben bedroht oder bereits ausgestorben. Gegenüber der früheren Praxis muss daher mit einem erweiterten Biotopbegriff gearbeitet werden, der bei der Beurteilung von Massnahmen das Naturpotential der gesamten Landschaft miteinbezieht. Dies bedeutet, dass sich die Naturschutztätigkeit von der Erhaltung und Pflege kleiner Biotopinseln weg verlagert, hin zu einer sachgerechten umfassenden Landnutzung und -bewirtschaftung.

Der Artenschwund erfolgt in aller Regel mit einer zeitlichen Verzögerung gegenüber der Zerstörung der Lebensräume, weshalb die Erhaltung des aktuellen Zustandes der Landschaft nicht ausreicht, um die heute noch vorhandenen Bestände an wildlebenden Tieren und Pflanzen langfristig zu sichern. Erforderlich wird daher auch die aktive Förderung und Neuschaffung bestimmter Lebensräume sein. Zur Erhaltung der Artenvielfalt ist es wichtig, dass zwar in erster Linie die seltenen und vom Aussterben bedrohten Arten geschützt werden, daneben aber auch dafür gesorgt wird, dass heute noch häufige Arten weiterhin häufig und verbreitet bleiben.

So muss Naturschutz nicht bloss in den Naturschutzgebieten, sondern zunehmend auch auf Flächen betrieben werden, die gleichzeitig oder in der Hauptsache einer anderen Nutzung (Urproduktion, Erholung, Verkehr, Siedlung) dienen.



Karte 31
Zerschneidung und Verinselung der Landschaft

täten zur Besiedlung und Kultivierung von Bodenfläche entstanden ist, wurde vor allem in den letzten Jahrzehnten tiefgreifend verändert: Die naturnahen Lebensräume wurden bis auf kleine, isoliert gelegene Reste zerstört. Lebensräume wie Magerwiesen oder Moore sind dramatisch zurückgegangen. Barrieren zwischen den Lebensräumen erschweren zudem stark die natürliche Ausbreitung der Arten. Für Wildtiere (z. B. Feldhase, Reh, Wildschwein, Dachs, Hermelin, Iltis) unterteilen Siedlungen und Strassen mit Wildschutzzäunen die Landschaft in fast geschlossene Räume, zwischen denen ein natürlicher Austausch kaum mehr möglich ist. Jede weitere Strasse, jeder weitere Acker unterteilt und isoliert wertvolle Lebensräume neu.

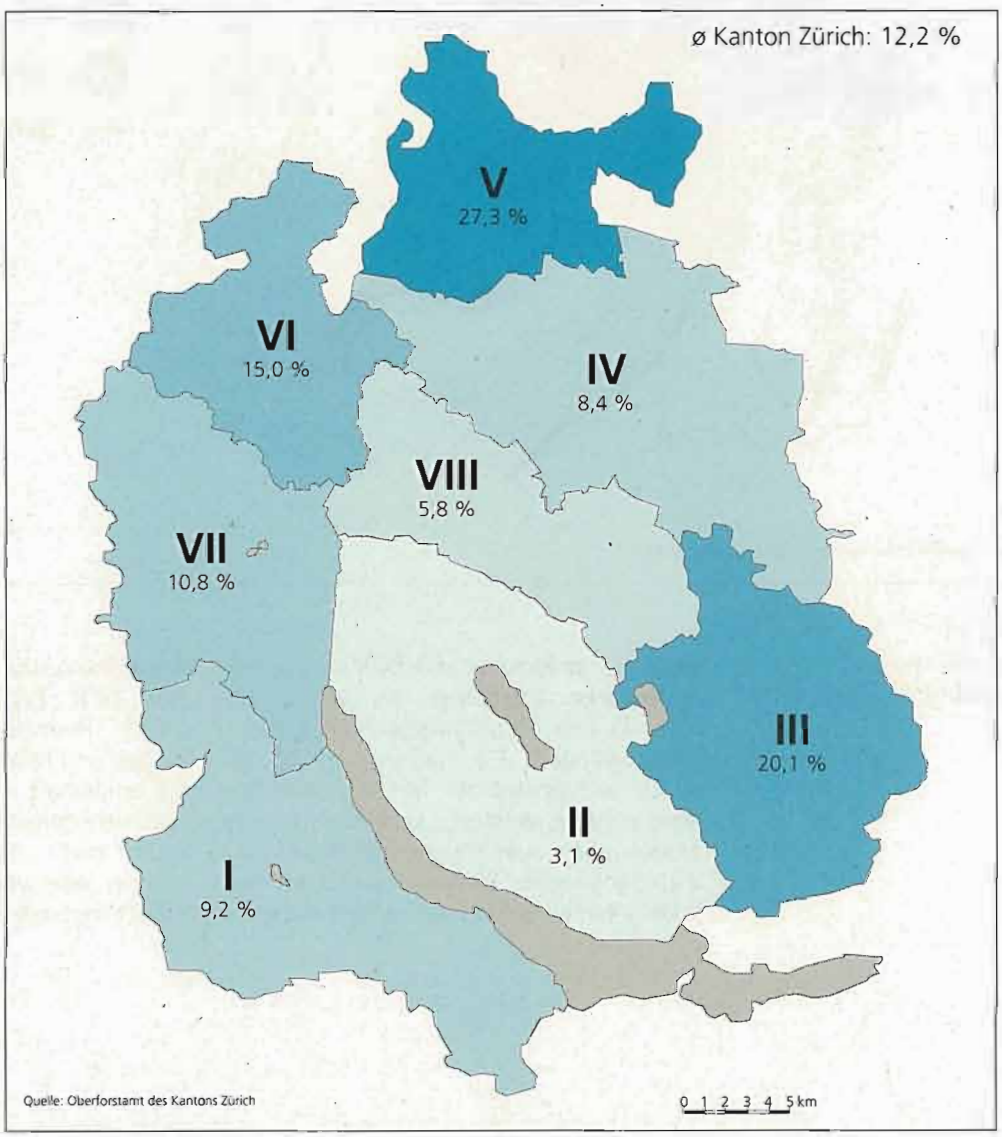
Stand der Schutzmassnahmen

Überkommunale Schutzobjekte

Aufgrund des Planungs- und Baugesetzes (PBG § 203) ist der Kanton verpflichtet, Inventare für Schutzobjekte zu erstellen, die in seine Zuständigkeit fallen. Gestützt auf die Detailinventare (vgl. Seite 175) wurde 1980 das Inventar der Natur- und Landschaftsschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung (regional und kantonal) festgesetzt.

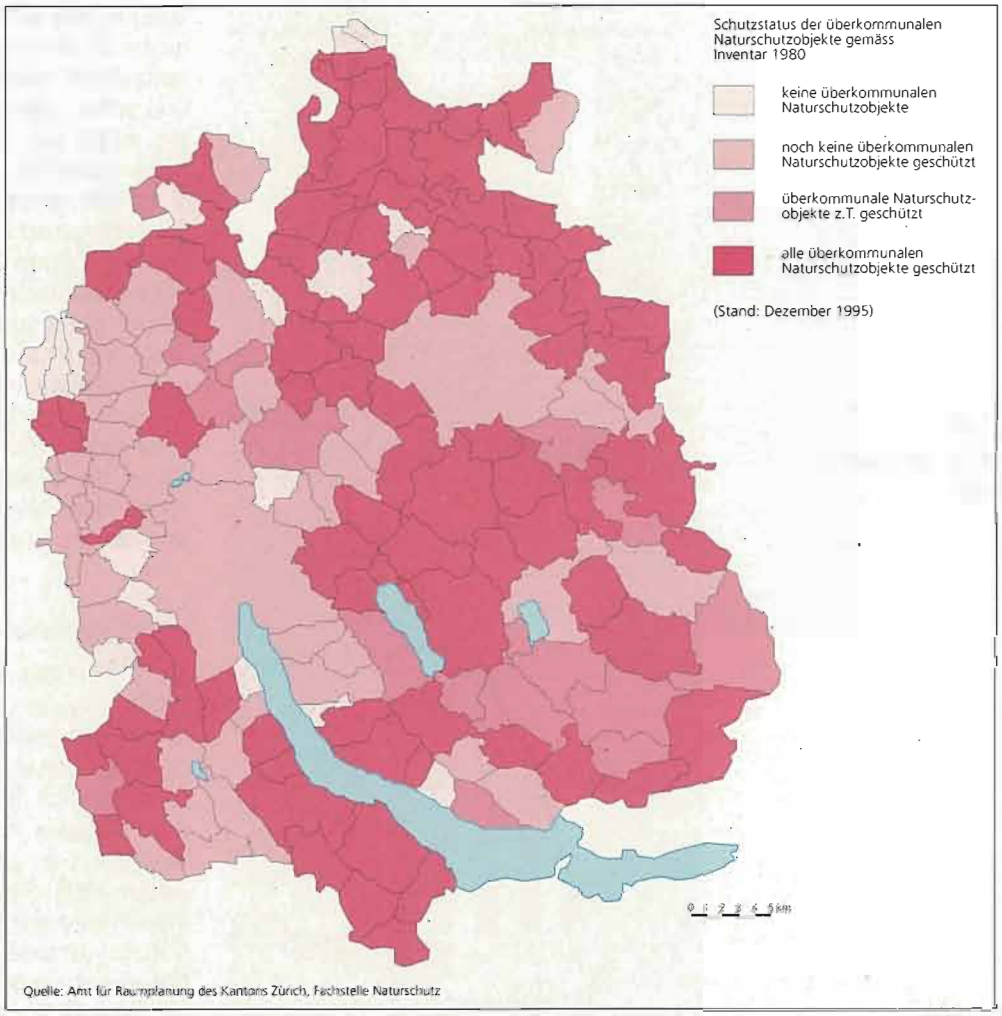
Naturschutzobjekte

In diesem Inventar sind 837 Objekte – 260 von kantonaler und 577 von regionaler Bedeutung – mit einer Gesamtfläche von 2624 Hektaren (oder ca. 1,5 % der Gesamtfläche des Kantons) als Naturschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung für die Behörden verbindlich festgelegt. Für den kantonalen Richtplan 1995 wurden die Schutzobjekte zum Teil neu beurteilt. Wo nötig wurden dabei Objekte aufgewertet (kommunal in regional oder kantonal, regional in kantonal). Objekte, die in Bundesinventare aufgenommen wurden, gelangten in die höchste Stufe (kantonale Bedeutung). Als Ergebnis davon wurden mit der Festsetzung des Richtplanes 455 Objekte als kantonal



Karte 32
Waldstandorte mit naturkundlicher Bedeutung (WNB, Inventarentwurf) in den acht Forstkreisen, 1997

Stand der Schutzmassnahmen



Karte 33
Erlassene Schutzverordnungen und -verfügungen für Naturschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung

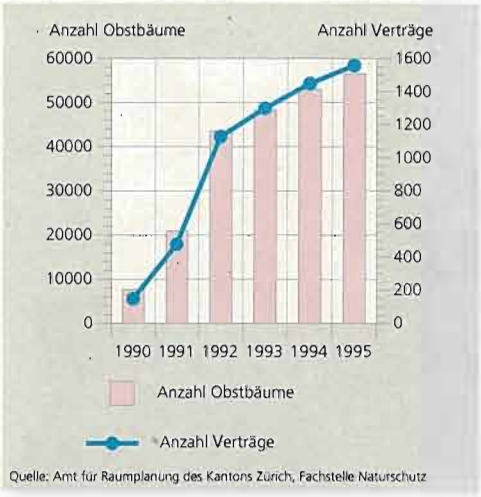
bedeutend gewertet. Von den Planungsregionen werden noch rund 550 Objekte von regionaler Bedeutung festgesetzt.

Landschaftsschutzgebiete

Aufgrund des vom Kantonsrat am 31. Januar 1995 festgesetzten kantonalen Richtplanes und des Genehmigungsbeschlusses des Bundesrates müssen Landschaftsschutzgebiete von kantonaler und regionaler Bedeutung im Sinne von § 23 d PBG bis am 31. März 2000 bezeichnet werden. Dies sind Gebiete, die in erster Linie aus landschaftsästhetischer und kulturgeographischer Sicht sowie aufgrund ihrer geologischen und geomorphologischen Qualitäten erhalten werden sollen. In diesem Sinne wurden in den vergangenen Jahren bereits Landschaftsschutzzonen erlassen. Künftig sind jedoch auch die bestehenden altrechtlichen Schutzverordnungen (vor Inkrafttretung des PBG vom 7. September 1975 erlassen) durch Landschaftsschutzgebiete gemäss PBG § 23 d zu ersetzen und zu ergänzen. Voraussetzung dazu ist die Überarbeitung und Ergänzung des festgesetzten Inventars von 1980.

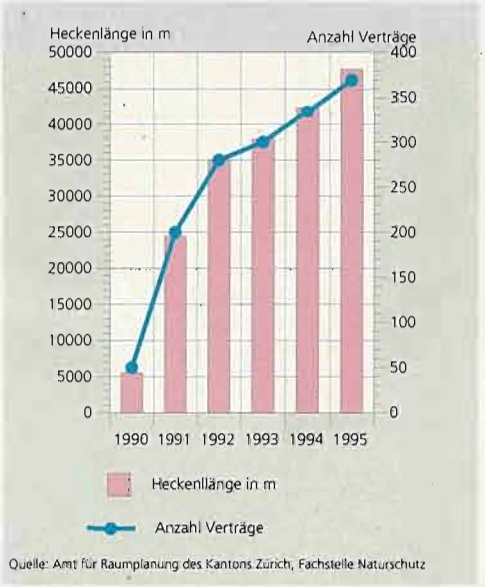
Waldstandorte mit naturkundlicher Bedeutung

Der gesetzliche Auftrag zur Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt verlangt in erster Linie Erhaltung und biologisch wirksame Vernetzung der Lebensräume unserer bedrohten Arten. Die Wälder spielen in diesem Biotopverbund eine wichtige Rolle.



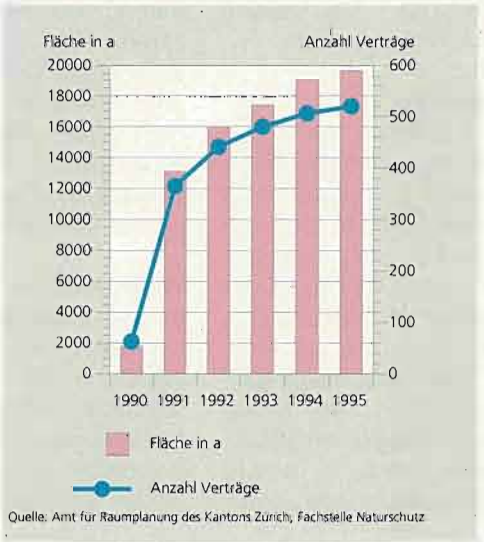
Quelle: Amt für Raumplanung des Kantons Zürich, Fachstelle Naturschutz

Abb. 99
Stand der Obstgarten-Verträge



Quelle: Amt für Raumplanung des Kantons Zürich, Fachstelle Naturschutz

Abb. 100
Stand der Hecken-Verträge gemäss § 132 a kantonales Landwirtschaftsgesetz



Quelle: Amt für Raumplanung des Kantons Zürich, Fachstelle Naturschutz

Abb. 101
Stand der Magerwiesen-Verträge gemäss § 132 a kantonales Landwirtschaftsgesetz

Waldbiotopschutz erhält vor allem dann grosse Bedeutung, wenn die vorhandenen besonderen Naturwerte standortgebunden und selten oder die betroffenen Arten wenig mobil sind. Solche Waldstandorte mit naturkundlicher Bedeutung (WNB), die im Sinne des Naturschutzes minimale, spezifische pflegerische Eingriffe erfordern, wurden im Kanton Zürich vom Forstdienst in Zusammenarbeit mit der Fachstelle Naturschutz systematisch erfasst und in einem Inventarentwurf festgehalten. Bisher wurden Informationen zu über 900 Objekten mit einer Gesamtfläche von etwa 6100 Hektaren (oder rund 12 % der gesamten Waldfläche des Kantons) aufgearbeitet. Der so entstandene Inventarentwurf wird den Gemeinden zur Vernehmlassung unterbreitet.

Überkommunale Schutzverordnungen

Bis Ende 1995 wurden in 89 Gemeinden (1992: 71) die aktuell als überkommunale Naturschutzobjekte bezeichneten Gebiete durch Schutzverordnungen oder -verfügungen geschützt. In weiteren 17 (21) Gemeinden bestehen für einen Teil der Objekte derartige Schutzbestimmungen. Insgesamt waren 1995 damit 660 (513) Objekte mit einer Fläche von 1542 (986) Hektaren in der Naturschutzzone und 215 (158) Hektaren in Naturschutzumgebungszonen geschützt. Somit sind 59 % (38 %) der im Inventar von 1980 festgesetzten Gebiete unter Schutz (Naturschutzzone) gestellt.

Finanzielle Anreize für die extensive Bewirtschaftung

Mit dem Ziel, die für die Artenvielfalt wichtigen Lebensräume zu erhalten und zu fördern, zahlt der Kanton Zürich ergänzend zu den Naturschutzgebieten finanzielle Beiträge an die extensive Bewirtschaftung und an die Neuschaffung von Hecken, Obstgärten und Magerwiesen. Die Bewirtschaftung entsprechender Objekte wird auf der Basis von Vereinbarungen zwischen den Landwirten und dem Kanton geregelt. Aufgrund von insgesamt knapp 2500 Verträgen wurden 1995 Beiträge an die Bewirtschaftung von rund 200 Hektaren Magerwiesen, 48 km Hecken sowie 57'000 Obstbäumen geleistet.

Stand der Schutzmassnahmen

Entflechten – Schützen – Pflegen
Verordnung zum Schutze des Greifensees:
Der Greifensee und seine Uferbereiche bilden eine der wertvollsten Landschaften des Kantons Zürich. Die Siedlungsentwicklung, die Intensivierung der Landwirtschaft und der Erholungsdruck haben aber Teile dieser Landschaft erheblich beeinträchtigt. Dank einer Verordnung aus den vierziger Jahren blieben der See und seine nähere Umgebung immerhin als weitgehend naturnahe Bereiche im dicht besiedelten oberen Glattal bestehen.

Ziel eines neuen Schutz- und Managementkonzeptes ist es nun, das Gesamtsystem See mit Menschen, Tieren und Pflanzen möglichst intakt zu erhalten. Neue rechtliche Grundlage des Konzeptes ist die 1994 aktualisierte Verordnung zum Schutze des Greifensees. Ebenfalls seit 1994 gehören verschiedene Riedflächen zum Inventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung.

Teile des Schutzgebietes dienen ausschliesslich der Erhaltung und Förderung von seltenen oder bedrohten Tier- und Pflanzenarten. Andere Bereiche lassen dafür eine extensive oder intensive Erholungsnutzung zu. Die sieben verschiedenen Schutzzonen bezwecken einen angemessenen neuzeitlichen Schutz und ermöglichen eine angepasste nachhaltige Nutzung. Zudem sollen die Naturgebiete auch aufgewertet werden. Einen besonderen Schutz und eine gezielte Förderung benötigen insbesondere die Feuchtbiotope wie Riedwiesen, Moor, Ufer- und Wasservegetation. Die Pflegepläne für die Naturschutzgebiete stellen einen wichtigen Bestandteil des Konzeptes dar. Ohne regelmässigen Schnitt würden die Ried- und Moorflächen bald verbuschen, ihren Wert als Lebensraum für Flora und Fauna einbüssen und die Landschaft ihre Attraktivität verlieren.

Seit dem Jahr 1981 werden, gestützt auf das Planungs- und Baugesetz (PBG), Schutzverordnungen für Natur- und Landschaftsschutzgebiete von überkommunaler Bedeutung erlassen. Die anfänglich langsame Umsetzung konnte mit dem Ausbau der Fachstelle Naturschutz deutlich beschleunigt werden. Die folgende Ausweitung ihres Aufgabenbereichs bei stagnierenden Finanzen und konstantem Personalbestand bewirkten indes seit Anfang der neunziger Jahre erneut Verzögerungen. Aktuell liegen für rund 60 % der Naturschutzgebiete von überkommunaler Bedeutung grundeigentümerverbindliche Schutzbestimmungen nach PBG vor.

Da die heute noch vorhandenen Schutzgebiete die meisten der bedrohten Arten beherbergen, sind sie die Kristallisationskerne jeder künftigen Biotop- und Landschaftsaufwertung. Die verbindliche und langfristige Sicherung dieser Gebiete hat daher auch gemäss den Legislaturschwerpunkten 1995 bis 1999 des Regierungsrates höchste Priorität. Bei der gegebenen Finanzknappheit muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die Rate der Schutzverordnungserlasse in den kommenden Jahren kaum höher sein wird als von 1992 bis 1995. Daher ist mit mindestens fünf weiteren Jahren für den Abschluss der noch ausstehenden überkommunalen Naturschutzverordnungen zu rechnen. Zudem stellt sich die Aufgabe, bei den bereits rechtskräftig geschützten Gebieten dafür zu sorgen, dass sie ihren Wert nicht durch vielfältige Beeinträchtigungen verlieren, was allenfalls auch eine Anpassung der Schutzbestimmungen bedingt.

Naturschutzstrategien

Mit dem 1995 vom Regierungsrat verabschiedeten Naturschutz-Gesamtkonzept (NSGS) wird der Rahmen für die Naturschutztätigkeit im Kanton Zürich abgesteckt. Die Ziele sind darauf ausgerichtet, den Artenschwund zu stoppen und die Vielfalt der freilebenden Tiere und Pflanzen zu gewährleisten. Das Naturschutz-Gesamtkonzept berücksichtigt die Verlagerung der Naturschutztätigkeit von der Erhaltung und Pflege kleiner Biotopinseln zu einer sachgerechten umfassenden Landbewirtschaftung. Im Sinne einer rollenden Planung und aufgrund einer Erfolgskontrolle soll die Umsetzung kontinuierlich den neuen Erkenntnissen angepasst werden.

Ziele

Gemäss den bundesrechtlichen Bestimmungen (Art. 18 Natur- und Heimatschutz-Gesetz) ist dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten durch die Erhaltung genügend grosser Lebensräume und andere geeignete Massnahmen entgegenzuwirken. Aus diesem Gesetzesauftrag wurden für die Naturschutztätigkeit im Kanton Zürich folgende übergeordneten Ziele und Aufgaben abgeleitet:

1. Schutz der Arten

Die heimischen Tier- und Pflanzenarten sollen so erhalten und gefördert werden, dass

- seltene und heute bedrohte Arten in langfristig gesicherten Beständen vorkommen,
- häufige Arten weiterhin häufig und verbreitet sind,
- die genetische Vielfalt gesichert wird.

2. Schutz der Lebensräume

Biologisch wertvolle Lebensräume sollen so behandelt und gefördert werden, dass

- ihre Anzahl und Fläche nicht verringert werden und der biologische Zusammenhang (Vernetzung) gewährleistet ist,
- ihre räumliche Verteilung den topographischen Gegebenheiten entspricht und die standörtlich und kulturhistorisch gewachsenen Potentiale berücksichtigt,
- ihre typische Artenvielfalt gesichert bleibt oder sich wieder entwickeln kann.

3. Schutz der Landschaft

Landschaftswirksame Entwicklungen sollen so gerichtet sein, dass

- die Vielfalt, die Schönheit und die Eigenart der Landschaften bewahrt bleiben,
- landschaftlich verarmte Gebiete wieder einen vielfältigen Lebensraum für Menschen, Tiere und Pflanzen bieten.

Flächenbedarf für einen wirksamen Naturschutz

Sollen die einheimischen Arten und Lebensgemeinschaften erhalten bleiben, so sind dafür geeignete Lebensräume mit minimaler Ausdehnung notwendig. Im Rahmen des Naturschutz-Gesamtkonzeptes wurden die zum Erreichen der Naturschutzziele notwendigen Mindestflächen je Lebensraumtyp abgeschätzt.

Im landwirtschaftlichen Kulturland, mit einer Gesamtfläche von rund 82'000 Hektaren im Kanton, sind mittelfristig insgesamt rund 11'000 Hektaren oder knapp 13,3 % mit primärem Naturschutzziel extensiv zu bewirtschaften. Gegenüber den heute vorhandenen rund 3300 Hektaren (4 %) sind im nächsten Jahrzehnt rund 7500 Hektaren (9 %) neu in eine extensive Nutzung überzuführen.

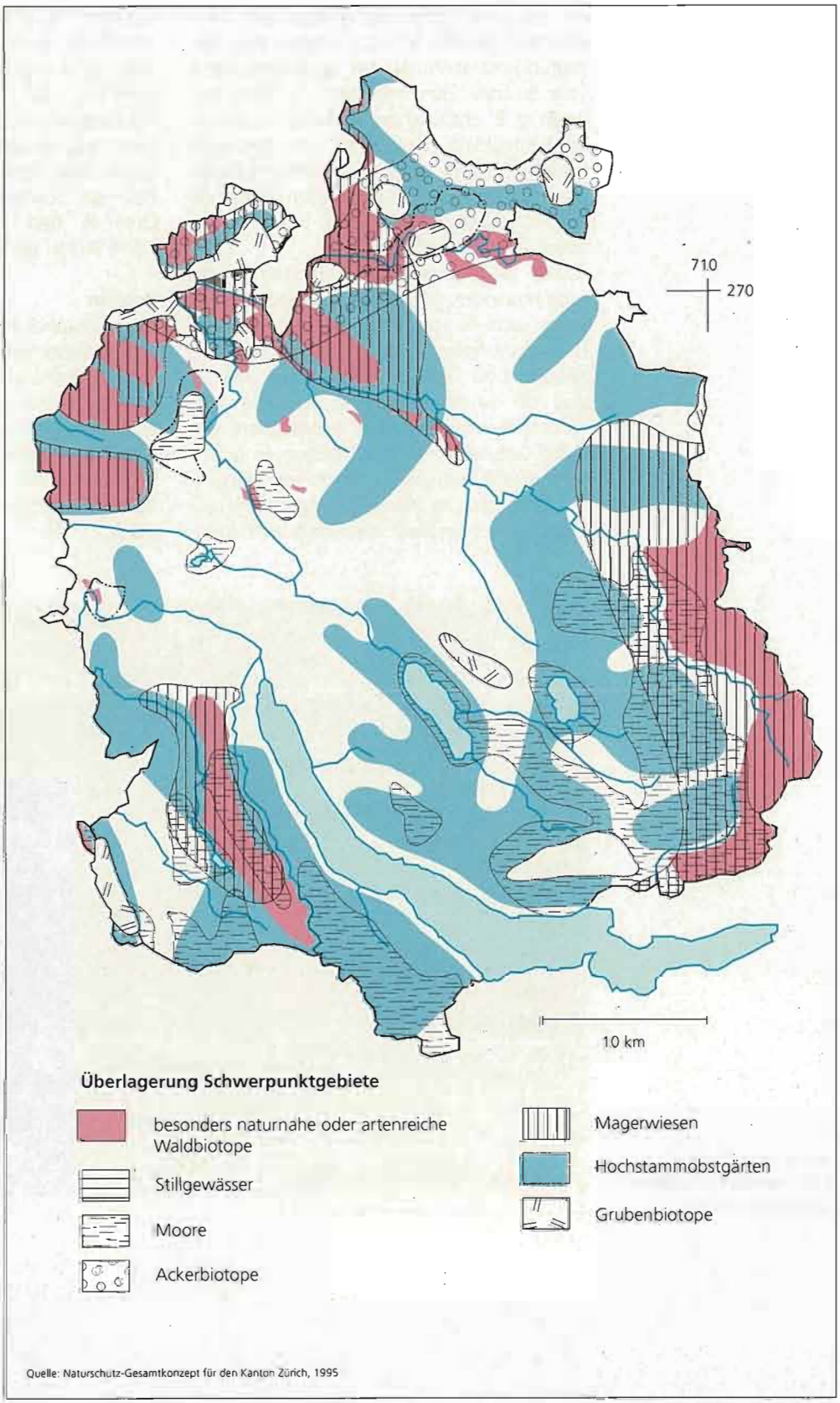
Im Wald, der im Kanton eine Gesamtfläche von rund 50'000 Hektaren bedeckt, sind mittelfristig insgesamt rund 7250 Hektaren (14,5 %) als spezielle Waldlebensräume vorzusehen. Davon sollen rund 2750 Hektaren (5,5 %) mit primärem Naturschutzziel (lichter Wald) bewirtschaftet oder gezielt nicht genutzt werden (Waldreservate).

Für die naturnahen Flächen im Siedlungsraum liegen kaum Grundlagen und keine Flächenschätzungen vor.

Prioritäten

Angesichts der knappen finanziellen Mittel können nicht alle Massnahmen gleichzeitig angepackt werden. Wichtigste Aufgaben werden weiterhin die Erhaltung und Förderung der bestehenden, besonders wertvol-

Naturschutzstrategien



Quelle: Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich, 1995

Karte 34
Schwerpunktgebiete für Massnahmen im Sinne des Naturschutz-Gesamtkonzeptes

len und gefährdeten Naturwerte sein. Dies erfordert gezielte Schutz-, Pflege- und Gestaltungsmassnahmen für besonders wertvolle Biotope, die sonst rasch an Wert verlieren (z. B. Entbuschen, Abpuffern wertvoller Riedgebiete, Auflichten von speziellen Waldbeständen) sowie Artenhilfsmassnahmen für Tier- und Pflanzenarten, die ohne Förderungsmassnahmen mit hoher Wahrscheinlichkeit aussterben.

Der langfristigen und gezielten Förderung besonders grosser und besonders wertvoller Gebiete ist durch Massnahmen wie Flächenarrondierung und -vergrösserung, Erhaltung und Förderung der Biotopqualität und der Landschaftsvielfalt spezielle Aufmerksamkeit zu schenken. Insbesondere sind dabei Gebiete zu berücksichtigen, in denen seltene und bedrohte Arten vorkommen.

Unerlässlich ist zudem die allgemeine biologische Aufwertung der Landschaft (ökologischer Ausgleich). Dazu gehört die Neuschaffung, Erhaltung und Förderung grösserer und kleinerer Biotope durch Extensivierung der bisherigen Nutzung und Wiederbelebungen. Die Aufwertung ist aber auch anzustreben durch Biotopvernetzung sowie das Ermöglichen der dynamischen Prozesse. Solche Massnahmen sind in erster Linie in den Schwerpunktgebieten (vgl. Karte 34) zu treffen.

Kosten

Bei vollständiger Umsetzung des Naturschutz-Gesamtkonzeptes fallen für Naturschutzmassnahmen jährlich knapp 75 Mio. Franken an Kosten an. Von diesen 75 Mio. Franken sollen jährlich rund 50 Mio. an die extensive landwirtschaftliche Nutzung ausbezahlt werden. Dabei werden jährlich Bundesbeiträge in der Höhe von ca. 25 Mio. ausgelöst.

Fläche	Bisheriger Bestand		Soll bei vollständiger Umsetzung	
	ha	%	ha	%
Kulturland	82'000	100		
Uferschutzstreifen Fliessgewässer	100	0,12	750	0,91
neue Stillgewässer	0	0,00	50	0,06
Hoch-, Übergangs- und Flachmoore	1'800	2,20	1'800	2,20
Moore: Pufferzonen und Ergänzungsflächen	100	0,12	1'900	2,32
Ackerbiotope	3	0,00	60	0,07
Rebbergbiotope und Kleinstrukturen	2	0,00	45	0,05
Magerwiesen	1'000	1,22	4'000	4,88
Obstgärten, Unterkultur extensiv	50	0,06	1'400	1,71
Hecken- und Saumbiotope	97	0,12	516	0,63
Grubenbiotope	150	0,18	250	0,30
übrige naturnahe Flächen	20	0,02	100	0,12
Naturnahe Lebensräume im Kulturland total	3'322	4,05	10'871	13,26
Wald	49'603	100		
Spezielle Waldlebensräume			7'250	14,62

Quelle: Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich 1995

Tab. 13
Bestand an naturnahen Flächen und Bedarf für einen wirksamen Naturschutz

Naturschutzstrategien

Auslagen	1994 in 1 000 Fr./Jahr	nach vollständiger Umsetzung in 1 000 Fr./Jahr
Flächenbeiträge (inkl. Unterhalt und Bewirtschaftung von Eigenland)[1]	6'283	50'621
Planung und externe Aufträge[2]	2'598	9'831
Unterhaltsdienst[3]	1'000	1'200
Landerwerb und Investitionsbeiträge an Gemeinden[4]	4'121	7'000
Staatsbeiträge an Gemeinden und Private[5]	227	5'000
Diverses	500	1'000
Auslagen insgesamt	14'729	74'652
abzüglich Bundesbeiträge (für 1994 noch Grobschätzung)	– 2'846	–25'542
Total	11'883	49'110

Quelle: Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich 1995

Tab. 14
Kosten für die Umsetzung des Naturschutz-Gesamtkonzeptes

Anmerkungen zur obenstehenden Tabelle

1 Beiträge und Entschädigungen für die Bewirtschaftung und Pflege von Lebensräumen sowie für Extensivierungen. Diese Beiträge gehen in Form von Direktzahlungen an die Bewirtschafter.

2 Kosten für die Erarbeitung von Inventaren, für Planung und Ausführung von Naturschutzmassnahmen und -projekten, von Biotopgestaltungen und Artenschutzprogrammen, für Öffentlichkeitsarbeit sowie für weitere Leistungen, die von Dritten im Auftrag des Kantons erbracht werden.

3 Kosten für die Naturschutz-Unterhaltsequipe in Pfäffikon sowie für deren Werkhof und Maschinenpark.

4 Kosten für Landerwerb zur Ergänzung und Arrondierung von Lebensräumen (z. B. Pufferzonen für Moorbiotope) sowie entsprechende Beiträge an die Gemeinden.

5 Unterstützungsbeiträge an Gemeinden und private Organisationen zur Förderung von Naturschutzaktivitäten und -projekten.

Mit dem Naturschutz-Gesamtkonzept besitzt der Kanton Zürich eine umfassende konzeptionelle Grundlage für die künftige Naturschutztätigkeit. Es formuliert für die relevanten Bereiche die Ziele und Massnahmen mit qualitativen und quantitativen Vorgaben und setzt die nötigen Prioritäten. Wichtigste Aufgaben in naher Zukunft werden die Förderung von Mangelbiotopen in Schwerpunktgebieten sowie Artenhilfsmassnahmen für die am meisten bedrohten Tier- und Pflanzenarten sein.

Es bestehen gute Aussichten, dass alle Beteiligten sich in konstruktivem Engagement zu einer zielstrebigen Umsetzung des Naturschutz-Gesamtkonzepts finden werden, nachdem seinerzeit alle wichtigen Interessengruppen in die Überarbeitung des Konzeptentwurfes einbezogen wurden. Da in den nächsten Jahren aber kaum zusätzliche finanzielle Mittel für den Naturschutz zur Verfügung stehen werden, dürfte die etappenweise Umsetzung nur langsam anlaufen.



Ökonomie im Umweltschutz



Umweltschutzausgaben im Kanton Zürich

Umweltschutzausgaben: Spiegelbild unserer Umweltaktivitäten	**193**
Definition und Abgrenzungen	**193**
Über eine Milliarde Umweltschutzausgaben im Kanton Zürich	**194**
Unterschiedliche Kostendeckung	**195**
Auch nicht gedeckt: Hohe externe Umweltkosten	**196**
Mehr Ökonomie im Umweltschutz ist gefragt	**196**

Umweltschutzausgaben: Spiegelbild unserer Umweltaktivitäten

Umweltschutz nützt, Umweltschutz kostet aber auch. Wer gibt wieviel aus für Umweltschutz im Kanton Zürich und in welchen Umweltbereichen? Welcher Anteil der Umweltschutzausgaben ist heute durch verursachergerechte Gebühren und Abgaben gedeckt? Die Antworten auf diese Fragen geben Hinweise für einen optimalen Mitteleinsatz im Umweltschutz.

Sowohl auf internationaler Ebene – durch EUROSTAT, dem statistischen Amt der EU – wie auch auf nationaler Ebene – durch das Bundesamt für Statistik (BFS) – wurden Vorarbeiten geleistet, die für eine Analyse der Umweltschutzausgaben im Kanton Zürich beigezogen werden können. Die Arbeiten des BFS haben erstmals die Umweltausgaben der öffentlichen Hand und der Privatwirtschaft in der Schweiz erfasst. Ausgehend von diesen Arbeiten hat die Koordinationsstelle für Umweltschutz (KofU) eine Studie durchführen lassen, die ein umfassendes Bild der Umweltschutzausgaben im Kanton Zürich bezogen auf das Jahr 1992 vermittelt[1]. Die Ergebnisse liefern auch Hinweise auf mögliche Effizienzverbesserungen im kantonalen Umweltschutz. Vor dem Hintergrund der knapp gewordenen öffentlichen Finanzen erlangen diese Hinweise eine besondere Bedeutung.

[1] INFRAS AG, 1996: Ökonomie im Umweltschutz, Umweltschutzausgaben im Kanton Zürich

Definitionen und Abgrenzungen

Umweltschutzausgaben – was zählt dazu?
Umweltschutzausgaben sind Ausgaben, die als Folge von Tätigkeiten zum Schutz und zur Pflege der Umwelt anfallen. Diese umfassen:

- Vermeidung, Verringerung, Beseitigung und Kontrolle von Emissionen, die aus dem Produktionsprozess oder bei der Verwendung von Konsumgütern entstehen;
- Vorbeugung und Sanierung von Umweltbeeinträchtigungen;
- Information und Grundlagenforschung im Zusammenhang mit Umweltschutz.

Die Abgrenzung ist nicht immer eindeutig, z. B. zwischen den Bereichen Sicherheit und Umwelt oder Hygiene und Umwelt. Auch bei Mehrzweckprojekten, die unter anderem einen positiven Umweltaspekt aufweisen, ergeben sich Abgrenzungsprobleme.

Generell muss ein pragmatisches Vorgehen auf der Grundlage von möglichst transparenten Abgrenzungsregeln gewählt werden. Bei solchen Projekten wird grundsätzlich das Veranlassungsprinzip angewendet, d. h. der ursprüngliche Auslöser eines Projektes bzw. einer Massnahme ist massgebend. Demzufolge zählen etwa Förderungsmassnahmen für den öffentlichen Verkehr nicht dazu, da der Hauptgrund dieser Massnahme in der Mobilitätsvorsorge besteht.

Nettoprinzip: Erträge werden abgezählt
Die Umweltschutzausgaben werden nach dem Nettoprinzip erhoben, d. h. nur die Netto-Mehrausgaben infolge von Umweltschutzmassnahmen werden berücksichtigt. In der Privatwirtschaft werden deshalb rentable Umweltschutzausgaben nicht mitgezählt. Man nennt dies das «non profit-Kriterium». Erträge infolge von Umweltschutzmassnahmen werden von den entsprechenden Ausgaben abgezogen, z. B. Erträge im Zusammenhang mit Recyclingaktivitäten. Bei der öffentlichen Hand werden analog Gebühreneinnahmen von den Ausgaben abgezogen. Auf diese Weise kann die effektive volkswirtschaftliche Zusatzbelastung durch die Umweltschutzanstrengungen ermittelt werden.

Ausgaben statt Kosten
Die Zahlen basieren – wie international und national üblich – auf dem Ausgabenprinzip. Massgebend sind die jährlichen Ausgaben (Investitionsausgaben und laufende Ausgaben). Investitionen werden nicht als Jahreskosten (Abschreibungen und Zinsen) ausgewiesen. Diese Festlegung hat Konsequenzen für die Interpretation der Zahlen: Dadurch können vorübergehende Ausgabenspitzen entstehen. Für eine aussagekräftigere Interpretation der Zahlen sind deshalb in der Regel Zeitreihen notwendig, welche die zeitliche Entwicklung der Ausgabenströme abbilden.

Über eine Milliarde Umweltschutzausgaben im Kanton Zürich

1992 gaben die öffentliche Hand und die Privatwirtschaft im Kanton Zürich insgesamt über 1,1 Mia. Franken für Umweltschutz aus. Der grösste Teil floss in die Bereiche Abfallwirtschaft (ca. 430 Mio. Franken), Gewässerschutz (ca. 410 Mio. Franken) und Luftreinhaltung (ca. 190 Mio. Franken). Das sind rund 90 % der Ausgaben (vgl. Abb. 102). In den übrigen Bereichen Lärmschutz, Bodenschutz, Energiesparen, Naturschutz und übriger Umweltschutz werden vergleichsweise geringe Mittel eingesetzt, insgesamt 108 Mio. Franken. Bei den Energiesparmassnahmen sind die tiefen Ausgaben primär durch das angewandte «non profit-Kriterium» zu erklären: Die meisten Energiesparmassnahmen lohnen sich dank eingesparten Energiekosten.

Abb. 103 zeigt die Finanzierung der Netto-Umweltschutzausgaben durch die verschiedenen Akteure. Die Netto-Umweltschutzausgaben entsprechen den gesamten Umweltschutzausgaben minus anrechenbare Einnahmen wie Beiträge von Bund, Kanton oder Gemeinden, Gebührenzahlungen von Privaten oder Einnahmen aus dem Verkauf von Nebenprodukten der Umweltmassnahmen (beispielsweise Fernwärme bei Kerichtverbrennungsanlagen). Der grösste Anteil dieser Netto-Umweltschutzausgaben wird von der Privatwirtschaft finanziert (40 %), gefolgt von den privaten Haushalten (32 %). Bei der öffentlichen Hand sind es vor allem die Gemeinden, die Ausgaben für den Schutz der Umwelt finanzieren (16 %).

Um darzustellen, wer welche Umweltschutzausgaben an wen tätigt, ist ein Modell der Finanzströme notwendig (vgl. Abb. 104).

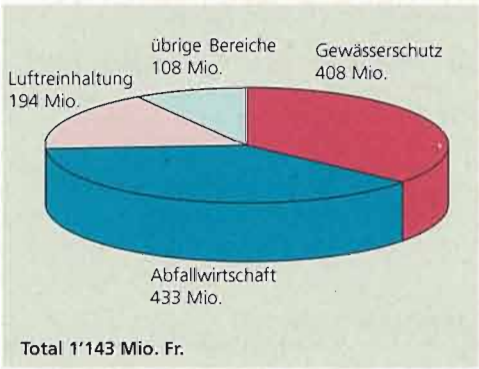


Abb. 102
Umweltschutzausgaben im Kanton Zürich nach Umweltbereichen

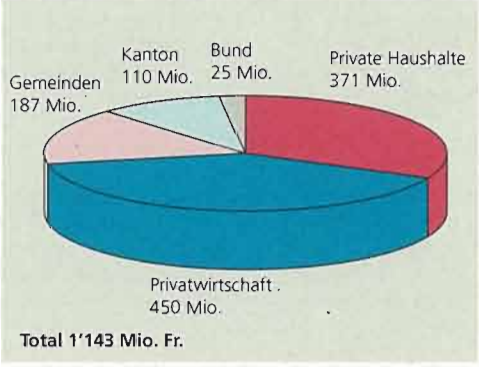


Abb. 103
Finanzierung der Netto-Umweltschutzausgaben durch die öffentliche Hand und die Privatwirtschaft im Kanton Zürich (in Mio. Franken 1992)

Gemeinden:
Die höchsten Umweltschutzausgaben
Die bedeutendsten Umweltschutzausgaben tätigten 1992 die Gemeinden mit 753 Mio. Franken (v. a. Abfall und Gewässerschutz). Sie wurden finanziert durch Beiträge von Bund und Kanton und Gebührenzahlungen der privaten Haushalte und der Privatwirtschaft. Die bei den Gemeinden verbleibende Nettobelastung betrug 1992 187 Mio. Franken.

Private:
Ausser Gebühren auch direkte Ausgaben
Die Privatwirtschaft bezahlte 221 Mio. Franken an Umweltschutzgebühren und 242 Mio. Franken für direkte Umweltschutzausgaben. Die privaten Haushalte gaben 281 Mio. Franken für Gebühren und 88 Mio. Franken für direkte Umweltschutzausgaben aus.

Kanton und Bund:
Vor allem Beiträge
Der Bund und insbesondere der Kanton finanzieren in erster Linie die Ausgaben auf Gemeindeebene. Der Kanton tätigte daneben auch direkte Umweltschutzausgaben in der Höhe von 60 Mio. Franken insbesondere für Administrativ- und Kontrollfunktionen in verschiedenen Umweltbereichen. Die Netto-Umweltschutzausgaben des Kantons Zürich betrugen insgesamt 110 Mio. Franken.

Über eine Milliarde Umweltschutzausgaben im Kanton Zürich

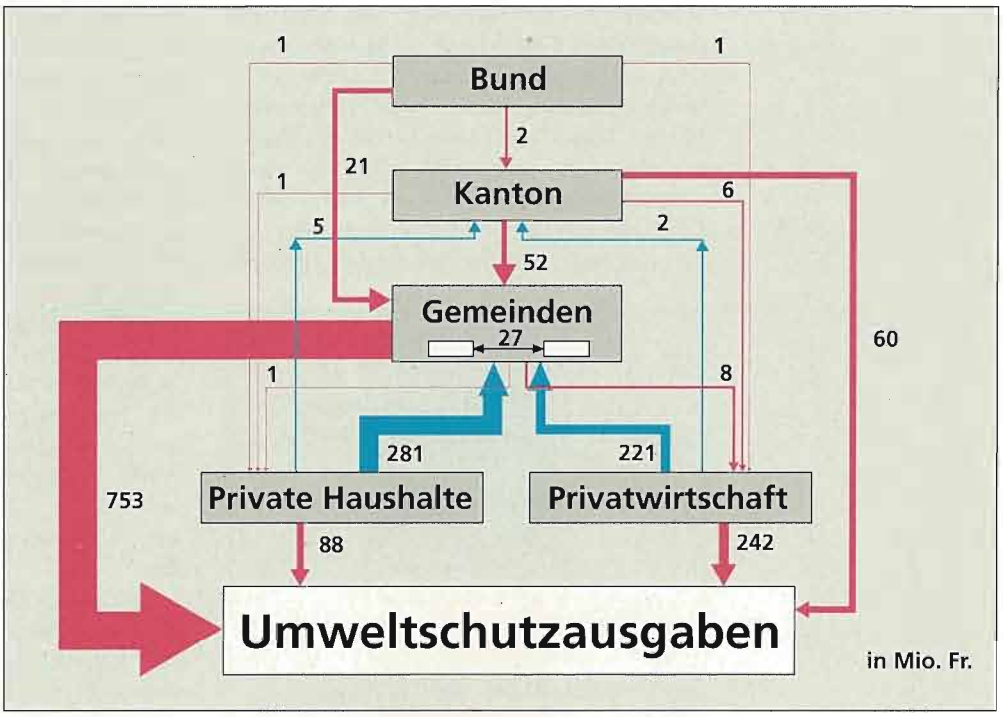


Abb. 104
Finanzströme im Umweltschutz im Kanton Zürich (in Mio. Franken 1992)

Unterschiedliche Kostendeckung

Die dargestellten Zahlen zeigen, dass die im Kanton Zürich für den Umweltschutz erbrachten Leistungen einiges kosten. Der öffentlichen Hand verbleiben Netto-Umweltschutzausgaben in der Höhe von über 300 Mio. Franken, die nicht durch verursachergerechte Gebühren oder Entgelte gedeckt sind. Werden die Investitionsbeiträge in Jahreskosten (Zinsen und Amortisation) umgerechnet, verbleiben für 1992 immer noch rund 140 Mio. Franken Umweltschutzausgaben, die im wesentlichen durch allgemeine Steuermittel finanziert werden. Tab. 15 zeigt, wie gross diese Unterdeckung beim Kanton und bei den Gemeinden 1992 war.

Wieviel Prozent der Umweltschutzausgaben 1992 sind durch direkte Gebühren und Entgelte gedeckt?

Umweltbereich	Kanton	Gemeinden	öffentliche Hand
Gewässerschutz	4 %	90 %	77 %
Abfallwirtschaft	6 %	91 %	82 %
Lärmschutz	18 %	1 %	10 %
Luftreinhaltung	50 %	3 %	20 %
Energie	0 %	0 %	0 %
Natur- und Landschaftsschutz	0.8 %	1 %	1 %
Bodenschutz	0 %	4 %	0 %
Übriger Umweltschutz	0 %	5 %	4 %
Total	**7 %**	**87 %**	**74 %**

Tab. 15
Kostendeckungsgrade der Umweltschutzausgaben der öffentlichen Hand im Kanton Zürich 1992

Niedriger Kostendeckungsgrad von Massnahmen und Beiträgen beim Kanton

1992 waren gut 70 % der gemeinsam getätigten Umweltschutzausgaben von Kanton und Gemeinden verursachergerecht gedeckt. Zwischen Kanton und Gemeinden besteht allerdings ein grosser Unterschied: Während auf Gemeindeebene der Kostendeckungsrad mit insgesamt 87 % hoch war, waren auf Kantonsebene nur gerade 7 % der Umweltschutzausgaben verursachergerecht gedeckt. Berücksichtigte man auch die Umweltschutzausgaben im privaten Bereich, betrug der Kostendeckungsrad 90 %.

Auch nicht gedeckt: Hohe externe Umweltkosten

Solange in verschiedenen Bereichen die gesetzlichen Grenzwerte nicht eingehalten sind, entstehen nach wie vor bedeutende Umweltschäden, die zu Umweltfolgekosten führen. Diese fallen indirekt bei der Allgemeinheit an und sind ebenfalls nicht verursachergerecht gedeckt. Man nennt diese von der Allgemeinheit, nicht von den Verursachern getragenen Kosten deshalb auch externe Umweltkosten. Beispiele für solche externen Umweltkosten sind die zusätzlichen Gesundheitskosten und Gebäudeschäden infolge der Luftverschmutzung (vgl. Kapitel Luft) oder die Kosten der Lärmbelästigungen, die bei den Anwohnern von verkehrsreichen Strassen entstehen. Grobe Schätzungen der aktuellen Umweltfolgekosten wurden für die Schweiz und die Agglomeration Zürich bereits verschiedentlich durchgeführt. Grob und konservativ gerechnet, lassen sich diese externen Umweltkosten im Kanton Zürich auf ca. 1,4 Mia. Franken pro Jahr beziffern. Sie sind damit noch etwas höher als die Kosten der bereits getätigten Umweltschutzmassnahmen.

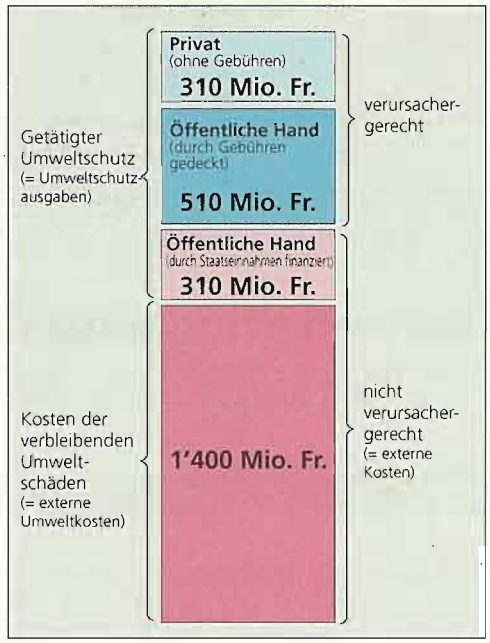


Abb. 105
Umweltschutzausgaben, Kostendeckung und externe Umweltkosten im Kanton Zürich 1992

Abb. 105 stellt die Zahlen einander gegenüber.

Das heisst: Der relativ hohe Deckungsgrad im effektiv getätigten Umweltschutz, also bei den getroffenen Massnahmen, zeigt nur eine Seite der Medaille: Dieser Deckungsgrad sinkt unter Einbezug der externen Umweltkosten massiv, vermutlich unter 40 %. Um dies zu ändern, ist eine verstärkte Durchsetzung des Verursacherprinzips im Umweltschutz notwendig. Eine Schlussfolgerung, die nicht nur für den Kanton Zürich, sondern für alle Schweizer Kantone gilt.

Mehr Ökonomie im Umweltschutz ist gefragt

Die erstmalige Aufbereitung der Umweltschutzausgaben-Daten für den Kanton Zürich gibt trotz der auf ein Jahr beschränkten Erfassung eine Reihe interessanter Hinweise für zukünftige Stossrichtungen der kantonalen Umweltpolitik:

Neue Grundlage für eine gerechtere Lastenverteilung

Die erfassten Umweltschutzausgaben ergeben zum erstenmal ein vollständiges Bild über die Grössenordnung der Ausgaben aller relevanten Akteure im Umweltschutz im Kanton Zürich. Trotz dem Fehlen von Zeitreihen wird damit eine Grundlage für eine bessere Prioritätensetzung und gerechtere Lastenverteilung zwischen den verschiedenen Akteuren sichtbar. Die Daten zeigen, wieviel die öffentliche Hand und der private Sektor für den Umweltschutz insgesamt ausgeben. Dies ermöglicht Quervergleiche über die verschiedenen Staatsaufgaben hinweg, die auf der Grundlage der aktuellen funktionalen Gliederung nicht möglich sind.

Verusacherprinzip: Schwachstellen werden aufgezeigt

Das Verusacherprinzip bei den Umweltschutzausgaben wird nur lückenhaft durchgesetzt. Lücken ergeben sich vor allem auf Kantons- bzw. Bundesebene. In absoluten

Zahlen erscheinen zwar die nicht gedeckten Beträge im Gewässerschutz und in der Abfallbeseitigung bedeutend, relativ gesehen sind aber die Kostendeckungsgrade vor allem in den anderen Umweltbereichen sehr tief. Das aktuelle Subsidiaritätsprinzip im Umweltschutz mit dem Bund und den Kantonen als Finanzierern und den Gemeinden als Vollzugsinstanz führt in praktisch allen Aufgabenbereichen zu einer systematischen Lücke bei der Durchsetzung des Verursacherprinzips; dies, weil sowohl auf Bundes- als auch auf Kantonsebene verursachergerechte Finanzierungsinstrumente für die entsprechenden Ausgaben zum Teil noch fehlen oder erst in Einführung begriffen sind.

Aus einer ökonomischen Schau: Ansätze für einen effizienteren Umweltschutz

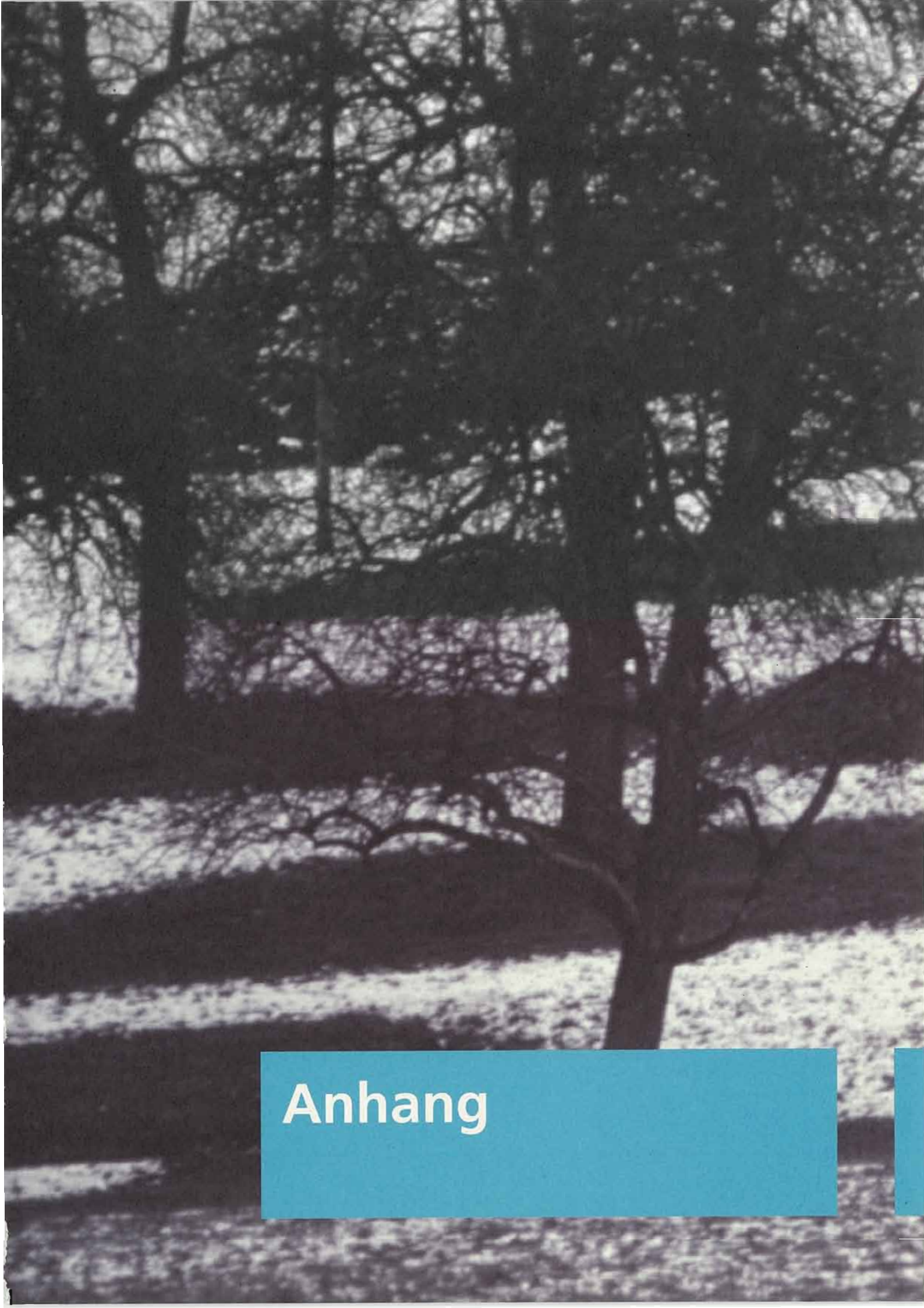
Die Ergänzung der getätigten Umweltschutzausgaben mit Schätzungen zu den externen Umweltkosten macht deutlich, dass der Kostendeckungsgrad für den getätigten Umweltschutz nur ein unvollständiges Bild der Verursachergerechtigkeit im Umweltschutz ergibt. Erst die Gesamtbetrachtung zeigt auf, in welchen Umweltbereichen welche Stossrichtungen zu verfolgen wären:

- Gewässerschutz und Abfallbeseitigung: Hier sind die aktuellen Umweltschutzausgaben und auch der Kostendeckungsgrad relativ hoch, die verbleibenden externen Umweltkosten eher tief. Für eine Optimierung der Umweltpolitik stehen eine weiter verbesserte Durchsetzung des Verursacherprinzips (vorsorgender statt nachsorgender Umweltschutz) und die Einführung von verursachergerechteren Gebühren im Vordergrund.

- Lärmschutz, Lufthygiene und Energie/Klima: In diesen Bereichen sind die aktuellen Umweltschutzausgaben der öffentlichen Hand relativ tief, die Privatwirtschaft tätigt dagegen teilweise bedeutende Umweltschutzausgaben. Die verbleibenden externen Kosten sind dagegen mit grosser Wahrscheinlichkeit sehr hoch. In diesen Bereichen steht deshalb die vermehrte verursachergerechte Anlastung der verbleibenden externen Kosten (Internalisierung der externen Kosten) mit Umweltabgaben (auf Ebene Bund) im Zentrum.

- Natur- und Landschaftsschutz, Bodenschutz und übriger Umweltschutz: Diese Bereiche sind heute gekennzeichnet durch tiefe Umweltschutzausgaben und relativ grosser Unsicherheit bezüglich der verbleibenden externen Kosten. Zudem ist der Kostendeckungsgrad der Ausgaben der öffentlichen Hand tief. Hier steht entsprechend eine Verbesserung der Datenbasis über die externen Kosten und deren Verursacher als Grundlage für einen effizienteren und verursachergerechteren Umweltschutz im Vordergrund.

Die dargestellten Zahlen sind ein Abbild der heutigen Umweltpolitik aus finanzieller Sicht. So wie man für die Einführung und das Monitoring polizeirechtlich-technischer Massnahmen auf Immissions- und Emissionsdaten angewiesen ist, so bilden die dargestellten Umweltschutzausgaben eine notwendige Grundlage für die Ausgestaltung marktwirtschaftlicher Umweltinstrumente. Es ist daher sinnvoll, solche Daten in Zukunft periodisch zu erheben und damit ein laufendes Monitoring-Instrument für die Umweltpolitik aufzubauen.



Anhang

Anhang

Glossar / Abkürzungen 201
Gemeinden und Planungsregionen im Kanton Zürich 209
Weiterführende Publikationen 211

Glossar / Abkürzungen

Abwasser Das durch häuslichen, industriellen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch veränderte Wasser, ferner das in der Kanalisation stetig damit abfliessende Wasser sowie das von bebauten oder unbebauten Flächen abfliessende Niederschlagswasser.

Altlasten Gemäss Abfallgesetz (AbfG) sind Altlasten Bereiche von Anlagen, Unfällen und Ablagerungen, für die nachgewiesen ist, dass sie die Umwelt durch das Vorhandensein oder die Emission von Schadstoffen gefährden. Als Altlasten gelten auch die zu diesen Bereichen gehörenden, mit Schadstoffen belasteten Feststoffe, insbesondere Bodenmaterialien.

Amalgam Legierung von Quecksilber mit anderen Metallen

Ammoniak NH_3, farbloses, stechend riechendes Gas

Ammonium Stickstoffverbindung (NH_4), wichtiger Düngerbestandteil

anaerob Ohne Sauerstoff

Anthropogen Durch den Menschen verursacht

ARA Abwasserreinigungsanlage (Kläranlage)

Aushub Unverschmutztes Material (Erde und Felsausbruch), das ohne Einschränkung wiederverwendet werden kann

Avimonitoring Beobachtungsprogramm über das Vorkommen und die Häufigkeit von Vogelarten

Bauabfälle Bauabfälle sind alle von Baustellen stammenden Abfälle. Als Bauabfall gelten: → Aushub, → Bauschutt, → Bausperrgut und → Sonderabfälle

Bauschutt Abfälle, die ohne weitere Behandlung in einer → Inertstoffdeponie abgelagert bzw. nach einer spezifischen Aufbereitung gemäss den Richtlinien der Baudirektion als Kiesersatz verwendet werden können

Bausperrgut Abfälle, die keiner der unter → Bauabfälle genannten Kategorien angehören und sortiert werden müssen, damit sie verwendet, verbrannt oder deponiert werden können

Belebtschlamm Entsteht durch Wachstum und Zusammenballung von Bakterien und Einzellern bei der biologischen Abwasserreinigung

Betriebsabfälle Betriebsabfälle sind die aus Unternehmungen (Gewerbe-, Industrie- und Dienstleistungsbetriebe, Land- und Forstwirtschaft) stammenden Abfälle, die hinsichtlich Zusammensetzung und Menge nicht den Siedlungsabfällen entsprechen und keine Sonderabfälle darstellen.

biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5) Technische Messgrösse, die den Bedarf an Sauerstoff während der Zeitdauer von fünf Tagen angibt, der für den mikrobiellen Abbau organischer Substanzen im Wasser notwendig ist

Biomasse Gesamtmasse aller in einem bestimmten Raum vorhandenen Lebewesen

Biotop Lebensraum einer Lebensgemeinschaft von einheitlicher, gegenüber seiner Umgebung abgrenzbarer Beschaffenheit, der die erforderlichen Voraussetzungen für die Bestandeserhaltung und Entwicklung bestimmter Pflanzen, Tiere oder Lebensgemeinschaften erfüllt (z. B. Moore, Tümpel, Feuchtwiesen usw.)

Glossar / Abkürzungen

Bodenfruchtbarkeit (gemäss VSBo)
Die Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) nennt als Eigenschaften eines fruchtbaren Bodens u.a. eine artenreiche und aktive Tier- und Pflanzenwelt, eine standorttypische Bodenstruktur und die Fähigkeit, das Wachstum von natürlichen und vom Menschen beeinflussten Pflanzen, mit ihren charakteristischen Eigenschaften bzw. von guter Qualität, zu ermöglichen.

Bodenstruktur
Räumliche Anordnung der festen Bodenteilchen. Der Zusammenhalt erfolgt vorwiegend durch Ausscheidungsprodukte von Bodenlebewesen, Mikroorganismen und Pflanzen sowie durch feinste Wurzelhaare. Eine intakte Bodenstruktur ist von entscheidender Bedeutung für den Wasser- und Nährstoffhaushalt des Bodens und für seine mechanische Stabilität.

bonitieren
Abschätzen bzw. einstufen der Bodenqualität

BSB_5
→ biochemischer Sauerstoffbedarf

Cd
Cadmium, Schwermetall; Freisetzung durch industrielle Prozesse und beim Verbrennen cadmiumhaltiger Farb- und Kunststoffe; wird in Leber und Niere akkumuliert; ausserordentlich persistent, toxisch.

Chlorid
Chlorverbindungen (Salze), z. B. Kochsalz

CO_2
Kohlendioxid; Hauptprodukt jeder Verbrennung; aus 1 kg Gas entstehen 2,5 kg CO_2, aus 1 kg Heizöl, Diesel oder Benzin entstehen 3,2 kg CO_2; Kohlendioxid ist das wichtigste anthropogen erzeugte klimawirksame Spurengas.

dB (A)
Dezibel (A), Masseinheit für den Schallpegel

Denitrifikation
Umwandlung von Nitrat (→ NO_3) über Nitrit (→ NO_2) zu elementarem Luft-Stickstoff (N_2) durch Bakterien (Denitrifikanten)

Deposition
Trockener oder nasser Niederschlag

Dioxine
Dioxine und Furane (kurz Dioxine) entstehen bei industriellen und Verbrennungsprozessen Sie gehören zu den für Mensch und Umwelt giftigsten Stoffen und werden im Boden kaum oder nur sehr langsam abgebaut.

Düngergrossvieheinheit (DGVE)
Masseinheit zur Bestimmung des Hofdüngeranfalls auf landwirtschaftlichen Betrieben. Der Nährstoffanfall einer 600 kg schweren Kuh dient als Basisgrösse.

EDTA
Salz der Ethylendiamintetraessigsäure (Bestandteil von speziellen Reinigungsmitteln)

Emission
Schadstoffausstoss (natürlich oder → anthropogen bedingt) aus einer Schadstoffquelle

Emittent
Schadstoffquelle

end of pipe-Massnahmen
Der Schadstoffquelle nachgeschaltete technische Massnahmen, die den Austritt von Schadstoffen in die Umwelt verhindern sollen. Im Gegensatz dazu stehen Vermeidungsmassnahmen, welche die Entstehung von Schadstoffen an der Quelle verhindern sollen.

Endenergie
Bezeichnung für die Energiemenge, die von den Verbrauchern verwendet wird. Nicht eingeschlossen sind dabei Transportverluste sowie die Energiemenge, die zur Bereitstellung der Energie aufgewendet werden muss.

Glossar / Abkürzungen

Erneuerbare Energie — Energieform, die in überschaubaren Zeiträumen durch natürliche Vorgänge ersetzt wird (z. B. Brennholz)

Faulung — Anaerober (= unter Ausschluss von Luftsauerstoff) biologischer Abbau der → organischen Stoffe im Klärschlamm unter Bildung von Faulgas («Biogas», v. a. Methan und CO_2)

FAV 2 — Verordnung über die Abgasemissionen schwerer Motorwagen, vom 22. Oktober 1986

FCKW — Fluorchlorkohlenwasserstoffe

Flockungsfiltration — Filtration von Abwasser mit Zugabe von → Flockungsmitteln unmittelbar vor dem Filter

Flockungsmittel — Flockungsmittel (meist Eisen- oder Aluminiumsalze) bewirken ein Zusammenballen von im Wasser schwebenden Kleinstbestandteilen des Abwassers zu künstlichen Flocken.

Fossile Brennstoffe — Nicht erneuerbare Energieträger zu Heizzwecken, die Kohlenstoff enthalten (Heizöl, Erdgas, Kohle)

Fremdwasser — Bezeichnung für unverschmutztes Wasser, das in die Kanalisation gelangt und die → ARA unnötigerweise belastet

Fungizid — Chemisches Mittel zur Bekämpfung von Pilzen und unerwünschten Mikroorganismen

Grundwasser — Frei bewegliches Wasser, das die Hohlräume im Untergrund ausfüllt. Es entsteht durch das Versickern von Niederschlagswasser und durch die Infiltration aus Oberflächengewässern. Es können somit zwei Grundwassertypen unterschieden werden: → «Echtes Grundwasser», das hauptsächlich durch das Versickern der Niederschläge entsteht, und → «Infiltrationsgrundwasser», das hauptsächlich durch ein Oberflächengewässer (Speisung) beeinflusst ist.

Grundwasser, echtes — Die Grundwasserneubildung ist wesentlich vom Witterungsverlauf und der Jahreszeit abhängig. Wegen der erhöhten Verdunstung bewirken Sommerniederschläge keine markante Auswirkung auf den Grundwasserspiegel, während ihn hohe Winterniederschläge ansteigen lassen. Wie rasch ein Grundwasserspiegel auf Witterungsveränderungen reagiert, ist unter anderem vom Flurabstand, d. h. der Mächtigkeit der Bodenschicht über dem Grundwasser, abhängig. Je grösser der Flurabstand ist, desto grösser ist die Verzögerung, mit welcher der Grundwasserspiegel auf Veränderungen reagiert.

Hauskehricht — Brennbare, nicht wiederverwertbare Siedlungsabfälle

Herbizid — Chemisches Mittel zur Bekämpfung von unerwünschtem Pflanzenwuchs

Hilfsstoffe, land- und forstwirtschaftliche — Generelle Bezeichnung für die in der Landwirtschaft eingesetzten Düngemittel (u. a. Hofdünger, Klärschlamm, Kunstdünger) und Pflanzenschutzmittel (→ Herbizide, → Fungizide, → Insektizide)

Holzsortiment — Holzprodukt bestimmter Dimension und/oder Qualität aufgrund von Vereinbarungen im Holzhandel. Als Hauptsortimente werden Nutzholz, Industrieholz und Brennholz unterschieden.

Immission — Einwirkung von Schadstoffen auf die Empfänger (Mensch, Pflanzen, Tiere, Ökosysteme, Bauwerke, Materialien)

Inertstoffdeponie — Deponie zur Ablagerung von chemisch und biologisch stabilen, gesteinsähnlichen Abfällen (z. B. sauberer Bauschutt)

Infiltrationsgrundwasser Die Neubildung von Infiltrationsgrundwasser kann nur stattfinden, wenn die Sohle der Flüsse und Bäche durchlässig ist. Dies ist dort erfüllt, wo bei Hochwasser die Flussohle ins Rollen gerät und dadurch eine selbsttätige Filterwäsche ausgelöst wird. Bei kanalisierten oder gestauten Flüssen ist dies meist nicht mehr der Fall, so dass mancherorts die Grundwasserspeisung merklich nachgelassen hat. Sowohl Qualität als auch Quantität von Infiltrationsgrundwasser sind in hohem Mass vom infiltrierenden Gewässer abhängig.

Insektizid Chemisches Mittel zur Bekämpfung unerwünschter Insekten

IP Integrierte Produktion in der Landwirtschaft

Joule Masseinheit für Energie. 1 Kilowattstunde (kWh) entspricht 3,6 Megajoule (MJ) oder 3,6 Millionen Joule. Zehn Megajoule entsprechen ungefähr der Energiemenge, die in 3 Dezilitern Heizöl oder einer Badewanne warmen Wassers enthalten ist.
1 Terajoule (TJ) = 10^{12} Joule = 1000 Milliarden Joule oder 2,8 Millionen kWh
1 Petajoule (PJ) = 10^{15} Joule = 2,8 Milliarden kWh

kanzerogen Krebserzeugend

Kationenaustausch-kapazität Mass für die Fähigkeit des Bodens, Nähr- oder Schadstoffe in austauschbarer Form zu speichern

Klärschlamm Bei der gesamten mechanischen und biologischen Reinigung von Abwasser anfallende Feststoffe. Oberbegriff für in → ARA ausgeschiedenen Schlamm.

Klärschlamm-Hygienisierung Abtötung bzw. Verminderung krankheitserregender Keime im Klärschlamm durch meist thermische Verfahren. Für die landwirtschaftliche Schlammverwertung im Futter- und Gemüsebau vorgeschrieben.

Klärschlammsiebung Massnahme zur Entfernung unerwünschter fester Bestandteile (z. B. Plastikteile) aus dem Klärschlamm

Kompostierbare Abfälle Pflanzliche Abfälle aus Küche, Garten und Grünflächen

Konzentration Gehalt eines Stoffes in einem Gas bzw. in der Luft oder in einer Flüssigkeit; Einheiten sind Milligramm pro Kubikmeter (mg/m³) oder Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m³), → Volumenanteil.

KVA Kehrichtverbrennungsanlage

Lärm Unerwünschter Schall, der als Belästigung und Störung empfunden wird

lösliche Schwermetallgehalte (gemäss VSBo) Die nach den Vorschriften der Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) im Labor ermittelten löslichen Schwermetallgehalte sind ein Mass für die Menge der unter natürlichen Bedingungen im Bodenwasser gelösten und damit für die Pflanzen verfügbaren Schwermetalle.

Low-NOx-Anlage Anlage mit geringen Stickoxidemissionen

LRV Luftreinhalte-Verordnung

LSV Lärmschutz-Verordnung

Meliorationen Ganzheitliche, umfassende Projekte, mit denen die Kulturlandschaft (Land-, Forstwirtschaft, Naturschutz, Erholung u.a.) erhalten, gefördert, entwickelt und gestaltet wird

Meteorwasser Summe aller nicht verunreinigter Abwässer (z. B. Laufbrunnen, Sickerwasser, Dachabwasser usw.) und des abgeleiteten Regenwassers

Mischsystem Gemeinsam in einem Kanal/einer Leitung abgeleitetes verunreinigtes Abwasser und Regenwasser

Modalsplit Aufteilung von Fahrten oder Verkehrsbeziehungen auf verschiedene Verkehrsträger bzw. Verkehrsmittel. Im Vordergrund des Interesses steht der Anteil des öffentlichen Verkehrs gegenüber dem Anteil des motorisierten Individualverkehrs.

Monitoringprogramm Umfassendes Beobachtungsprogramm über den Zustand von Natur- und Landschaft als Grundlage für die Beurteilung der gewählten Massnahmen

Motorisierter Individualverkehr (MIV) Personenwagen, Motorräder und Mofas

µg Mikrogramm; Millionstel Gramm

Nachhaltige Entwicklung Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, welche die heutigen Bedürfnisse zu decken vermag, ohne für künftige Generationen die Möglichkeit zu schmälern, ihre eigenen Bedürfnisse zu decken.

Nachhaltigkeit (Wald) Waldnutzung: Kontinuität sämtlicher materieller Leistungen (wie z. B. Rohstoffproduktion) und sämtlicher Wirkungen (wie z. B. Schutz, Wohlfahrt) des Waldes

Nachklärung Mechanische Reinigung des Abwassers in Absetzbecken (Nachklärbecken) zur Abtrennung von → Belebtschlamm nach der biologischen Reinigung

naturnaher Waldbau Standortgerechte und strukturreiche Mischbestände, weitgehende Naturverjüngung

NH_3 → Ammoniak

NH_4 → Ammonium

NHG Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz

Nitrifikation Umwandlung von → Ammonium (NH_4) über Nitrit (NO_2) zu → Nitrat (NO_3) durch Bakterien (Nitrifikanten)

NO Stickstoffmonoxid; farbloses Gas; entsteht vor allem bei hohen Verbrennungstemperaturen (Motoren, Feuerungen)

NO_2 Stickstoffdioxid; bräunliches, giftiges Gas; entsteht grösstenteils durch Oxidation von → NO; führt zu Erkrankung der Atemwege und Störung der Lungenfunktionen, begünstigt chronische Bronchitis

NO_3 Nitrat

NOx Stickoxide; Summenbezeichnung für Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid (oxidierte Stickstoffverbindungen); wird durch chemische Umwandlung in Salpetersäure (HNO_3) überführt; gelangt duch Auswaschung in Böden und Gewässer (Überdüngung von Ökosystemen, Materialschäden durch sauren Niederschlag).

NTA Salz der Nitrilotriessigsäure

Glossar / Abkürzungen

O_2	Sauerstoff
O_3	Ozon; beeinträchtigt die Atemwege, begünstigt chronische Bronchitis.
organische Schadstoffe	Natürliche und synthetische Schadstoffe, die aus Kohlenstoffverbindungen aufgebaut sind (→ Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)
PAH, PAK	→ Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (hydrocarbons).
Partikel	Kleine Teilchen aus natürlicher (z. B. Wüstensand, Pollen, Meersalz usw.) sowie → anthropogener Herkunft (z. B. aus Dieselmotorabgasen, Pneuabrieb, Bautätigkeit usw.)
PCB	Polychlorierte Biphenyle; Gruppe besonders stablier und langfristig toxischer Industriechemikalien
Pflanzenverfügbarkeit	Pflanzenverfügbar sind Stoffe dann, wenn sie in der Bodenlösung (Wasser) gelöst und somit durch die Pflanzenwurzeln aufnehmbar sind.
pH	Mass für den Säuregrad einer Lösung
Phosphat (PO_4)	Salz der Phosphorsäure; dient als Düngemittel sowie als Wasserenthärter in Reinigungsmitteln.
Phosphatfällung	Verfahren zum Entfernen von → Phosphat aus dem Abwasser durch Beigabe von Metallsalzen (Eisen-, Aluminiumsalze)
Photovoltaik	Auf Solarzellen basierende Technik zur direkten Umwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität
PJ	→ Joule
PM10	Staubpartikel bis 10 Mikrometer (µm) Durchmesser; Anteil am Gesamtschwebestaub rund 55 %; lungengängig, beeinträchtigt die Atemwege, begünstigt chronische Bronchitis
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH, PAK) entstehen bei unvollständiger Verbrennung, aber auch in Dieselmotoren; für die kanzerogene Potenz der ganzen Gruppe der PAH wird ein einziges PAH, nämlich Benzo[a]pyren, herangezogen. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe gehören aufgrund ihrer Häufigkeit und Giftigkeit zu den wichtigsten → organischen Schadstoffen im Boden.
ppb	parts per billion; Einheit zur Bezeichnung des → Volumenanteils
ppm	parts per million; Einheit zur Bezeichnung des → Volumenanteils
Prozessenergie	Energie, die für industrielle oder gewebliche Produktionsprozesse benötigt wird
Reaktordeponie	Deponie, auf der aufgrund der Abfallzusammensetzung (z. B. mineralischer Anteil des Bausperrgutes, Schlacke aus KVA und Feuerungen, Sandfangmaterial aus Kläranlagen und Strassenwischgut) biologische, biochemische oder chemische Reaktionen stattfinden. Reaktordeponien haben gemäss Technischer Verordnung über Abfälle (TVA) strenge Vorschriften bezüglich der Abdichtung, Entwässerung und Überwachung zu erfüllen.
Rekultivierung	Erstellen eines künstlichen Bodens zur Wiederinkulturnahme von Flächen, die vorübergehend anderweitig, d. h. nicht land- oder forstwirtschaftlich genutzt worden sind (z. B. Baupisten, ehemalige Deponien, aufgefüllte Kiesgruben usw.)

Reststoffdeponie

Deponie für chemisch und biologisch stabile, metallhaltige (erzähnliche) Rückstände. Auf Reststoffdeponien können anorganische Rückstände aus Behandlungsverfahren mit bekannter chemischer Zusammensetzung (z. B. aufbereitete Rückstände aus der Rauchgasreinigung von KVA) abgelagert werden

Richtwerte gemäss VSBo

In der → VSBo sind für 10 Schwermetalle und Fluor Richtwerte festgelegt. Bei Überschreiten derselben ist die Bodenfruchtbarkeit langfristig nicht mehr gewährleistet.

Rote Liste

Liste von bedrohten Tier- oder Pflanzenarten. Aufgrund der Gefährdungssituation werden die Arten in verschiedene Kategorien eingeteilt.

RPG

Bundesgesetz über die Raumplanung

Schwarzwild

Wildschweine

Schwermetalle

Metalle mit einer höheren Dichte als 5 g/cm³ (Eisen, Zink, Kupfer, Mangan, Zinn, Chrom, Cadmium, Blei, Quecksilber u. a.) Viele Schwermetalle haben bei Stoffwechselprozessen keine erkennbar lebensnotwendigen Funktionen, sondern wirken vielmehr giftig auf Mensch, Tier und Pflanzen. Chrom, Cobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel und Zink sind für Mensch, Tier und Pflanzen lebensnotwendige Spurenelemente. Sie werden mit der Nahrung aufgenommen, wirken aber in höheren Konzentrationen für den Organismus giftig. Keinerlei positive Wirkungen sind hingegen von den Elementen Blei, Cadmium und Quecksilber bekannt. Alle diese Elemente kommen in der Erdkruste, meist in sehr geringen Konzentrationen, vor. Auf Böden, die aus Gesteinen mit hohen Schwermetallgehalten entstanden sind, findet man eine an die Schadstoffe angepasste «Schwermetallvegetation».

Separatabfälle

Abfälle, die ganz oder teilweise der Wiederverwendung, der Wiederverwertung oder einer besonderen Behandlung zugeführt werden

Siedlungsabfälle

Siedlungsabfälle sind die aus Haushalten stammenden Abfälle sowie andere Abfälle vergleichbarer Zusammensetzung. Als Siedlungsabfälle gelten: → Hauskehricht, → Sperrgut, → Separatabfälle, → Sonderabfälle und → kompostierbare Abfälle.

SNV / SNV-Wert

SNV (Schadstoff-Nutzstoff-Verhältnis von Klärschlamm) = Mittlere Belastung des Klärschlamms mit Schadstoffen dividiert durch seinen Phosphorgehalt. Der SNV-Wert errechnet sich, indem vom Gütewert für Klärschlamm SNV die Faktoren 0,1 (Schlammsiebung) und/oder 0,2 (Hygienisierung) abgezogen werden. Es gilt: Je tiefer der SNV-Wert, desto besser der Klärschlamm.

SO_2

Schwefeldioxid; stechend riechendes, giftiges Gas; entsteht beim Verbrennen von schwefelhaltigen Brenn- und Treibstoffen; wird durch chemische Umwandlung in Schwefelsäure (H_2SO_4) überführt, gelangt durch Auswaschung in Böden und Gewässer (Übersäuerung von Ökosystemen, Materialschäden durch sauren Niederschlag); beeinträchtigt die Atemwege, begünstigt chronische Bronchitis.

Sommersmog

Hohe Ozonkonzentrationen in den bodennahen Luftschichten bei austauscharmen Wetterlagen und hohen Temperaturen

Sonderabfälle

Sonderabfälle sind die aus Haushalten, Unternehmungen und von Baustellen stammenden Abfälle, die der Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen (VVS) unterstehen

Sperrgut

Hauskehricht, der wegen seiner Abmessungen oder seines Gewichtes nicht in offizielle Behältnisse passt

standorttauglich (= standortgerecht) Baumarten, die von ihrem gesamtökologischen Verhalten her bis zu einem bestimmten Anteil zum Standort passen und auf diesem gedeihen, ohne ihn zu schädigen (aber nicht unbedingt von Natur aus vorkommen)

StFV Verordnung über den Schutz vor Störfällen

StoV Stoffverordnung

TJ → Joule

Totalgehalte (an Schadstoffen, gemäss VSBo) Der Schadstoff-Totalgehalt ist ein Mass für die Summe der im Bodenwasser gelösten und der an feste Bodenteilchen gebundenen Schadstoffe im Boden.

toxisch Giftig

Transmission Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre vom Entstehungsort (Emission) zum Einwirkungsort (Immission). Die Transmission umfasst alle Prozesse, durch welche Luftbestandteile transportiert oder verändert werden.

Trennsystem Getrennt in verschiedenen Kanälen/Leitungen abgeleitetes verunreinigtes Abwasser und Regenwasser

TVA Technische Verordnung über Abfälle

USG Bundesgesetz über den Umweltschutz

Verdachtsfläche Verdachtsflächen sind vermutete, aber (noch) nicht nachgewiesene Altlasten.

Verschlämmung Verstopfung von Bodenporen durch kleinste, mit dem Regenwasser in die Tiefe verlagerte Bodenteilchen. Durch mechanische Belastung des Bodens (Befahren) im nassen Zustand wird das Loslösen kleinster Bodenteilchen und damit die Verschlämmung gefördert. Folge der Verschlämmung ist, dass Regenwasser schlechter in den Boden einsickern kann und deshalb vermehrt oberflächlich abfliesst. Dadurch wird die Erosion gefördert.

VOC Flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds), gelegentlich auch «Kohlenwasserstoffe» (HC) genannt

Vollnitrifikation Ganzjährig stattfindende → Nitrifikation

Volumenanteil Gehalt eines Stoffes in einem Gas bzw. in der Luft oder in einer Flüssigkeit; Einheiten sind «parts per million» (ppm; z. B. Anzahl Teilchen Schadstoff auf eine Million Teilchen Luft) und «parts per billion» (ppb; Anzahl Teilchen Schadstoff auf eine Milliarde Teilchen Luft). Beispielsweise sind 15 ppb → NO_2 gleichbedeutend einer Konzentration von 30 µg/m³ NO_2.

Vorfluter Bach oder Fluss, in den das unverschmutzte oder gereinigte Abwasser eingeleitet wird

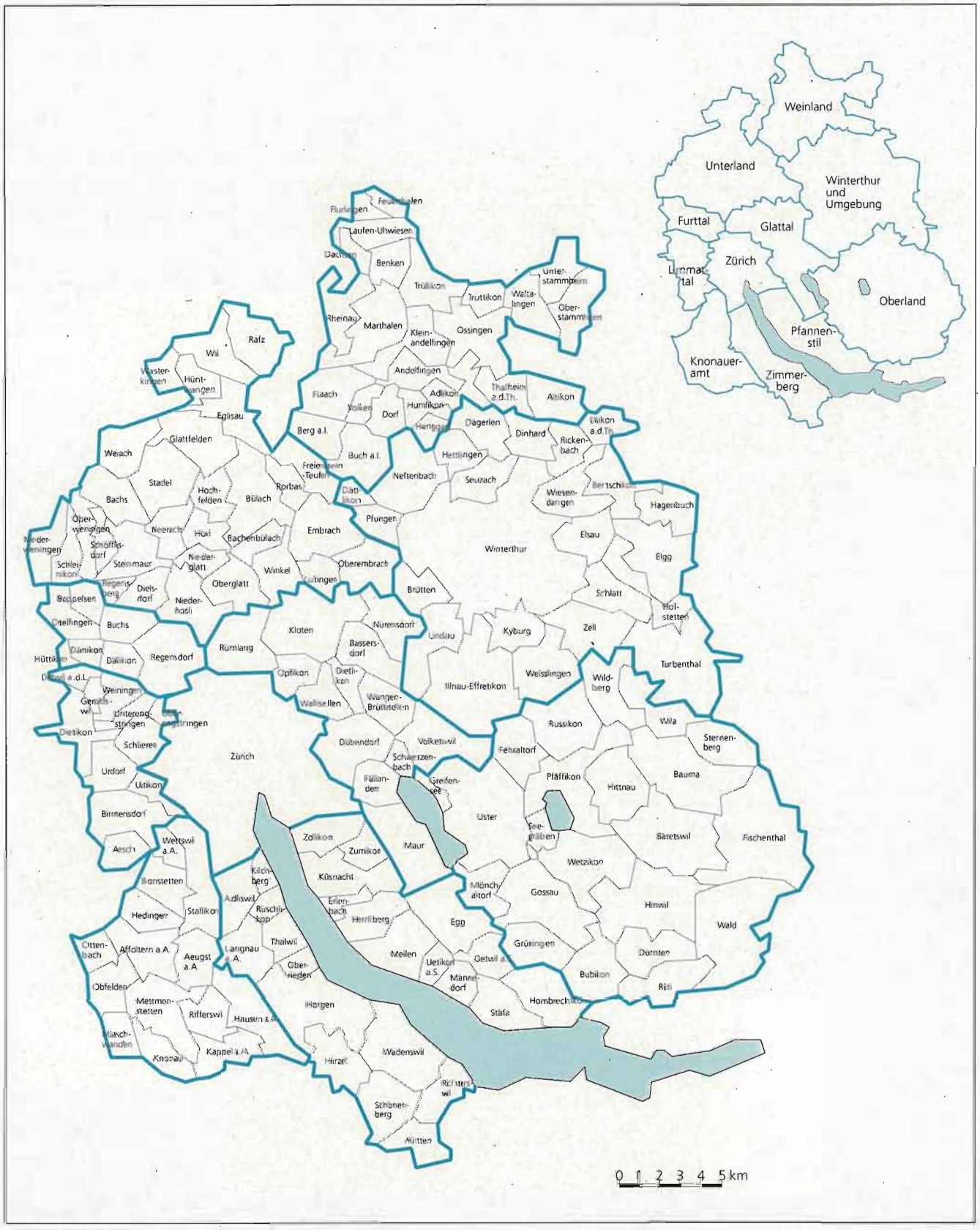
Vorklärung Mechanische Reinigung des Abwassers in Absetzbecken (Vorklärbecken) zur Abtrennung von sedimentierbaren Schmutzstoffen vor der biologischen Reinigung

VSBo Verordnung über Schadstoffe im Boden

VVS Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen

Wachstumsregulatoren Dazu zählen sowohl Pflanzenhormone als auch synthetische Stoffe, die das Wachstum von Pflanzen regeln, das heisst fördern oder hemmen.

Gemeinden und Planungsregionen im Kanton Zürich



Anhang

Weiterführende Publikationen

Der vorliegende Umweltbericht vermittelt eine Gesamtschau zur Umweltsituation im Kanton Zürich. Daneben existieren verschiedene Veröffentlichungen, die in Ergänzung dazu detaillierter über einzelne Umweltbereiche informieren.

Allgemeines

- Koordinationsstelle für Umweltschutz/Statistisches Amt des Kantons Zürich: Umweltdatenkatalog – Verzeichnis mit Anleitung für den raschen Zugang zu den in der kantonalen Verwaltung verfügbaren umweltbezogenen Daten. Zürcher Datenservice, 1995.
- Koordinationsstelle für Umweltschutz: Umweltschutzfachstellen im Kanton Zürich, Adressen und Telefonnummern (wird laufend nachgeführt).
- Koordinationsstelle für Umweltschutz: Zürcher UmweltPraxis (ZUP), Informations-Bulletin der Umweltschutz-Fachverwaltung des Kantons Zürich (erscheint drei- bis viermal pro Jahr).
- Statistisches Amt des Kantons Zürich: Statistisches Jahrbuch des Kantons Zürich 1997 (erscheint jährlich).
- Umweltschutzfachstelle der Stadt Zürich: Umwelt-Bericht 1994/95. Zürich 1996.

Raumplanung

- Amt für Raumplanung des Kantons Zürich: Bericht des Regierungsrates an den Kantonsrat über die Leitbilduntersuchungen und den Verwirklichungsstand der Raumplanung, 1997.

Verkehr

- Bosshard, F.: Pendlerbeziehungen und Zeitdauer der Wege im Kanton Zürich 1990. Statistische Berichte des Kantons Zürich, Heft 4/1993.
- Bosshard, F.: Motorfahrzeuge im Kanton Zürich 1994. Statistische Berichte des Kantons Zürich, Heft 1/1995.
- Bosshard, F. und Davatz, F.: Regionale Unterschiede bei Verkehrsmittelwahl und Verkehrszwecken im Kanton Zürich 1994. Statistische Berichte des Kantons Zürich, Heft 4/1996.
- Davatz, F. und Kuhn, F.: Verkehrsverhalten im Kanton Zürich 1994, Hauptergebnisse einer Sonderauswertung des Mikrozensus Verkehr 1994. Statistische Berichte des Kantons Zürich, Heft 1/1996.
- Eisler, G.: Strassenverkehrszählungen im Kanton Zürich 1994. Statistische Berichte des Kantons Zürich, Heft 2/1995.
- Eisler, G.: Die Verkehrsentwicklung im Kanton Zürich 1990–1995. Statistische Berichte des Kantons Zürich, Heft 2/1996.
- Feurer, F. und Steffen, A.: Fünf Jahre S-Bahn: SBB Fahrgastfrequenzen 1989–1994 im Zürcher Verkehrsverbund. Statistische Berichte des Kantons Zürich, Heft 2/1995.
- Flughafendirektion Zürich: Flughafenstatistik (erscheint jährlich).

Weiterführende Publikationen

Land- und Forstwirtschaft

- Konferenz der Amtsstellen für das Meliorationswesen (Hrsg.), Meliorationsamt: Förderung und Gestaltung des ländlichen Raums – Moderne Meliorationen als Chance, 1993.
- Oberforstamt: Immissionsökologische Untersuchungen im Wald des Kantons Zürich. Zusammenfassender Schlussbericht über Untersuchungen und Dauerbeobachtungsflächen von 1984 bis 1991, 1992.
- Oberforstamt und Amt für Raumplanung: Waldstandorte im Kanton Zürich, 2. Auflage 1994.
- Institut für Agrarwirtschaft ETH Zürich: Ökonomie und Ökologie in der Zürcher Landwirtschaft, April 1995.
- Regierungsrat des Kantons Zürich: Leitbild für die zürcherische Landwirtschaft, Oktober 1995.

Abfälle und Abfallanlagen

- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Zahlen zur Abfallwirtschaft Kanton Zürich, 1995 (erscheint jährlich).

Altlasten

- Baudirektion des Kantons Zürich: Grundsätze, Modelle und Praxis der Altlastenbearbeitung im Kanton Zürich, Tagungsband der Altlastentagung, 1996.

Störfälle / Unfälle

- Koordinationsstelle für Störfallvorsorge: «Accidat»: Liste der chemischen und radiologischen Unfälle/Störfälle. Zusammenfassung der Meldungen der schweizerischen Tagespresse (jährlich seit 1990).
- Koordinationsstelle für Störfallvorsorge: Risiko – Dialog zwischen Theorie und Praxis. Leitfaden zur Information und Kommunikation über Risiken des Kantons Zürich, 1995.
- Koordinationsstelle für Störfallvorsorge: Chemische Risiken im Kanton Zürich. Eine Standortbestimmung zum Vollzug der Störfallverordnung, 1996.

Energie

- Amt für technische Anlagen und Lufthygiene: Energieplanungsbericht 1994, Bericht des Regierungsrates über die Energieplanung vom 14. Dezember 1994.

Luft

- Amt für technische Anlagen und Lufthygiene: Erfolgskontrolle des Luft-Programmes, Bericht 1993.
- Amt für technische Anlagen und Lufthygiene: Luft-Programm 1996.
- Amt für technische Anlagen und Lufthygiene: Luft-Programm 1996 – Das Wichtigste in Kürze.
- Amt für technische Anlagen und Lufthygiene, Amt für Gesundheit und Umwelt der Stadt Zürich, Gesundheitsamt der Stadt Winterthur: Luft-Schadstoffe im Kanton Zürich. Immissionsbericht 1996 (erscheint jährlich).
- Cecl'Air, Lufthygiene-Fachstellen des Bundes, der Kantone und Städte: Luft-Post. Die Luftreinhaltung in der Schweiz, 1996.

- Zürcher Kantonalbank: Saubere Luft im Kanton Zürich. Leitlinie für eine effiziente Luftreinhaltepolitik, 1993.

Lärm

- Flughafendirektion: Lärm-Bulletin Flughafen Zürich (erscheint monatlich).
- Flughafendirektion: Lärm-Bulletin Flughafen Zürich. Fluglärmrelevante Zahlen, gestern und heute (erscheint jährlich).
- Tiefbauamt, Fachstelle Lärmschutz: 10 Jahre Lärmschutzverordnung (LSV). Themenheft Zürcher UmweltPraxis Nr. 12/März 1997.

Wasser und Gewässer

- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Gewässerschutzkarte des Kantons Zürich, 1:25'000, 1990, (12 Blätter).
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Grundwasserkarte des Kantons Zürich, 1:25'000, 1991, (12 Blätter).
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Organische Schadstoffe im Klärschlamm, 1991.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Was wissen sie über Klärschlamm? 1992.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Oberflächengewässer und Kläranlagen, 1994.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Beurteilung kritischer Zeitpunkte für den Einsatz von Gülle und flüssigem Klärschlamm in der Landwirtschaft, 1994.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Gezielter Klärschlammeinsatz in der Landwirtschaft, 1994.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Qualitative Grundwasserüberwachung im Kanton Zürich, 1995.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Hydrographisches Jahrbuch des Kantons Zürich – Grundwasser, 1995.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Kanton Zürich Abwasserreinigung in Zahlen 1995 (erscheint jährlich).
- Regierungsrat des Kantons Zürich: Klärschlammverwertung und -entsorgung (Kantonales Konzept), 1995.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Oberflächengewässer und Abwasserreinigungsanlagen, 1996.

Boden

- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Fachstelle Bodenschutz: Schadstoffbelastung des Bodens im Kanton Zürich, Resultate des kantonalen Bodenrasternetzes, 1989.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Fachstelle Bodenschutz: Schwermetallbelastung des Bodens im Gebiet Küsnachter Berg, 1994.

Weiterführende Publikationen

- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Fachstelle Bodenschutz: Bestandesaufnahme von bodenphysikalischen Kenngrössen bei Geländeauffüllungen, 1996.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Fachstelle Bodenschutz: Boden- und Pflanzenuntersuchungen auf dem Gemeindegebiet Hinwil, 1996.
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Fachstelle Bodenschutz: Cadmiumtransfer Boden–Nahrungspflanzen, 1996.
- Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich: Bodenkarte 1:5000, 1997.

Lebensräume und Landschaft

- Amt für Raumplanung des Kantons Zürich: Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich, 20. Dezember 1995.
- Amt für Raumplanung, Fachstelle Naturschutz: Der Kanton Zürich im Europäischen Naturschutzjahr 1995. Zürcher UmweltPraxis, Nr. 5 / 1995.

Rohstoffe, Kiesabbau

- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Zahlen zur Kieswirtschaft Kanton Zürich 1995 (erscheint jährlich).
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau / Amt für Raumplanung: Rohstoffkarte Kies des Kantons Zürich, 1:25'000, inklusive Erläuterungen, 1996.

