

# **Umweltbericht** für den **Kanton Zürich**

1992

# Umweltbericht für den Kanton Zürich 1992


**Herausgeber**

Direktion der öffentlichen Bauten
im Auftrag des Regierungsrates
des Kantons Zürich

**Projektleitung und Realisierung**

Koordinationsstelle für Umweltschutz

Für die Erarbeitung der Beiträge beigezogene Ämter und Fachstellen

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

ARP Amt für Raumplanung
- Fachstelle Wirtschaft und Bevölkerung
- Fachstelle Naturschutz

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

Flughafendirektion Zürich
- Abteilung Lärmbekämpfung

KIGA / Arbeitsinspektorat

Koordinationsstelle für Störfallvorsorge

Landwirtschaftsamt

Meliorations- und Vermessungsamt

Oberforstamt

Statistisches Amt

Tiefbauamt
- Fachstelle Lärmschutz

Zürcher Verkehrsverbund

**Gesamtredaktion, Computergrafik und Kartographie**

Koordinationsstelle für Umweltschutz

**Mitwirkung an**

**– Konzept und Textbearbeitung**

Dr. iur. Theo Loretan,
Basler & Hofmann AG, Zürich

Urs Steiger, dipl. Natw. ETH,
Wissenschaftsjournalist, Horw

**– Kartographie**

Symplan Map AG, Luzern

**Grafische Gestaltung und Illustrationen**

KB Tecmedia, Weisslingen

**Bezugsquelle**

Koordinationsstelle für Umweltschutz,
Baudirektion, 8090 Zürich

# Umweltbericht für den Kanton Zürich

Herausgegeben von der
Direktion der öffentlichen Bauten
im Auftrag des Regierungsrates
des Kantons Zürich

1992

## Inhaltsübersicht


**Vorwort** 5

ZUSAMMENFASSUNG – SYNTHESE

Auftrag zum ersten Umweltbericht 9
Wie soll bilanziert, wie gewertet werden? 11
Die Umweltsituation im Überblick 13

**UMWELTRELEVANTE AKTIVITÄTEN**

Wohnen, Bautätigkeit, Arbeiten, Konsum 27
Land- und Forstwirtschaft 37
Energie 51
Verkehr 59
Stoffe, Abfälle und Abfallanlagen 71
Störfälle/Unfälle 85

**BEANSPRUCHTE RESSOURCEN**

Wasser und Gewässer 89
Luft 93
Boden/Flächennutzung 99

**ZUSTAND DER UMWELT**

Wasser und Gewässer – Emissionen 105
– Zustand und Qualität 114
Luft – Emissionen 127
– Immissionen 129
– Auswirkungen 136
– Luftreinhaltestrategie 139
Boden 143
Lärm 155
Lebensräume und Landschaft 165

ANHANG 186

# Vorwort



*Mit dem Umweltbericht, einer noch jungen Form der Umweltschutzinformation, soll ein Bild über den Zustand der Umwelt im Kanton Zürich vermittelt werden. Wohl haben Regierung und Verwaltung schon seit langem regelmässig über einzelne oder mehrere zusammenhängende Aspekte des Umweltschutzes informiert; diese detaillierten Informationen, so unentbehrlich sie in manchen Fällen auch weiterhin sein werden, erlaubten indes keine Gesamtschau. Diesem Anspruch will nun dieser Umweltbericht genügen.*

*Gerade einfach ist das nicht: Zum einen lässt sich d e r Zustand der Umwelt nicht leichthin darstellen, denn er verändert sich dauernd und unterliegt einer Vielfalt von Einflussfaktoren, die ihrerseits in ihrer Zusammensetzung und Wirkungskraft ständigem Wechsel unterworfen sind.*

*Zum andern bedingt das Zustandekommen dieser Publikation einen hohen koordinativen Aufwand und fordert spezialisierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dazu heraus, sich neben den täglichen Aufgaben aktiv in den Dienst eines weitgefächerten Gemeinschaftswerks zu stellen. Für den Umweltschutz leisten im Kanton Zürich eine ganze Reihe von Verwaltungsstellen in der Mehrzahl der Direktionen und in zahlreichen Ämtern und Abteilungen praktische Vollzugsarbeit. Für die Direktions- und Ämter-übergreifende Bereitschaft und den Willen, an einem Werk mitzuarbeiten, in dem der einzelne Beitrag, so bedeutend er auch sein mag, im Ganzen aufgeht, ist hier allen Beteiligten zu danken. Nur dadurch ist der vorliegende umfassende Überblick möglich geworden.*

*Eine Lücke ist damit geschlossen. Weder den Behörden, noch der Bevölkerung war es bisher möglich, sich ein umfassendes und gleichzeitig zutreffendes Bild über den Zustand unserer Umwelt zu machen. Gerade das aber ist notwendig, soll die Aufmerksamkeit wirkungsvoll darauf gelenkt werden, dass wir den beschränkten Ressourcen, unseren Lebensgrundlagen, vermehrt Sorge zu tragen haben.*

*Im Zuge der stürmischen Veränderung unserer Lebensformen sind die Umweltprobleme zahlreicher und drängender, Umweltschutz aber auch viel komplexer geworden. Die vielseitigen Abhängigkeiten zwischen unseren Aktivitäten und deren Auswirkungen auf die Umwelt verständlicher zu machen, ist Aufgabe des vorliegenden Umweltberichts.*

*Von diesem Ziel leiten sich auch seine inhaltliche und formale Struktur ab: Er will nicht in erster Linie Rechenschaftsbericht der Verwaltung sein, sondern die Umweltsituation so darstellen, dass daraus alle eigenverantwortliches Handeln im Dienste der Umwelt ableiten können. In einem ersten Teil sind die in den einzelnen Umweltbereichen wirksam werdenden Aktivitäten dargestellt, während die folgenden Teile zusammenfassen,*
*– welche Situation sich aus der Beanspruchung der Ressourcen Wasser, Luft und Boden ergibt, und*
*– wie die Situation bezüglich Belastung, Zustand und Qualität in den einzelnen Umweltbereichen aussieht.*
*Wertungen finden sich in den nachstehenden Beiträgen nur insoweit, als dies zum Verständnis wesentlicher Zusammenhänge nötig ist. Trotzdem, oder gerade deshalb, sind die hier zusammengetragenen und übersichtlich aufbereiteten Informationen wertvoll für alle, denen die Erhaltung unserer Lebensgrundlagen ein Anliegen ist.*

Regierungsrat Hans Hofmann
Baudirektor

# ZUSAMMENFASSUNG – SYNTHESE

## Auftrag zum ersten Umweltbericht


Lebens- und Wirtschaftsraum Kanton Zürich 9

Informationsauftrag: Lagebericht Umwelt 9

Aussageschärfe und Verfügbarkeit von Daten 10


## Wie soll bilanziert, wie gewertet werden ?


Unterschiedliches ist zu beurteilen 11

A. Das gesetzte Recht ist erster Massstab 11

B. Qualitative Bewertungen sind schwierig, aber notwendig 12

C. Neuerkannte Herausforderungen 12


## Die Umweltsituation im Überblick


Energie- und Stoffflüsse 13

Luft 15

Lärmbelastung 17

Wasser und Gewässer 18

Bodenverbrauch und -belastung 20

Lebensräume, Landschaft und Erholung 22

Handlungsbedarf 24

## Lebens- und Wirtschaftsraum Kanton Zürich

Der mit diesem Umweltbericht erfasste Kanton Zürich 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, welche 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 zwei Jahren ist Zürich zudem Drehscheibe der S-Bahn und des kantonalen Verkehrsverbundes.

Mit 1729 Quadratkilometern nimmt der Kanton Zürich lediglich gut 4 Prozent der gesamten Fläche der Schweiz ein. Mit einer Bevölkerungsdichte von 670 Einwohnern pro Quadratkilometer gehört Zürich – die Stadtkantone Basel und Genf ausgenommen – mit Abstand zu den am dichtesten besiedelten Kantonen. Der Kanton beherbergt 17 Prozent der Wohnbevölkerung der Schweiz und rund 16 Prozent aller Arbeitsplätze. Mehr als ein Fünftel des gesamten Volkseinkommens wird in diesem verhältnismässig kleinen Gebiet erarbeitet. Es beansprucht aber auch nahezu einen Fünftel 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 Umweltbelastungen. Diese wiederum bedingen Massnahmen zum Schutze der Umwelt.

## Informationsauftrag: Lagebericht Umwelt

Wie sieht es nun im Kanton Zürich mit diesen Umweltbelastungen, den dagegen ergriffenen Massnahmen und deren Wirkungen aus? Der vorliegende Bericht will, umfassend und in grösseren Zusammenhängen, auf diese Fragen antworten. Er zeichnet ein Bild des Umweltzustandes im Kanton Zürich, indem er für verschiedene Umweltbereiche die wichtigsten umweltrelevanten Aktivitäten, die Emissionen und Immissionen aufzeigt und über laufende Umweltschutzmassnahmen und deren Wirksamkeit informiert. Den grundsätzlichen Beschluss zur Herausgabe eines Umweltberichts hat der Regierungsrat bereits in das Konzept "Kantonale Information im Umweltschutz" vom Dezember 1988 aufgenommen und ihn im Oktober 1991 spezifiziert. Er folgt damit dem Informationsauftrag nach Art. 6 und 44 des Umweltschutzgesetzes (USG):

– *Art. 6 Abs. 1 USG:*
«Die Umweltschutzfachstellen informieren die Öffentlichkeit über den Umweltschutz und den Stand der Umweltbelastung.»

– *Art. 44 Abs. 1 USG:*
«Bund und Kantone führen Erhebungen über die Umweltbelastung durch und prüfen den Erfolg der Massnahmen dieses Gesetzes.»

## Informationsauftrag: Lagebericht Umwelt

**Eine breit angelegte Übersicht**

Der Umweltbericht soll in Zukunft periodisch nachgeführt und neu aufgelegt werden. Er soll Hilfe bieten bei Planungen sowie Verursachergruppen von der Notwendigkeit ihres selbstverantwortlichen Handelns im Hinblick auf Schonung von Umwelt und Ressourcen überzeugen. Er bietet eine breit angelegte Übersicht und ersetzt damit nicht Publikationen mit detaillierteren Angaben und zusätzliche Unterlagen der kantonalen Umweltschutzfachstellen und Direktionen, wie sie für besondere Aufgaben und Informationsbedürfnisse nach wie vor benötigt werden. Auf solche wird im Anhang verwiesen. Der vorliegende Bericht beleuchtet zudem die Gesamtsituation im Kanton Zürich; für einzelne Gemeinden, darunter die Städte Zürich und Winterthur, bestehen bereits eigene Umweltberichte mit detaillierteren Informationen.

## Aussageschärfe und Verfügbarkeit der Daten

Die Beschreibung des Umweltzustandes muss sich auf geeignetes Datenmaterial stützen können. Je nach Umweltbereich und Stand des Problembewusstseins ist solches aber in sehr unterschiedlicher Form und Qualität verfügbar. Die Datenlage ist in jenen Bereichen zufriedenstellend, mit denen sich, wie z.B. im Gewässerschutz, die Umweltpolitik bereits seit längerer Zeit befasste. In den Bereichen, in denen zwar nachhaltige Qualitätsverluste oder irreversible Schäden zu erwarten sind, diese sich aber über lange Zeit schleichend entwickelten, wie z.B. im Bodenschutz, wurden die Belastungen oft erst spät erkannt, so dass Angaben eher noch spärlich sind.

Ein Mangel an verlässlichen Informationen auf kantonaler Ebene ist auch bezüglich des Stoffumsatzes zu verzeichnen, obwohl diese Grössen für die Umweltsituation von eminenter Bedeutung sind. Sehr wenig bekannt ist beispielsweise über den Umfang und die Qualität des privaten und öffentlichen Konsums, der Warenproduktion und des Warenhandels. So lässt sich zur Zeit kaum darstellen, inwieweit umweltschonende Produktionstechniken in Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe bereits angewendet werden. Noch wenig oder gar kein statistisches Material ist für einzelne Aktivitätsbereiche wie den Freizeitsektor verfügbar, der sich vor allem in jüngster Zeit durch ein rasantes Wachstum auszeichnet.

## Unterschiedliches ist zu beurteilen

Wer versucht, den Umweltzustand im Kanton Zürich in möglichst umfassender Art darzustellen, kommt nicht darum herum, in irgendeiner Weise zu bilanzieren und zu werten. Die wechselnde Charakteristik der in diesem Bericht darzustellenden Umweltbereiche sowie die unterschiedliche Stellung der einzelnen Bereiche im politisch-gesellschaftlichen Umfeld ebenso wie deren Behandlung im betreffenden Recht führt zwangsläufig dazu, dass nicht aus ein und demselben Blickwinkel alles beurteilt werden kann. Drei Feststellungen lassen sich vorweg treffen:

A. Das gesetzte Recht ist erster Massstab.
B. Qualitative Bewertungen, häufig ebenfalls durch geltendes Recht verlangt, sind wohl schwierig, aber notwendig.
C. Auch neuerkannte Herausforderungen sind in die Beurteilung einzubeziehen.

## A. Das gesetzte Recht ist erster Massstab

Die festgestellten Belastungen, Erfolge oder Misserfolge von Umweltschutzbemühungen sind im Rahmen einer Beurteilung in erster Linie daran zu messen, ob die aufgrund des geltenden Umweltrechtes geforderten Zustände eingehalten, erreicht oder wiederhergestellt werden können.

Bilanz im Sinne eindeutiger Vergleiche kann vor allem einmal dort gezogen werden, wo anhand vorgegebener Grenz- oder Zielwerte die Rechtmässigkeit des aktuellen Umweltzustandes beurteilt werden kann; das ist zum Beispiel bei der Luftreinhaltung, im Lärmschutz oder bei den Qualitätsparametern für Wasser der Fall.

## B. Qualitative Bewertungen sind schwierig, aber notwendig

Ein wesentlicher Teil dieses Berichtes beschäftigt sich aber gezwungenermassen mit der Frage, ob die vom geltenden Recht zwar gebotenen, aber nur qualitativ umschriebenen Zustände erreicht werden. Von der eidgenössischen und der kantonalen Gesetzgebung, insbesondere vom Umweltschutzgesetz (USG), vom Raumplanungsgesetz (RPG) sowie vom Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG), werden für weite Aufgabenbereiche des Umweltschutzes qualitative Zielsetzungen formuliert, jedoch keine Grenzwerte vorgegeben. Dies trifft beispielsweise zu auf die Bewertung landschaftlicher Vielfalt oder von Erholungsräumen. Weitere Bereiche betreffen die Bewertung von oft kaum merklich fortschreitenden Verlusten an Lebensraum für Flora und Fauna oder die durch das RPG vorgegebene Zielsetzung der "haushälterischen Nutzung" des Bodens. In all diesen Fällen ist es schwierig zu bilanzieren. Wertungen, die nicht von jedermann geteilt werden, sind manchmal unvermeidlich.

An verschiedenen Stellen des Berichtes werden solche Wertungen von den für den Umweltschutz im Kanton Verantwortlichen auch vorgenommen. Dabei wird deutlich, dass Entscheidungen über die Qualität unserer Umwelt von grosser Bedeutung und notwendig sind. Es besteht ein Spielraum, den es zu nutzen gilt. Obschon oft nicht quantitativ begründbar, kann meist gesagt werden, worauf es ankommt:

- Zusammenhängende Landschaften sollen erhalten bleiben und neue Lebensräume geschaffen und untereinander vernetzt werden, etwa entlang und in Gewässern;
- Landschaften sollen weniger zerschnitten und verlärmt, Erholungsräume bewahrt werden;
- genügend grosse Lebensräume müssen erhalten werden, um dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten entgegenzuwirken.

Im Bericht wird versucht, qualitative Veränderungen so objektiv wie nur möglich zu zeigen und sie derart in die grösseren Zusammenhänge einzufügen, dass sie leicht fasslich werden.

# C. Neuerkannte Herausforderungen

**Treibhauseffekt**

Schon in naher Zukunft werden grosse Herausforderungen zu bewältigen sein: der Treibhauseffekt, die Wahrung von Bodensubstanz und Bodenfruchtbarkeit sowie, zum guten Teil damit verknüpft, die Erhaltung der Artenvielfalt.

Das Klima stellt einen der grundlegenden Faktoren für die Entwicklung von Leben auf der Erde dar. Bereits geringe globale Temperaturveränderungen können spürbare Verschiebungen der Klimazonen und damit markante Veränderungen der Rahmenbedingungen beispielsweise für die Land- und die Forstwirtschaft bewirken. Nach heutigem Wissensstand muss angenommen werden, dass sich das Weltklima aufgrund anthropogener Einflüsse derart verändern wird, dass die Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme überfordert und unsere Zivilisation vor essentiell neue Herausforderungen gestellt sein werden.

In Übereinstimmung mit internationalen Strategien werden die Emissionen von FCKW massiv gedrosselt. Die ebenfalls dringliche Stabilisierung der $CO_2$-Emissionen auf den Stand von 1990, in erster Linie mittels Energiesparanstrengungen und einer energieeffizienteren Technik, ist ein vom Bundesrat vorgegebenes Ziel.

Heute nimmt der Verbrauch fossiler Energien in der Schweiz jährlich noch um rund 2 % zu. Zur Stabilisierung sind zusätzliche Massnahmen des Bundes und der Kantone notwendig. Zur Vermeidung negativer klimatischer Langzeitfolgen sind jedoch weltweite Massnahmen unerlässlich. Alternativen zum Einsatz fossiler Energieträger sind andererseits hinsichtlich der Kosten in der Regel heute kaum konkurrenzfähig. Es sind daher vor allem marktwirtschaftliche Instrumente zur rationelleren Energieanwendung zu schaffen. Erste Vorschläge zur Einführung einer Energie-/$CO_2$-Abgabe und zur Revision des Umweltschutzgesetzes (Schaffung von Lenkungsabgaben auf Heizöl extra leicht und Dieselöl) liegen vor.

**Erhaltung der Böden ...**

Der Boden ist für den Menschen und die natürliche Umwelt eine vielfältige Grundlage des Lebens, der Ernährung und der Nutzung. Die zunehmende Flächenbeanspruchung durch Siedlungsentwicklung und Verkehr entzieht in umfangreichem Masse die Böden den wichtigsten natürlichen Wechselwirkungen. Ihre Fruchtbarkeit wird zudem beeinträchtigt durch den Eintrag von chemischen Schadstoffen sowie durch Schädigungen der Struktur infolge mechanischer Einwirkungen. Die Erhaltung der Böden und der Bodenfruchtbarkeit ist im Interesse nachfolgender Generationen geboten, gehört doch der Boden letztlich zu den existenziellen Grundlagen für das Leben auf der Erde überhaupt; auch ist er eine Voraussetzung zur Erhaltung der Artenvielfalt.

Der vorliegende Bericht enthält Daten über den Verlust an fruchtbaren Böden. Er zeigt auch auf, dass für mehrere Schadstoffe die Grundgehalte in den Böden des Kantons Zürich grösser sind als bisher angenommen. Dadurch wird die Spanne bis zum Erreichen der Richtwerte geringer. Da Bodenschädigungen meist irreversibel sind und Boden weder grossflächig saniert, noch ersetzt werden kann, müssen übermässige Schadstoffeinträge begrenzt werden, bevor irreparable Schäden sichtbar werden. Das ist eine der lebenswichtigen Herausforderungen der nahen Zukunft.

**... und der Artenvielfalt**

Der Rückgang der Artenvielfalt bei Pflanzen und Tieren und insbesondere die mit ihm verbundenen Auswirkungen auf die ökologischen Systeme stellt eine Herausforderung dar, die aufgrund des gegenwärtigen Wissensstandes in ihrem vollen Ausmass schwer abzuschätzen ist. Einige Arten sind im Kanton Zürich bereits ausgestorben, viele sind bedroht. Über Bestand und Bedrohungsgrad zahlreicher Kleintierarten sind wegen fehlender Daten keine Aussagen möglich. Aus heutiger Sicht muss mit dem Verschwinden weiterer Arten gerechnet werden; das kann zusätzliche Störungen des Gleichgewichts in unseren Ökosystemen mit ihren intensiven Vernetzungen zwischen Tier- und Pflanzenarten auslösen.

Vor allem Erfahrungen mit den negativen Folgen der Intensivlandwirtschaft und die Einsicht in den grundlegenden Wert der Artenvielfalt haben zu einem Umdenken geführt. Die vertieften Kenntnisse der Ursachen des Artenrückgangs (z. B. Bautätigkeit, Zerschneidung von Lebensräumen, Vernichtung von Ödland, Ausräumung natürlicher Landschaften usw.), zusammen mit Arteninventaren, bilden die Grundlage für Massnahmen, mit denen dem Aussterben weiterer Arten im Kanton Zürich entgegenzusteuern ist.

# Energie- und Stoffflüsse

## Energieverbrauch

Der gesamte Endenergieverbrauch im Kanton Zürich betrug 1991 rund 37'800 Terawattstunden (TWh). Dies entspricht dem Energieinhalt von rund 3,2 Millionen Tonnen Heizöl.

Bei einem Wachstum des realen Bruttoinlandprodukts (BIP) von jährlich 2,2 % betrug die jährliche Zunahme des schweizerischen Gesamtenergieverbrauchs im Zeitraum von 1985 bis 1991 durchschnittlich 2,2 %.

Rund drei Viertel des Endenergieverbrauchs werden durch die fossilen Energieträger Öl und Gas abgedeckt. Der Verbrauch für Gebäudeheizung, Warmwasseraufbereitung und Beleuchtung macht annähernd 50 % der gesamten Endenergiemenge aus, während über 30 % für den Verkehr sowie 20 % für Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft verwendet werden.

In den vergangenen Jahren nahm der prozentuale Anteil des Verkehrs am Gesamtenergieverbrauch ständig zu, während der Anteil für Gebäudeheizung, Warmwasser und Beleuchtung etwa im gleichen Verhältnis zurückging.

## Energierecht bringt erste Sparerfolge

Die Wirkung des Energiegesetzes vom 19. Juni 1983 und der zugehörigen Verordnung vom 6. November 1985, zeigt sich u.a. darin, dass an neueren Gebäuden klar günstigere spezifische Energieverbrauchswerte nachweisbar sind. Die Wärmedämmvorschriften für Gebäudehüllen und die technischen Vorschriften für gebäudetechnische Ausrüstungen und Spezialanlagen helfen mit, Energieverluste und -verschwendung einzudämmen. Beispiele sind etwa der Bedarfsnachweis für Klimaanlagen oder die verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung sowie Vorschriften über Vorlauftemperaturen für Heizungen. Zur Stabilisierung des Verbrauchs sind weitergehende Massnahmen unerlässlich.

Der Regierungsrat erstattet dem Kantonsrat alle vier Jahre Bericht über die Grundlagen der gegenwärtigen und künftigen Energieversorgung und -nutzung sowie über die langfristig anzustrebende Entwicklung.

## Abfallwirtschaft

Mit der Erarbeitung des kantonalen Abfallkonzeptes (Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, 1989) wurde die gesamte Abfallwirtschaft erstmals einer umfassenden Situationsanalyse unterzogen und ein konkreter Massnahmenkatalog erstellt. Das im Sommer 1992 dem Kantonsrat vorgelegte Abfallgesetz soll im Kanton Zürich optimale Rahmenbedingungen für eine zeitgemässe, umweltschonende Abfallbewirtschaftung schaffen. Neben einer Neuordnung von Pflichten und Kompetenzen sollen Lücken der bisherigen Gesetzgebung geschlossen und das Verursacherprinzip verankert werden.

1990 fielen im Kanton rund 2,4 Mio. Tonnen Abfälle zur Verwertung und Entsorgung an. Dies entspricht einer durchschnittlichen Menge von über 2'000 kg pro Kopf der Bevölkerung. Zwei Drittel davon sind Bauabfälle, etwas mehr als ein Viertel Siedlungsabfälle.

Trotz verbesserten Verwertungstechniken und dem Aufbau von Infrastrukturen für vermehrte Separatsammlungen haben die Abfallmengen in den Gemeinden parallel zum Wirtschaftswachstum zugenommen. Die weitere Entwicklung der Abfallmengen hängt im wesentlichen ab von

- der Ausschöpfung des Vermeidungspotentials in Produktion und Konsum,
- der Konjunkturentwicklung,
- der Bautätigkeit ,
- den Entsorgungskosten bzw. von deren vollumfänglichen Überwälzung auf die Abfallproduzenten,
- der Entwicklung der Recycling-Technik und dem Markt für Sekundärprodukte.

Obwohl bereits grosse Investitionen in technische Anlagen getätigt wurden, ist das Ziel einer umweltgerechten Entsorgung noch nicht erreicht. Sowohl bei der Kehrichtverbrennung wie auch bei der Deponierung sind noch nicht alle Anlagen den neusten umweltrechtlichen Anforderungen angepasst worden. Die vorhandenen (Verbrennungs-)Kapazitäten reichen zudem noch nicht aus, sämtlichen Abfall auf Kantonsgebiet zu entsorgen und alle entsprechenden Rückstände zu deponieren.

Zur Reduktion der Stickoxid-Emissionen werden die KVA bis 1994 mit sogenannten DENOX-Anlagen ausgerüstet. Grosse Anstrengungen werden unternommen, um die Rückstände aus der Rauchgasreinigung so zu behandeln, dass sie in einer Reststoffdeponie abgelagert werden können.

## Energie- und Stoffflüsse

Gemäss der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) hat der Kanton den Bedarf an Deponievolumen für die nächsten 20 Jahre nachzuweisen und die notwendigen Deponiestandorte festzusetzen. Mögliche Standorte werden in einem mehrstufigen Verfahren geprüft und später in den kantonalen Richtplan aufgenommen.

# Luft

**Überwachung der Luftqualität**

Das Messnetz für die Luftschadstoff-Immissionen des Kantons 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 relative 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.

**Wirksame Luftreinhaltemassnahmen**

Mit dem Vollzug der Luftreinhalteverordnung (LRV) sowie als Wirkung der verschärften Abgasvorschriften für Motorfahrzeuge (Einführung der Katalysatortechnik) konnten seit Mitte der 80er Jahre bei vielen Luftschadstoffen beachtliche Emissionsreduktionen realisiert werden. Ein Teil der Probleme ist geblieben oder grösser geworden, und neue Schadstoffprobleme sind aufgetaucht.

**Schwefeldioxid: Ziel erfüllt**

Infolge des Wechsels zu schwefelärmeren Brennstoffen sowie einer effizienteren Verwendung bleiben die Belastungen mit Schwefeldioxid ($SO_2$) inzwischen auch bei kalten Witterungsbedinungen auf einem Niveau weit unter den Grenzwerten der Luftreinhalteverordnung. Realisierte und geplante Energiesparmassnahmen dürften in Zukunft zu einer weiteren Verminderung der $SO_2$-Belastung führen.

**Sanierungsbedarf bei Stickoxid**

Die Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung für Stickstoffdioxid ($NO_2$) sind in der Agglomeration Zürich deutlich überschritten und lediglich in den ländlichen Gebieten eingehalten. Die bei den Messstationen Winterthur und Birmensdorf registrierten Belastungen liegen im Bereich der Grenzwerte. Die höchsten Belastungen werden entlang der Hauptachsen des Motorfahrzeugverkehrs gemessen.

Zwar kann als Folge der bereits getroffenen Luftreinhaltemassnahmen ein Rückgang der Gesamtstickstoffbelastung festgestellt werden, doch müssen zur Erreichung der lufthygienischen Ziele die Stickoxid-Emissionen von heute rund 20'000 Tonnen auf weniger als 8'000 Tonnen jährlich reduziert werden. Dies erfordert weiterhin wesentliche Anstrengungen, auch im Verkehr, welcher immer noch zu 70 % für die Stickoxidemissionen verantwortlich ist.

**Ozonbelastung noch zu hoch**

Im Sommerhalbjahr werden die Ozongrenzwerte kantonsweit deutlich überschritten. Verschiedene Anzeichen weisen darauf hin, dass sich die bisherigen Anstrengungen zur Reduktion der Stickoxide sowie der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) hinsichtlich der Ozonbelastung günstig auswirken. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Abnahme der Stickoxide bisher nicht zur ursprünglich befürchteten Erhöhung der Ozonspitzenwerte geführt hat.

Die VOC-Emissionen von jährlich rund 30'000 – 40'000 Tonnen (1990) müssen dennoch um 60 – 80 % vermindert werden, um den LRV-Ozongrenzwert erreichen zu können. Eine wesentliche Massnahme dürfte dabei die in der Revision des Umweltschutzgesetzes vorgeschlagenen Lenkungsabgaben auf VOC darstellen.

**$CO_2$-Stabilisierung in weiter Ferne**

Noch keine Trendwende ist bisher bei der Emission von Kohlendioxid ($CO_2$) festzustellen. Von diesem Treibhausgas gelangten 1990 rund 7,15 Mio. Tonnen in die Zürcher Luft oder rund 5 % mehr als 1980. 65 % des $CO_2$ stammen aus der Verfeuerung fossiler Brennstoffe zu Heizzwecken, der Rest aus der Verbrennung von Treibstoffen im Verkehr. Um den durch den Menschen verstärkten Treibhauseffekt nicht weiter anwachsen zu lassen, ist eine Reduktion der $CO_2$-Emissionen um mindestens 80 % notwendig.

Mit dem Programm «Energie 2000» des Bundes wird als erster Schritt eine Stabilisierung auf dem Niveau von 1990 angestrebt, was nur durch den sparsameren Verbrauch von fossilen Brenn- und Treibstoffen erreicht werden kann. Darüberhinaus sind globale Massnahmen, insbesondere eine Energie-/$CO_2$-Abgabe) und innovative technische Entwicklungen erforderlich.

# Luft

**Massnahmenplanung Lufthygiene und Erfolgskontrolle**

Die Aufgabe, übermässige Immissionen gemäss Art. 31 ff. LRV zu verhindern oder zu beseitigen, will der Kanton Zürich mit der Realisierung des 1990 vom Regierungsrat beschlossenen Luft-Programms wahrnehmen. Dieses weitgefächerte Programm enthält Massnahmen bei allen Verursachern:

- Feuerungen
- Personenverkehr
- Güterverkehr
- Reduktion der zulässigen Fahrgeschwindigkeiten
- Verkehrs- und Siedlungsplanung
- Luftverkehr
- Industrie und Gewerbe
- Information und Motivation.

1991 und 1992 wurden dem Regierungsrat Erfolgskontrollberichte zum Luft-Programm vorgelegt. Er beschreibt die aktuelle Immissionslage und enthält Hinweise zur Entwicklung der Emissionen sowie zum Realisierungsstand der beschlossenen Massnahmen. Ergänzungen des Luft-Programms wurden 1992 (Flughafen) und 1993 (VOC) beschlossen.



# Lärmbelastung

## Ausdehnung der belärmten Gebiete

Mit Mitteln der Raumplanung wird versucht, lärmerzeugende Betriebe und Wohngebiete vorsorglich voneinander zu trennen. Die dichte Verkehrserschliessung führt aber dazu, dass gerade auch in Wohngebieten Lärm erzeugt wird. Ein dichtes Verkehrsnetz sowie eine generell hohe Mobilität, nicht zuletzt während der Freizeit, bewirken zudem, dass auch Gebiete ausserhalb der Siedlungen und bisher ruhige Erholungsgebiete von immer mehr Lärmimmissionen betroffen werden.

## Strassenverkehrslärm

Grosse Teile der Bevölkerung des Kantons Zürich haben übermässige Lärmbelastungen zu ertragen. Neben punktuellen Immissionen von Industrie- und Gewerbebetrieben sowie von Baustellen ist es im wesentlichen der wachsende Verkehr (Strasse, Schiene, Luft), der zu einem kontinuierlichen Anschwellen des Lärms führt. So sind 3,6 % der Bevölkerung von Überschreitungen des Alarmwertes nach Lärmschutzverordnung (LSV) von mehr als 70 Dezibel(A) entlang von Strassen betroffen. Weitere 14,5 % sind Lärmbelastungen von zwischen 60 und 70 Dezibel(A) ausgesetzt.

Entlang der Nationalstrassen sind die baulichen Schallschutzmassnahmen weitgehend realisiert, die Situation in den belasteten Gebieten konnte vorerst entschärft werden. Infolge der allgemeinen Verkehrszunahme und wegen der Frequenzsteigerungen auf dem Nationalstrassennetz müssen sie jedoch bereits punktuell ergänzt werden.

Als Eigentümer der Staatsstrassen ist der Kanton gemäss LSV verpflichtet, die notwendigen Sanierungen, nach Prioritäten geordnet, zu realisieren. Ende 1992 lagen zwei genehmigte Sanierungsprogramme für 15 Landgemeinden sowie 25 Projekte in der Stadt Zürich (vor allem Einbau von Schallschutzfenstern) vor. Während sich das erste Lärmsanierungsprogramm für acht Landgemeinden im Umfang von rund zehn Mio. Franken in Ausführung befindet, muss das zweite Sanierungsprogramm für sieben weitere Gemeinden zurückgestellt werden.

Diesen kostspieligen Massnahmen steht für den Zeitraum von 1985 bis 1990 ein Wachstum des Strassenverkehrs von 20 bis 25 % gegenüber, welches mancherorts den Erfolg des Lärmschutzes wieder gefährdet. Die Frage drängt sich auf, ob das Lärmproblem, schon aus finanziellen Überlegungen, überhaupt ohne weitergehende Massnahmen an den Fahrzeugen und vermehrten Verzicht auf lärmverursachende Aktivitäten gelöst werden soll und kann.

## Fluglärm

Innerhalb der um den Flughafen Zürich ausgeschiedenen Lärmzonen lebten 1980 rund 16'000 Personen. Auch um den Militärflugplatz Dübendorf werden noch immer grosse Teile dicht besiedelter Gebiete mit übermässigem Fluglärm belastet.

Noch sind in der Lärmschutzverordnung für den Zivilfluglärm keine Grenzwerte festgelegt, die rechtsverbindliche Sanierungsmassnahmen auslösen. Einen Beitrag zur Lärmverminderung leisten vor allem Flugzeuge mit geringerer Lärmerzeugung (die An- und Abflugverfahren lassen sich nur noch sehr beschränkt weiter optimieren). Konnte 1981 bloss knapp ein Viertel dieser Flugzeuge der Kategorie der relativ leisesten Maschinen zugerechnet werden, für die keine zusätzlichen Lärmabgaben zu entrichten sind, so stieg deren Anteil bis 1991 auf 86 %.

Die auf dem Flughafen Zürich geltenden Beschränkungen des Nachtflugverkehrs erweisen sich nach wie vor als wirksames Instrument zur Eindämmung der Lärmbelästigungen während der lärmempfindlichsten Zeiten.

## Schiesslärm

Besondere Lärmprobleme stellt das Schiesswesen. Aufgrund einer Grobanalyse ist damit zu rechnen, dass bei einem Viertel der rund 180 300-Meter-Schiessanlagen im Kanton Zürich die Alarmwerte gemäss LSV überschritten werden und Sanierungen dringend notwendig sind. Erste Grundlagen für ein gezieltes Vorgehen bei sanierungsbedürftigen Anlagen werden den Gemeinden von seiten des Kantons zur Verfügung gestellt.

# Wasser und Gewässer

**Bisherige Erfolge**

Das Niveau des Gewässerschutzes im Kanton Zürich ist allgemein hoch. In den kommunalen Kläranlagen (Abwasserreinigungsanlagen ARA) des Kantons Zürich wurden 1991 rund 230 Mio. $m^3$ Abwasser gereinigt. Heute sind all diese Anlagen mit einer mechanischen (Vorklärung) und einer biologischen ("Biologie") Reinigungsstufe ausgerüstet. 94 % des Abwassers erfährt eine Phosphatfällung und rund 45 % wird über eine Flockungsfiltration geleitet (weitergehende Abwasserreinigung).

Dank der hohen Investitionen in technische Gewässerschutzmassnahmen (Bau von Kläranlagen und Kanalisationen) konnten in den vergangenen Jahrzehnten sichtbare Verbesserungen in der Qualität der Oberflächengewässer erzielt werden. Der Eintrag einzelner Stoffe, wie Phosphat, und die damit verbundenen Belastungen sind massgeblich zurückgegangen. Hinsichtlich einer Reihe anderer Belastungsstoffe erweisen sich die bisher ergriffenen Massnahmen jedoch als ungenügend.

**Messprogramme für Fliessgewässer, regelmässige Untersuchung der Seen**

Der qualitative Zustand der Fliessgewässer wird im Rahmen umfangreicher Messprogramme laufend überwacht, und es wird überprüft, ob die in der eidgenössischen Verordnung über Abwassereinleitung festgelegten Qualitätsziele eingehalten werden. Bei den monatlich durchgeführten Untersuchungen in den Zürcher Seen werden ebenfalls mehrere chemische und biologische Parameter erfasst, die ein genaues Bild über deren Zustand vermitteln.

**Stickstoffbelastung weiterhin problematisch**

Probleme bereitet insbesondere die Belastung mit Stickstoff (N), der durch die meisten Kläranlagen nur zu knapp einem Drittel eliminiert wird. Der Rest gelangt in Form von Ammonium ($NH_4$) oder Nitrat ($NO_3$) in die Gewässer. In der eidgenössischen Verordnung über Abwassereinleitung sind Qualitätsziele formuliert, die gereinigte Abwässer bei ihrer Einleitung in Gewässer einzuhalten haben. Bei verschiedenen Fliessgewässern, insbesondere der Glatt, werden diese Richtwerte bezüglich Ammonium, Nitrat, Phosphat sowie des biochemischen Sauerstoffbedarfs nicht erreicht. Diese Gewässerabschnitte müssen als stark belastet betrachtet werden. Die Ergänzungen der Kläranlagen mit einer Nitrifikations- und einer Denitrifikationsstufe sowie die Entlastung der Anlagen von an sich sauberem Fremdwasser könnten die Situation verbessern.

Je nach Einzugsgebiet eines Gewässers kann aber auch der Stickstoffeintrag aus der Landwirtschaft in Oberflächengewässer und ins Grundwasser bedeutend sein. Eine Reduktion lässt sich in diesem Falle nur durch eine Änderung der Anbau- und Düngepraxis erzielen.

**Diffuse Einträge reduzieren**

Mit zunehmender Reinigungsleistung der Kläranlagen gewinnen Schadstoffe an Bedeutung, welche aus vielen kleinen Quellen in kleinen Konzentrationen über die Atmosphäre oder aus dem Boden in die Gewässer gelangen. Derartige diffuse Einträge lassen sich nicht mehr mit sinnvollem technischem und finanziellem Aufwand vermeiden; erforderlich sind beispielsweise gezielte Massnahmen bei der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung, um die nach wie vor übermässigen Phosphat- und Stickstoffeinträge in die Gewässer zu vermindern.

**Klärschlamm**

Schadstoffeinträge in die Kanalisation beeinflussen die Qualiät des Klärschlamms, welcher nach Möglichkeit als Düngemittel in der Landwirtschaft verwertet werden soll. In der Regel liegen die Konzentrationen der problematischen Schwermetalle im Klärschlamm der zürcherischen Reinigungsanlagen unter den seit dem 1. Oktober 1992 gültigen strengeren Grenzwerten. Im Jahre 1991 konnten rund zwei Drittel des Klärschlamms landwirtschaftlich verwertet werden. Der Rest wurde grösstenteils verbrannt, eine geringe Menge deponiert.

## Wasser und Gewässer

**Grundwasser-beeinträchtigungen**

Zwei Drittel des Trinkwassers im Kanton Zürich wird als Grund- oder Quellwasser, zumeist ohne weitere Aufbereitung, gewonnen. Probleme für diese direkte Nutzung bietet in einigen ländlichen Regionen der Nitratgehalt, wo dieser aufgrund der landwirtschaftlichen Anbau- und Düngepraxis den Toleranzwert in einzelnen Fällen überschreitet. In bezug auf die Belastung mit Pflanzenbehandlungs- und Lösungsmitteln werden die Qualitätsziele nur ausnahmsweise nicht erreicht; entsprechende Massnahmen haben in erster Linie bei den Verursachern anzusetzen.

**Anreicherung von Grundwasser**

Das infolge zunehmender Bodenversiegelung immer raschere Abfliessen des Niederschlagswassers zeitigt nachteilige Folgen, wie steigende Spitzenwerte der Hochwasser und abnehmende Speisung der Grundwasserströme. Diesen Problemen wird mit Massnahmen zum Rückhalt (Retention), zur Regulierung des Hochwasserabflusses und zur Versickerung des Niederschlagswassers entgegengewirkt.

**Natürliche Gewässer und Ufer bilden wertvolle Lebensräume**

Für die Tier- und Pflanzenwelt erfüllen die Gewässer eine wichtige Lebensraumfunktion, jedoch nur, wenn sie in ihrem natürlichen Zustand erhalten bleiben oder renaturiert werden. Der Bestand an natürlichen Gewässern hat in den vergangenen Jahrzehnten markant abgenommen, so dass nicht nur den Massnahmen zu deren Erhaltung grosse Bedeutung zukommt, sondern auch dem kantonalen Programm zur Wiederbelebung (Renaturierung) eingedolter oder kanalisierter Fluss- und Bachläufe; dieses Programm kommt seit einigen Jahren im Rahmen notwendiger wasserbaulicher Massnahmen an Fliessgewässern zum Zug.

# Bodenverbrauch und -belastung

Böden werden sowohl in quantitativer wie qualitativer Hinsicht beansprucht. Einmal werden sie in ihrer Funktion als vielfältiger Lebensraum und als Produktionsgrundlage für Land- und Forstwirtschaft durch intensive Nutzung sowie Schadstoffeinträge geschmälert oder gefährdet; zum andern wird der Lebensraum Boden durch zunehmenden Flächenverbrauch für die Siedlungszwecke, für Wohn- und Geschäftsbauten, Verkehrsflächen usw. zerstört.

## Bodenverbrauch durch Siedlungsentwicklung und Verkehr

Gemäss Raumplanungsgesetz ist der Boden haushälterisch zu nutzen. Der Flächenverbrauch durch neue Siedlungsgebiete hat jedoch seit Mitte der 70er Jahre rund dreimal stärker zugenommen als die Bevölkerung. In der Stadt Zürich und in ihrer unmittelbaren Umgebung wird mehr als die Hälfte der unbewaldeten Fläche durch Siedlungen beansprucht.

Zu beobachten ist zudem ein uneinheitliches Wachstum: Während die Bevölkerung prozentual am stärksten in peripheren Gebieten wächst, nimmt die Zahl der Arbeitsplätze vor allem in den bereits dicht besiedelten Gebieten der Agglomerationen zu. Nicht zuletzt deshalb beansprucht auch der Verkehr bedeutende Bodenflächen. Die eigentlichen Verkehrsflächen und -anlagen umfassen zusammen rund 6 % der Kantonsfläche. Dies entspricht etwa der Hälfte der Siedlungsfläche. Allein der Platzbedarf aller Motorfahrzeuge beträgt heute schätzungsweise 776 Hektaren. Seit 1970 verzeichnete diese Fläche einen Zuwachs von rund 80 %.

Eines der wesentlichen Ziele bei der Revision der Richtpläne besteht darin, das Siedlungsgebiet auf die heute gültigen Bauzonen zu beschränken und eine Siedlungsentwicklung nach innen zu fördern. Damit kann unter anderem einer unkontrolliert weitergehenden Inanspruchnahme von Böden zu Siedlungs- und Verkehrszwecken entgegengesteuert werden.

## Chemische Bodenbelastung

Ein Grossteil der bodenschädigenden Stoffe wird aus Materialverarbeitungs-, Abnützungs- und Verbrennungsprozessen über die Luft in den Boden eingetragen oder gelangt mit gartenbaulichen, land- und forstwirtschaftlichen Hilfsstoffen (Dünge- und Pflanzenschutzmitteln) dorthin. Bedeutungsvoll ist die Tatsache, dass Schwermetalle sowie gewisse synthetisch hergestellte organische Schadstoffe im Boden nicht abgebaut, sondern zunehmend angereichert (akkumuliert) werden, was langfristig zu problematischen Schadstoffkonzentrationen führt.

## Erste Resultate der Bodenbeobachtung

Um sich in kurzer Zeit einen groben Überblick über die Belastung des Bodens im Kanton zu verschaffen, wurde 1988/89 der Boden an 425 Standorten untersucht. Erfasst wurden vor allem Metallbelastungen, aber auch solche mit Nährstoffen wie Phosphor und Kalium sowie die pH-Werte und die Kationenaustauschkapazitäten. Kleinräumige, punktuelle Verschmutzungen, beispielsweise in der Umgebung von Emittenten oder durch den direkten Eintrag von schadstoffhaltigen Materialien, werden umfassend ermittelt. Weiterführende Abklärungen über die räumliche Ausdehnung und die Schadstoffquellen der betroffenen Einzelstandorte sind im Gange. Zur langfristigen Überwachung der Bodenqualität ist ein kantonales Bodenbeobachtungsnetz (KABO) vorgesehen.

Aufgrund der bisherigen Bodenbeobachtungen liegen zum Teil hohe Belastungen für die Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink vor. Die sauren Bodenverhältnisse, welche sich in weiten Teilen des Zürcher Waldes finden, tragen dazu bei, dass bereits geringe Mengen dieser Schwermetalle nicht im Boden zurückgehalten, sondern gelöst und dadurch von den Pflanzen aufgenommen werden können.

Ein- und Austrag von Schadstoffen im Gleichgewicht und auf einem für den Boden erträglichen Niveau zu halten, ist eine lebenssichernde Herausforderung. Voraussetzung für die Verminderung des Schadstoffeintrags, insbesondere auch aus der Luft, ist die kompromisslos nachhaltige Umsetzung der Massnahmen aufgrund der bundesrätlichen Luftreinhalte- und der Stoffverordnung.

# Bodenverbrauch und -belastung

**Altlasten**

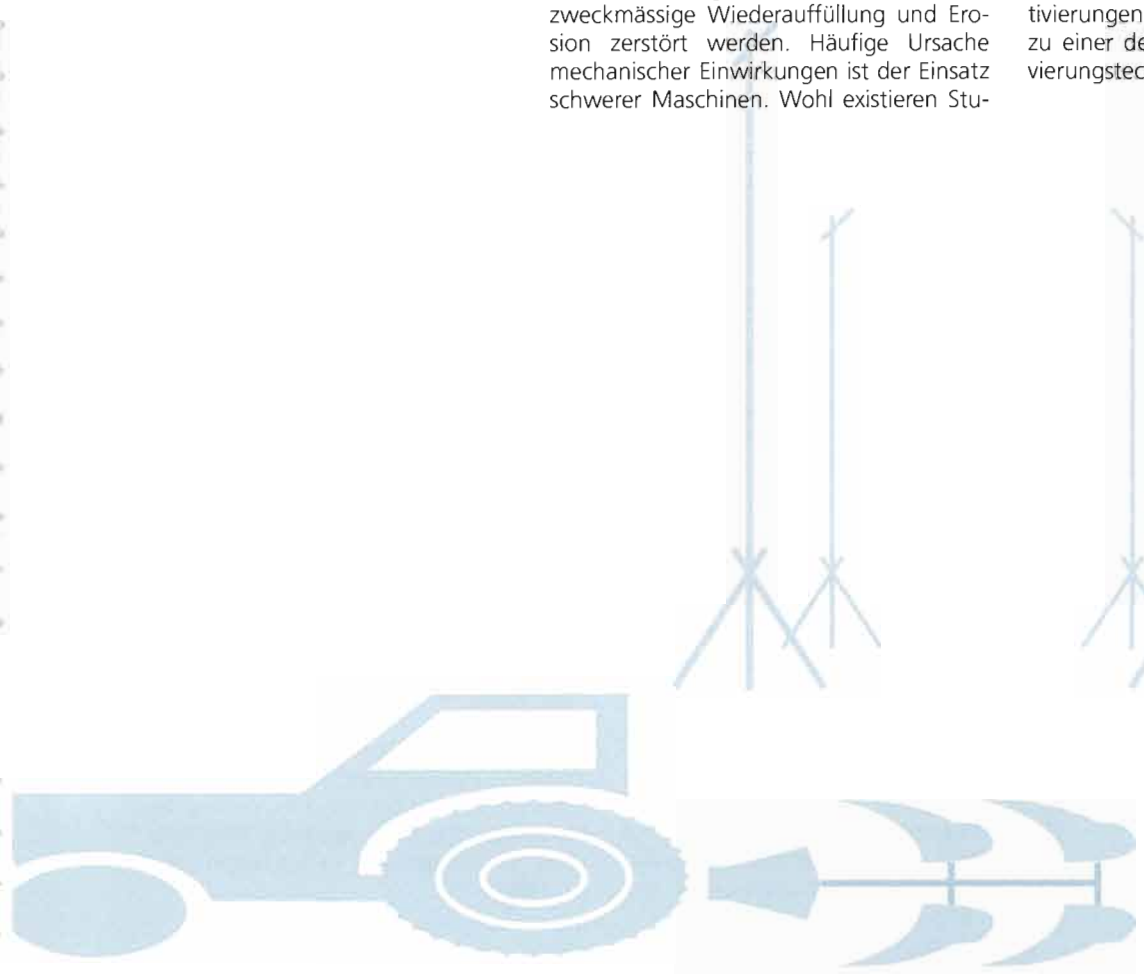
Punktuell besonders hohe Bodenbelastungen ergeben sich aus Altlasten (z.B. an Standorten von Industrieanlagen, Unfällen und Ablagerungen), von denen umweltschädigende Emissionen ausgehen können. Die Erfassung und die Sanierung solcher Altlasten hat erst eingesetzt. Im bereits untersuchten Bezirk Dietikon waren bei rund 5 % der Altlastenverdachtsflächen Sanierungen, Teilsanierungen oder dringliche zusätzliche Abklärungen notwendig.

Für den ganzen Kanton wird mit rund 12'500 Altlasten beziehungsweise mehrheitlich Altlastenverdachtsflächen gerechnet. In rund 700 Fällen muss vordringlich abgeklärt werden, ob Sanierungsmassnahmen nötig sind; in etwa 2'400 Fällen sind weitere Abklärungen erforderlich und in rund 9'000 Fällen sind weitere Massnahmen erst beim Vorliegen eines Bauvorhabens durchzuführen. 1991 wurde damit begonnen, den Altlastenkataster als Katalog der bekannten Altlasten und Altlastenverdachtsflächen für den ganzen Kanton zu erstellen.

**Mechanische Einwirkungen**

Eine intakte, gesunde Bodenstruktur ist eine Voraussetzung für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Die Struktur kann entweder indirekt beeinträchtigt werden, indem der Boden durch chemische Stoffe geschädigt wird, oder sie kann direkt durch mechanische Einwirkungen wie Verdichtung, unzweckmässige Wiederauffüllung und Erosion zerstört werden. Häufige Ursache mechanischer Einwirkungen ist der Einsatz schwerer Maschinen. Wohl existieren Studien, welche das Ausmass mechanischer Schäden auf einzelnen Parzellen erfassen, es fehlt jedoch ein kantonaler Überblick über das Ausmass von Bodenverdichtung und Bodenerosion.

Mit den 1991 erlassenen kantonalen Richtlinien für die Durchführung von Rekultivierungen liegt zumindest eine Anleitung zu einer dem Boden zuträglichen Rekultivierungstechnik vor.



# Lebensräume, Landschaft und Erholung

## Verlust an landschaftlicher Vielfalt und an Erholungsräumen

Die Vielfalt der Landschaft ist nicht nur punktuell bedroht: Vor allem die ausufernden Siedlungen, Verkehrsanlagen, Terrainveränderungen und intensive landwirtschaftliche Nutzung bewirken ganz allgemein nachhaltige Veränderungen der traditionellen Landschaftsstruktur. Eine Folge davon sind bedrohliche Einschränkungen für die Tier- und Pflanzenwelt, deren Lebensräume zerschnitten, beeinträchtigt oder gänzlich zerstört werden. Die gleiche Entwicklung beeinträchtigt aber auch das Landschaftsbild: dadurch und zusätzlich infolge zunehmender Lärmbelastungen aus verschiedensten Quellen schwindet der Erholungswert der offenen Landschaften. Wobei der Erholungswert auch durch Lärm unterhalb der Grenzwerte geschmälert wird.

## Veränderung von Lebensräumen und Artenschwund

Die Fauna und Flora der Urlandschaft im Kanton Zürich hat sich mit der Entstehung der traditionellen Kulturlandschaft weiter entwickelt. Die neu entstandenen Lebensräume konnten von neueinwandernden Arten besiedelt werden. Viele dieser Tier- und Pflanzenarten stellen spezifische ökologische Ansprüche an ihre Umgebung und reagieren entsprechend sensibel auf qualitative, quantitative und räumliche Veränderungen ihrer Lebensgrundlagen, wie sie in den vergangenen Jahrzehnten mit der zunehmend intensiveren Nutzung der Landschaft einhergingen. Der Abbau an landschaftlicher Vielfalt und damit an geeigneten Lebensräumen für spezialisierte Tier- und Pflanzenarten führte zu einer sichtbaren Monotonie der Landschaft und einer Verarmung der biologischen Vielfalt. Die mit der haushälterischen Bodennutzung angestrebte innere Verdichtung der Siedlungen kann ebenfalls in Konflikt zu den Ansprüchen der dort vorkommenden Tier- und Pflanzenarten geraten. Die bauliche Nutzung von Restflächen sowie die Erneuerung von Gebäuden mit modernen Bautechniken und Baustoffen führen nicht selten dazu, dass der standortspezifischen, dem besiedelten Raum angepassten Flora und Fauna die Lebensgrundlagen entzogen werden.

Die folgenden Beispiele veranschaulichen den Rückgang der Artenvielfalt:

Mehr als die Hälfte der einheimischen Farn- und Blütenpflanzen im Kanton Zürich sind bedroht oder heute bereits ausgestorben. Zwar gilt Zürich als einer der amphibienreichsten Kantone, aber auch hier mussten im letzten Jahrzehnt bei mehreren stark bedrohten Arten Bestandesrückgänge von 25 – 30 % registriert werden. Bei den Vögeln sind 24 Arten aktuell vom Aussterben bedroht oder stark gefährdet; 13 Vogelarten, die in diesem Jahrhundert noch regelmässig im Gebiet des Kanton Zürich brüteten, sind bereits ausgestorben.

Lange Zeit stand der Schutz einzelner, besonders auffälliger Pflanzen- und Tierarten im Vordergrund, so dass der Rückgang weniger auffälliger Arten kaum oder erst spät bemerkt wurde. Heute ist erkannt, dass nur die Erhaltung intakter Lebensräume, in welchen auch die spezifischen Ansprüche einzelner Arten erfüllt werden können, einen effektiven und dauerhaften Schutz gewährleisten kann.

## Wald

Die Wälder sind bei uns die einzigen naturnahen Lebensräume, die noch grossflächig ausgebildet sind und denen eine Versplitterung in kleine Restbestände erspart blieb. Trotzdem sind bei zwei Dritteln der ökologisch eng auf den Wald spezialisierten gesamtschweizerisch gefährdeten Vogelarten die Bestände im Kanton Zürich zurückgegangen, obwohl die Waldfläche nicht abgenommen hat. Dies wird mehrheitlich einer flächenmässigen Abnahme spezieller Waldformen und Veränderungen im angrenzenden Kulturland in den letzten Jahrzehnten angelastet.

Der Verlust an Lebensräumen und an biologischer Vielfalt durch einseitige Nutzung des Waldes wurde erkannt. Neben der Naturverjüngung und der Förderung von Laubmisch- oder reinen Laubwäldern muss die Erhaltung oder Schaffung von speziellen Waldformen für Pflanzen- und Tierarten mit besonderen Lebensraumansprüchen gefördert werden.

Der allgemeine Gesundheitszustand des Waldes selbst macht nach wie vor Sorge: Seit 1985 ist ein Trend zur Verschlechterung des Waldzustandes zu beobachten, dies trotz einer "Erholungsphase" in den Jahren 1987 bis 1989.

# Lebensräume, Landschaft und Erholung

**Moore**

Moore nehmen heute im Kanton Zürich noch eine Fläche von rund 1'800 Hektaren oder etwa 10 % ihrer Grösse vor rund 200 Jahren ein. Viele der verbliebenen Restflächen sind in ihrer Qualität beeinträchtigt. Immerhin weist der Kanton Zürich mit 40 Hektaren noch den gesamtschweizerisch grössten Anteil an Übergangsmoorvegetation aus. Als Besonderheit ist auch ein Bestand der Moor-Kreuzotter zu werten, der das letzte Vorkommen dieses Oekotyps im schweizerischen Mittelland darstellt. Ein beträchtlicher Teil der Moorgebiete geniesst dank der Bundesverfassung ("Rothenturm-Artikel") einen absoluten Schutz.

**Feuchtgebiete und Gewässer**

Feuchtgebiete, Moore und Gewässer sind für Reptilien, Amphibien, Fische, Schnecken sowie zahlreiche Insekten wichtige Lebensräume. Seit 1850 wurde rund die Hälfte aller Fliessgewässer aufgehoben, kanalisiert oder eingedolt. Heute fliessen noch 2'200 Kilometer Bäche sowie 200 Kilometer Flüsse offen durch die Landschaft. Viele davon sind jedoch verbaut und mit Nährstoffen übermässig belastet und damit in ihrer Qualität als Lebensräume für Pflanzen und Tiere stark beeinträchtigt.

Verbauungen und Regulierungen erschweren nicht nur den Austausch von Erbmasse zwischen einzelnen Populationen, sondern auch die dynamischen Prozesse der Fliessgewässer, welche für die Entwicklung mancher Tier- und Pflanzenarten von existentieller Bedeutung sind. Oft ist beispielsweise eine Naturverlaichung der Fische kaum mehr möglich. Dieser Mangel wird bei den für die Fischerei interessanten Arten durch regelmässigen künstlichen Besatz ausgeglichen.

Mit dem kantonalen Programm zur Wiederbelebung der Fliessgewässer sollen die Lebensräume für die am und im Wasser lebenden Tier- und Pflanzenarten aufgewertet werden. Dies stellt auch eine Zielsetzung des revidierten eidgenössischen Gewässerschutzgesetzes dar.

**Inventare der Natur- und Landschaftsschutzobjekte**

Inventare werden seit Beginn der siebziger Jahre für verschiedene Tier- und Pflanzengruppen sowie spezielle Biotoptypen erarbeitet. Gestützt auf die bereits vorhandenen Grundlagen wurde 1980 das Inventar der Natur- und Landschaftsschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung (regional und kantonal) erstellt und 837 Objekte mit einer Gesamtfläche von 2'624 Hektaren als Naturschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung vom Regierungsrat behördenverbindlich festgelegt.

**Stand der Schutzmassnahmen**

Bis Ende 1992 wurden in 71 Gemeinden die aktuell als überkommunale Naturschutzobjekte bezeichneten Gebiete durch Schutzverordnungen oder -verfügungen geschützt. In weiteren 21 Gemeinden bestehen für einen Teil der Objekte derartige Schutzbestimmungen. Insgesamt waren 1992 damit 513 Objekte mit einer Fläche von 986 Hektaren in der Naturschutzzone und 158 Hektaren in Naturschutzumgebungszonen geschützt. Dies entspricht 38 Prozent der im Inventar 1980 festgesetzten 2'624 Hektaren Naturschutzzone.

Die Bewirtschafter von Naturschutzflächen erhalten seit 1986 einen jährlichen Pflegebeitrag oder eine Ertragsausfallentschädigung. Die entsprechenden Ansätze wurden letztmals 1990 erhöht.

## Handlungsbedarf

Die vorliegende Umweltbericht zeigt zahlreiche Teilerfolge auf: Die rechtlichen Zielvorgaben sind partiell erreicht worden. In praktisch allen Umweltbereichen bleiben jedoch ungelöste, oft auch sehr bedeutende Belastungsprobleme bestehen. Mit den bisher ergriffenen, meist technischen Massnahmen gelang es zumindest, die Belastungen zu stabilisieren, im Gewässerschutz oder in der Lufthygiene teils unter einen kritischen Wert zu senken, nicht aber ganz zu beheben. In erster Linie gelang es mithin, Schäden zu begrenzen.

Wo mit irreversiblen Schäden zu rechnen ist, wie beim Aussterben bestimmter Pflanzen und Tiere, bei der zu befürchtenden Veränderung des Klimas oder bei der langfristig kumulierenden chemischen Belastung des Bodens, genügt Schadensbegrenzung allein allerdings nicht. Durch die Verminderung der aktuellen Belastung wird in solchen Fällen lediglich der Zeithorizont bis zum Erreichen der kritischen Grenzen hinausgeschoben.

Die beschränkten Erfolgsaussichten technisch-polizeirechtlicherUmweltschutzmassnahmen müssen auch an dem über längere Sicht immer noch ungebrochenen Wachstumstrend (Wohnen, Arbeiten, Freizeit, Mobiliät) gemessen werden. Zunehmende Aktivitäten können nämlich bereits erzielte Erfolge im Umweltschutz wieder zunichte machen. Die letzten Jahre haben oft deutlich gemacht, dass seitens des Bundes entweder zuwenig Quellenbekämpfung betrieben oder zu weitgehende Sanierungsaufgaben an die Kantone und Gemeinden delegiert wurden. Das gilt vor allem für die Sanierung von grossräumig unzulässigen Immissionssituationen.

Entsprechend sind für die Zukunft Vorsorgemassnahmen zu treffen, welche auf die Vermeidung von Umweltbelastungen und damit auf umweltschonendes Handeln in allen Lebens- und Wirtschaftsbereichen hinwirken. Beispiele solcher Massnahmen sind vor allem Lenkungsabgaben, welche das Handeln einer Vielzahl von Wirtschaftssubjekten beeinflussen. Solche marktkonformen Steuerungen müssten die grossräumigen Immissionskonzentrationen senken helfen; um der besonderen Herausforderung einer absehbaren Klimaveränderung begegnen zu können, muss der Energieverbrauch nochmals erheblich gesenkt und damit der Ausstoss an Treibhausgasen, insbesondere von $CO_2$, weiter reduziert werden. Neben der Ausschöpfung aller technischen Massnahmen zur rationelleren Energienutzung müssen auch die "regional" verfügbaren Ressourcen an erneuerbaren Energien vermehrt aktiviert werden. Globale Steuerungen des Konsumverhaltens und innovative technische Entwicklungen erfordern den Einsatz von Lenkungsmechanismen wie der $CO_2$-Abgabe auf Bundes- oder gar auf europäischer Ebene. Auch der Raumplanung wird in Zukunft vermehrt die Rolle des vorbeugenden Umweltschutzes zukommen.

Im Kanton Zürich können schliesslich aus der europäischen Wirtschaftsentwicklung sich ergebende Umweltprobleme ohne ergänzende marktwirtschaftliche Steuerungen höchstens zum Teil selbständig gelöst werden. Das lässt sich für die Zukunft u.a. aus der Untersuchung über ökologische Folgen der europäischen Integration für die Schweiz (Schriftenreihe Umwelt Nr. 177 des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft) ablesen; diese kommt zum Schluss, dass ungeachtet des gewählten politischen Weges

- das Bevölkerungswachstum weitergeht,
- das Bruttoinlandprodukt wächst,
- Transportvolumen und Verkehr zunehmen und
- der Druck auf den Bodenverbrauch und die qualitative Beeinträchtigung der Böden nicht nachlassen werden.

So oder so besteht auch in Zukunft ein grosser ökologischer Handlungsbedarf.

# UMWELTRELEVANTE AKTIVITÄTEN

# UMWELTRELVANTE AKTIVITÄTEN

## Wohnen, Bautätigkeit, Arbeiten, Konsum




Wohnen, Bautätigkeit 27
Arbeiten 31
Erschliessung der Bauzonenreserven durch die S-Bahn 33
Konsum 34
Handlungsbedarf 36


## Land- und Forstwirtschaft




Landwirtschaftliche Erträge 37
Landwirtschaftliche Hilfsstoffe 38
Betriebsstrukturen 41
Nutzungsintensitäten 42
Umweltgerechte Landwirtschaft 43
Waldnutzung 45
Meliorationen 47


## Energie




Gesamtenergieverbrauch 51
Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen 52
Energieverbrauch und Schadstoffemissionen 54
Massnahmen 56


## Verkehr




Verkehrsflächen 59
Motorisierung 60
Verkehrsbelastung 63
Verkehrsverhalten 67
Flugverkehr 69


## Stoffe, Abfälle und Abfallanlagen





Stand der Abfallwirtschaft 71
Siedlungsabfälle 73
Bauabfälle 77
Sonderabfälle 78
Abfallbehandlung 80


## Störfälle / Unfälle

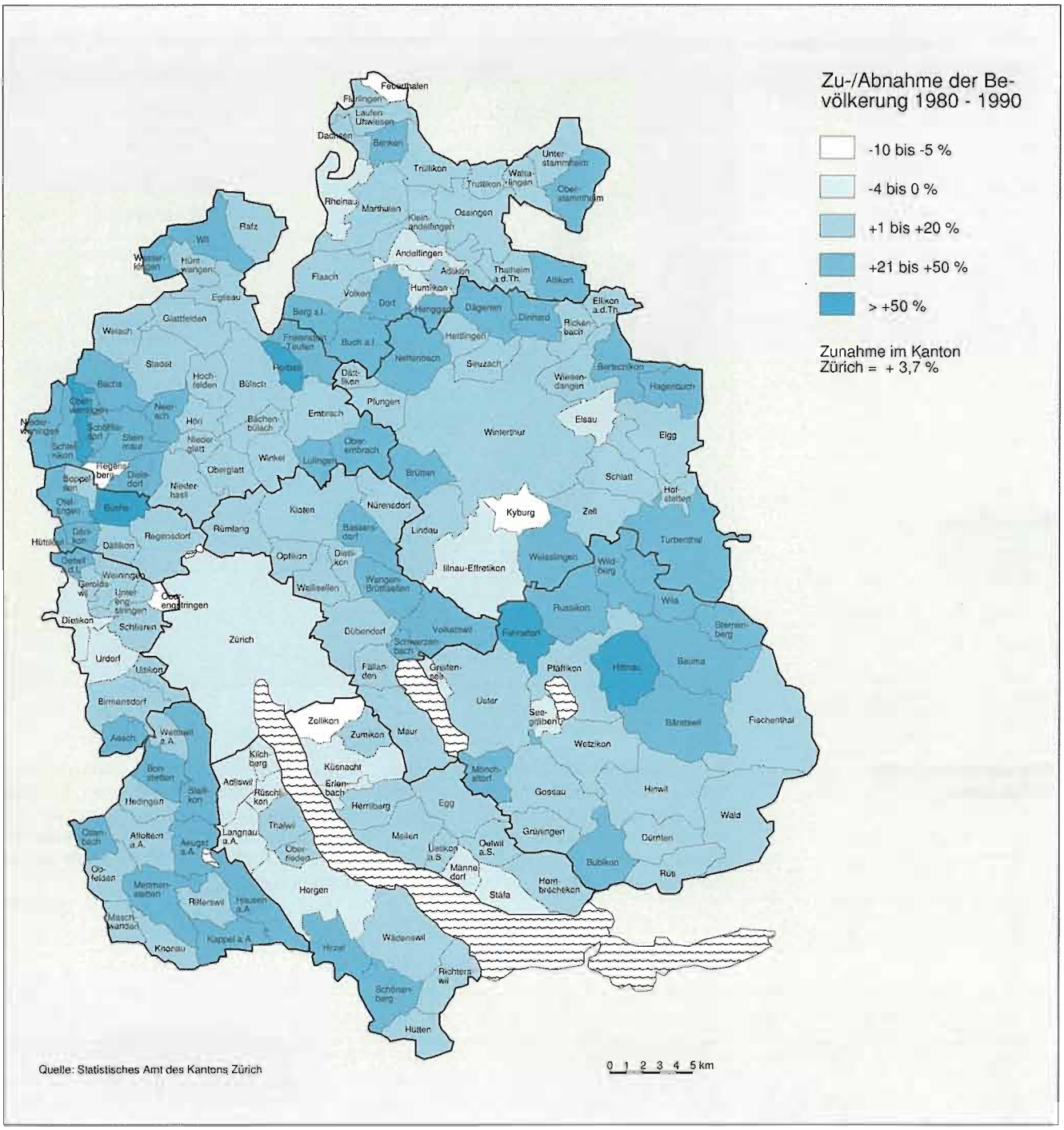



Störfälle 85
Unfälle 86

# Wohnen, Bautätigkeit

## Wohnbevölkerung

Von 1980 – 1990 nahm die Wohnbevölkerung des Kantons Zürich um 3,7% auf 1,15 Millionen Einwohner zu (Ergebnisse der kantonalen Erhebung nach zivilrechtlichem Wohnsitz). Der Zuwachs fiel in der zweiten Hälfte der 80er Jahre leicht stärker aus als zu Beginn des Jahrzehnts. Während die Stadt Zürich kontinuierliche Bevölkerungsverluste hinnehmen musste, erlebten insbesondere die Regionen Knonaueramt, Furttal, Oberland, Unterland und Weinland ein überdurchschnittliches Wachstum.



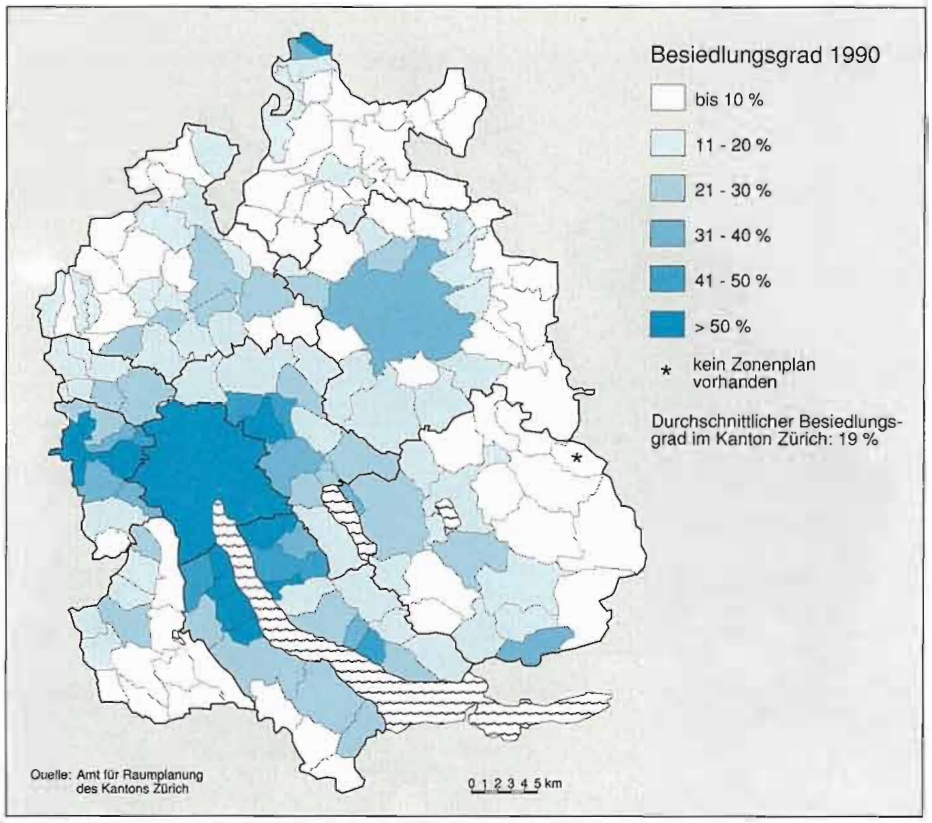

*Prozentuale Bevölkerungsentwicklung 1980 – 1990* Karte 1

# Wohnen, Bautätigkeit

## Besiedlungsgrad

Der Anteil der überbauten Bauzone an der unbewaldeten Landfläche (Besiedlungsgrad) hat in den vergangenen Jahren stetig zugenommen (vgl. Karte 2). In der Stadt Zürich und in ihrer unmittelbaren Umgebung wird meist mehr als die Hälfte der unbewaldeten Fläche durch Besiedlung beansprucht. Mit zunehmender Entfernung von den Zentren Zürich und Winterthur nimmt die Besiedlungsdichte kontinuierlich ab und erreicht in den ländlichen Gebieten, beispielsweise im Weinland, Werte von weniger als 10 %.

*Besiedlungsgrad (Anteil der überbauten Bauzone an der unbewaldeten Landfläche) 1990*




Karte 2

## Beanspruchung von Wohnzonen

Der Verbrauch an Wohnzonenflächen (inkl. Zonen für öffentliche Bauten und Anlagen) hat in den letzten Jahren stärker zugenommen als die Wohnbevölkerung. Betrug das Wachstum der Bevölkerung zwischen 1976 und 1990 rund 5,3%, wurde im selben Zeitraum 18,7% mehr Land in Wohnzonen beansprucht. Obwohl in einzelnen Gebieten die Bevölkerungszahl stagnierte oder gar rückläufig war, hat die für Wohnzwecke verbrauchte Fläche in Wohnzonen im ganzen Kanton zugenommen.

# Wohnen, Bautätigkeit

*Bevölkerungsentwicklung und Flächenverbrauch in Wohnzohnen 1976 – 1990 (indexiert: 1976=100)*

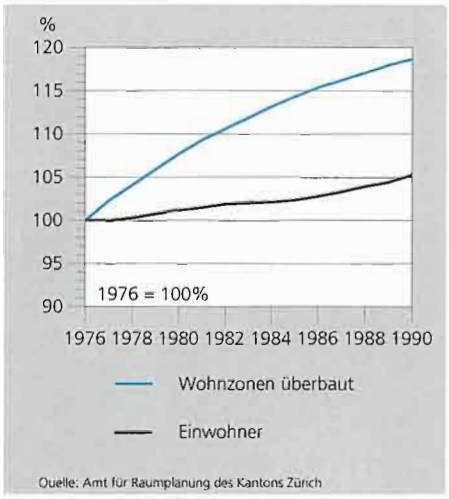
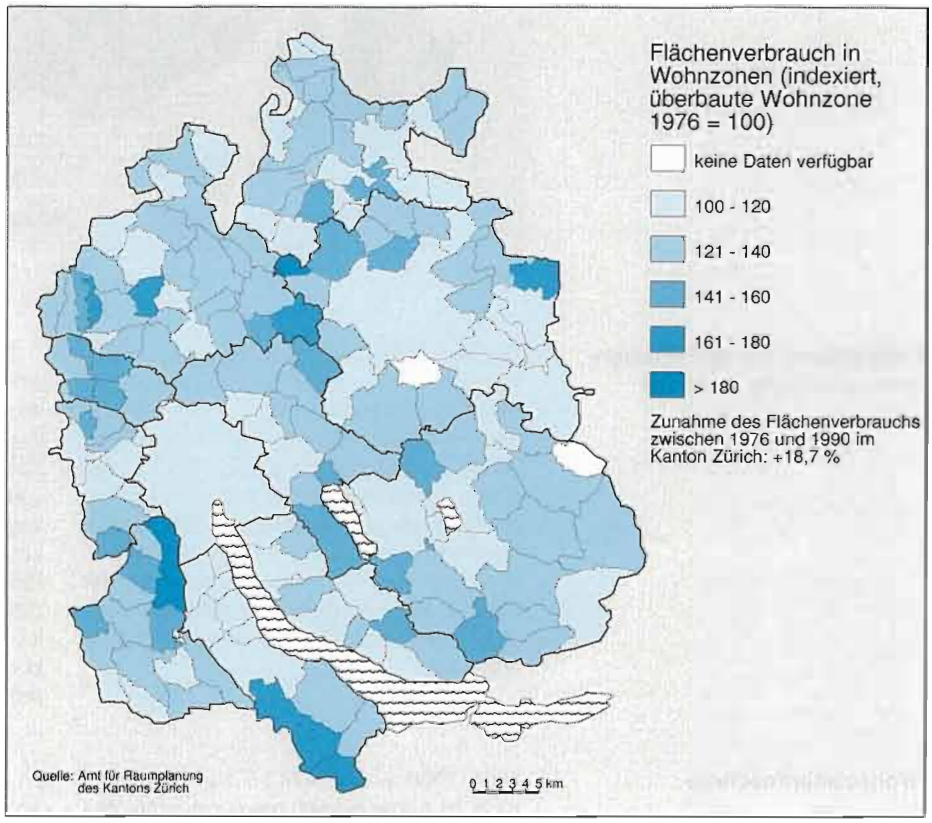



Abb. 1

Während sich die Grundstruktur der Besiedlung in den letzten Jahrzehnten nur wenig verändert hat, zeigen sich bei der Betrachtung von Bevölkerungs- und Besiedlungsentwicklung regionale Unterschiede (vgl. Karte 3). In der Agglomeration Zürich hat sich der Überbauungsgrad (= Verhältnis zwischen überbauter Bauzone und gesamter Bauzonenfläche) in jenen Gemeinden am stärksten entwickelt, welche in grösserer Distanz zum Stadtzentrum liegen. Ein unterdurchschnittlicher Flächenverbrauch findet sich in den Gemeinden des innersten Agglomerationsgürtels. Die Agglomeration Winterthur hat sich vor allem in nördlicher Richtung stark entwickelt. Deutlich über dem kantonalen Mittel des Flächenenverbrauchs liegen die Regionen Furttal, Knonaueramt, Unterland, Glattal und Oberland.

*Flächenverbrauch in Wohnzonen 1976 – 1990*



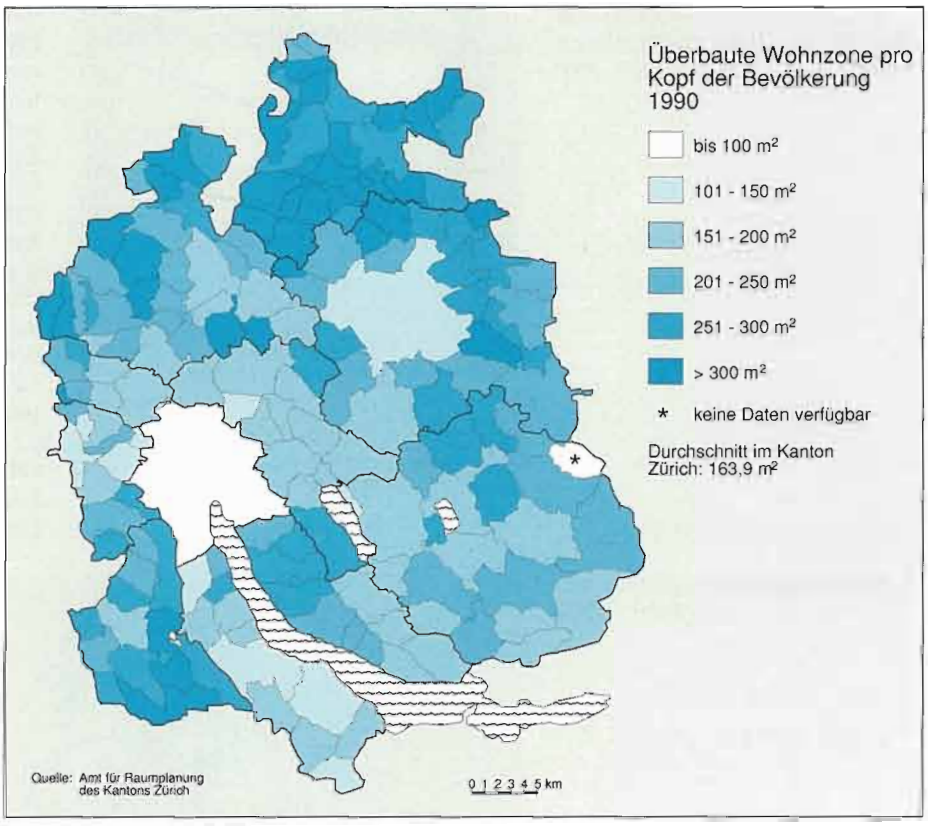

Karte 3

**Wohnzonenbeanspruchung pro Kopf**

Der Umfang der pro Kopf der Bevölkerung beanspruchten Wohnzonenfläche ist ein Mass für die Ausnützung der begrenzt vorhandenen Ressource Boden. Regional zeigen sich beträchtliche Unterschiede (vgl. Karte 4). In den ländlichen Gemeinden des Knonaueramts, des Unterlands und des Weinlands wird pro Kopf zum Teil zwei- bis fünfmal mehr Fläche in Wohnzonen beansprucht als in den Agglomerationen oder im Oberland. Hier heben sich einzig einige Gemeinden am Pfannenstil durch überdurchschnittliche Werte von ihrer Umgebung ab.

# Wohnen, Bautätigkeit

*Überbaute Wohnzone pro Kopf der Bevölkerung 1990*




Karte 4

**Entwicklung der Wohnzonenbeanspruchung pro Kopf**

Pro Person wurden 1990 durchschnittlich 164 m² Wohnzonenfläche beansprucht. Dies sind 13% mehr als 1976. Eine Erhöhung des Pro-Kopf-Verbrauchs an Wohnzonenfläche verzeichnen die an sich dicht besiedelten Städte Zürich und Winterthur sowie die Zürichseegemeinden. Diese Gebiete sind identisch mit jenen, welche einen hohen Anteil an Einpersonenhaushalten (in der Stadt Zürich rund die Hälfte aller Haushalte) und eine überalterte Bevölkerungsstruktur aufweisen.

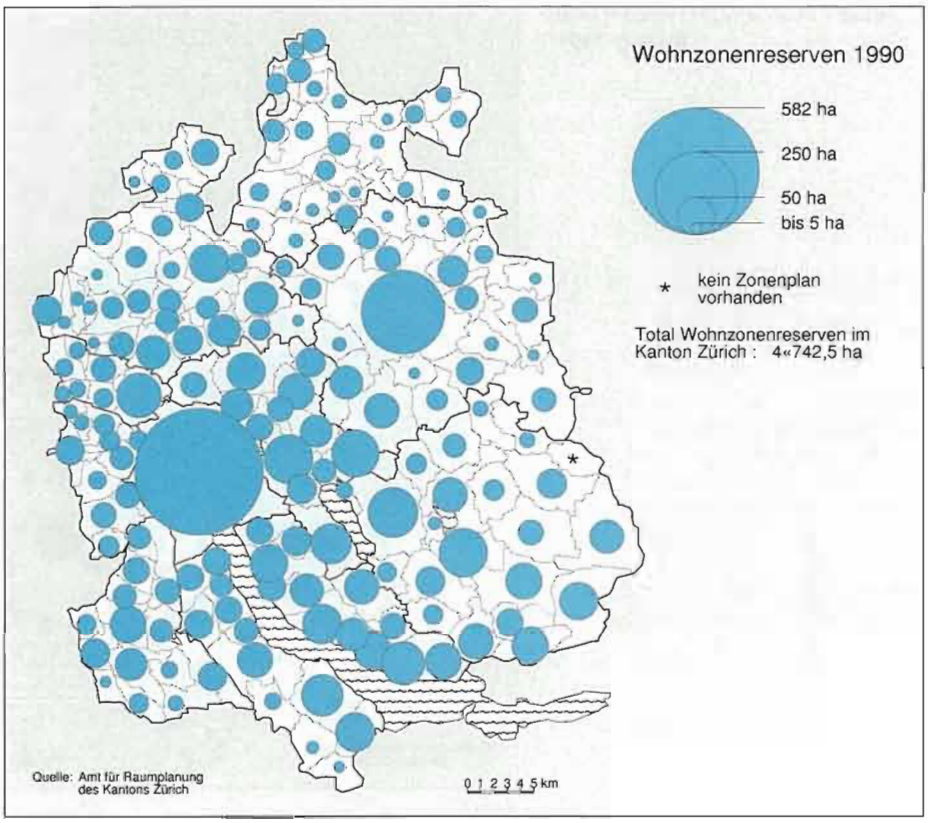
Eine Bevölkerungsverdichtung und damit eine Abnahme des Pro-Kopf-Verbrauchs an Wohnzonenfläche ist vor allem in den Wachstumsregionen (Weinland, Unterland, Knonaueramt) festzustellen, in Gebieten in welchen die Ausnützung heute generell tief liegt. Diese Entwicklung kann mit der Bevölkerungsstruktur der Neuzuzüger (z. B. junge Familien) erklärt werden. Es ist zu vermuten, dass dort aufgrund bevölkerungsstruktureller Veränderungen (Überalterung) in den kommenden Jahrzehnten wieder eine Extensivierung stattfinden wird.

**Wohnzonenreserven**

Ende 1990 waren 4742,5 Hektaren oder rund 20 % der eingezonten und für Wohnzwecke bestimmten Flächen noch nicht überbaut. Deutlich zeigt sich ein Überwiegen der Wohnzonenreserven in den Städten Zürich und Winterthur. Grössere Reserven gibt es insbesondere in den Gemeinden zwischen diesen beiden Städten, am Zürichseeufer, im Furttal und in Teilen des Ober- und Unterlandes. (vgl. Karte 5)

## Wohnen, Bautätigkeit

*Wohnzonenreserven 1990*




Karte 5

## Arbeiten

**Beschäftigung**

Am Stichtag der Betriebszählung 1991 wurden in den erfassten Betrieben im Kanton Zürich rund 755'000 Beschäftigte gezählt, darunter über 555'000 Vollzeit- und gegen 200'000 Teilzeitbeschäftigte. Fast die Hälfte aller Beschäftigten arbeiteten in der Stadt Zürich. Andere Schwerpunkte der Beschäftigung sind Winterthur, Kloten und weitere Gemeinden im Norden der Stadt Zürich sowie das Limmat- und das Furttal.

Zwischen 1985 und 1991 stieg die Zahl der Beschäftigten um 92'454 Personen oder 14% an. Rund zwei Drittel dieser Zunahme ist auf einen Anstieg der Zahl der Teilzeitbeschäftigten zurückzuführen. Markant ist der Beschäftigungsanstieg in vielen Agglomerationsgemeinden der Stadt Zürich. Das Wachstum der Zahl der Arbeitsplätze in den Städten Zürich und Winterthur hat sich dagegen deutlich verlangsamt. Mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung folgen die Arbeitsplätze der Wohnbevölkerung aus den Zentren in die Agglomerationen.

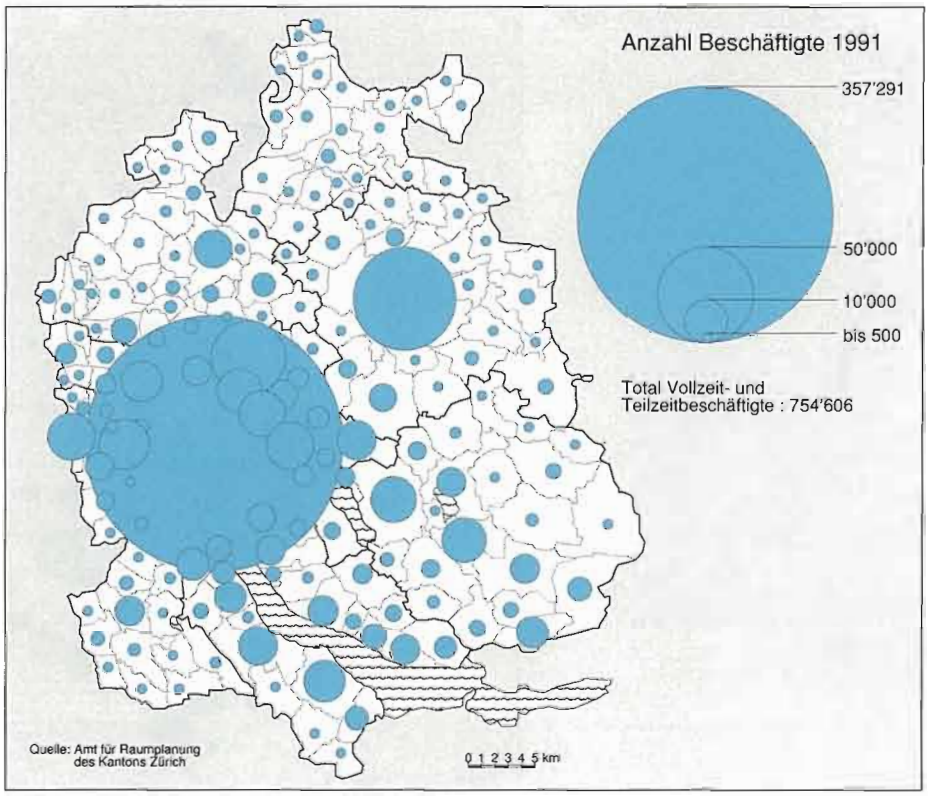
Der zwischen 1985 und 1991 registrierte Anstieg der Beschäftigtenzahl ist ausschliesslich der Ausweitung des Dienstleistungssektors zuzuschreiben, wo in diesem Zeitraum über 96'000 bzw. 21,4 % neue Arbeitsplätze geschaffen wurden, während im industriell-gewerblichen Sektor eine Abnahme der Arbeitsplätze um gut 4'000 bzw. 1,9 % zu verzeichnen war.

**Arbeitszonenreserven**

1990 betrugen die Arbeitszonenreserven insgesamt 1186 Hektaren. Dabei heben sich die beiden Städte Zürich und Winterthur anders als bei den Wohnzonenreserven nur noch wenig hervor (vgl. Karte 7. Bedeutende Arbeitszonenreserven lassen sich in einem Korridor feststellen, der sich quer zwischen den beiden Städten Zürich und Winterthur erstreckt (Gemeinden der Regionen Oberland, Glattal und Unterland).

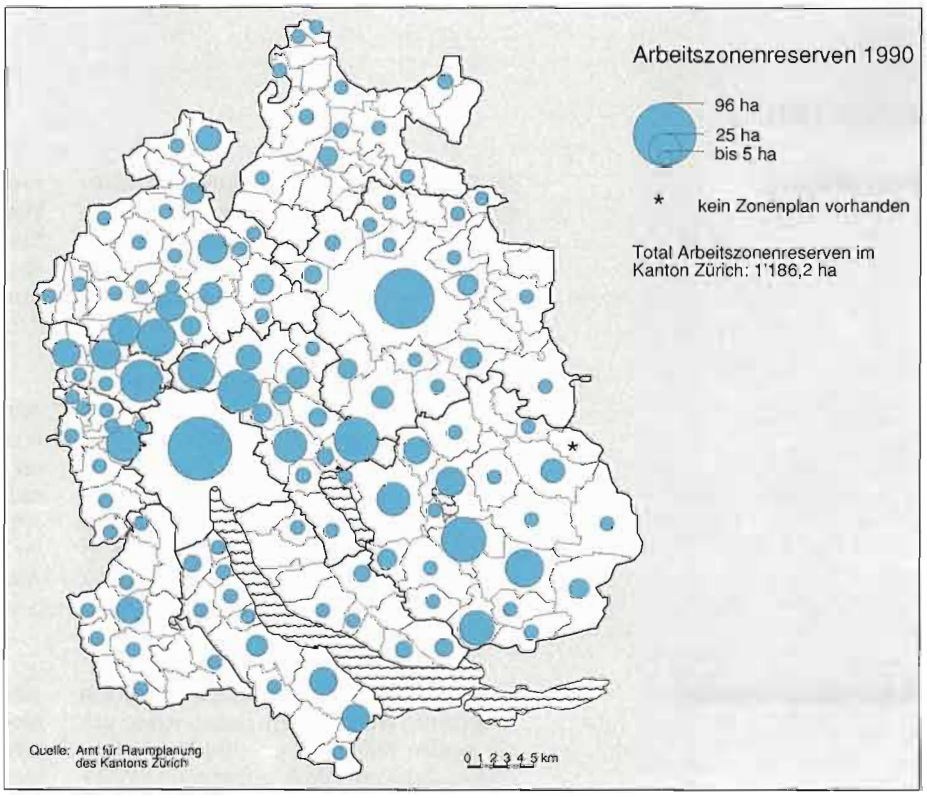
# Arbeiten

*Anzahl Beschäftigte (Vollzeit und Teilzeit) 1991*




Karte 6

*Arbeitszonenreserven 1990*




Karte 7

## Arbeiten

*Beschäftigungsentwicklung nach Regionen 1985 – 1991 (Voll- und Teilzeitbeschäftigte)*

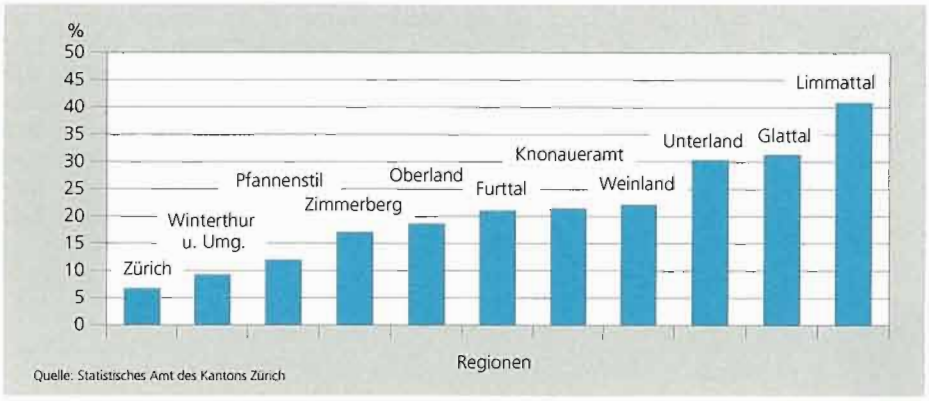
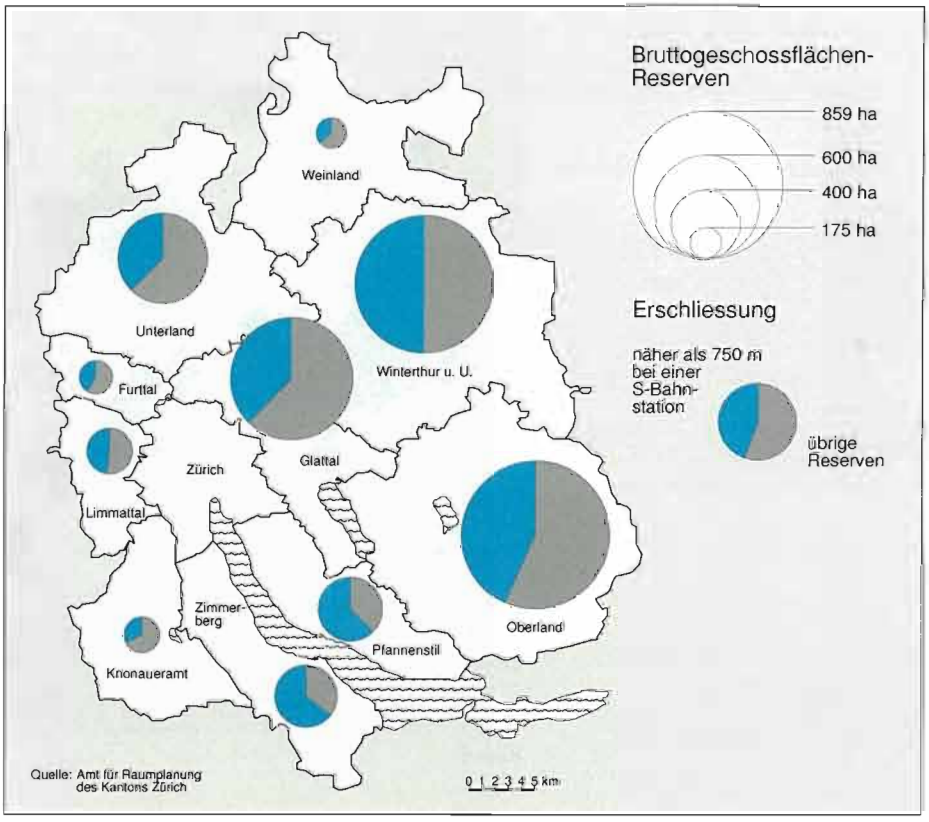



Abb. 2

## Erschliessung der Bauzonenreserven durch die S-Bahn

Im Hinblick auf das durch zukünftige Überbauungen ausgelöste Verkehrsaufkommen ist es von Interesse, wie gross die Anteile an den gesamten Bauzonenereserven sind, die vom S-Bahn-Netz und den Schnellzugsverbindungen gut erschlossen werden. In Karte 8 ist für die Planungsregionen der Anteil noch realisierbarer Bruttogeschossflächen

*Erschliessung der Bruttogeschossflächen-Reserven der gesamten Bauzonenreserven durch die S-Bahn (ohne Stadt Zürich)*




Karte 8

## Erschliessung der Bauzonenreserven durch die S-Bahn

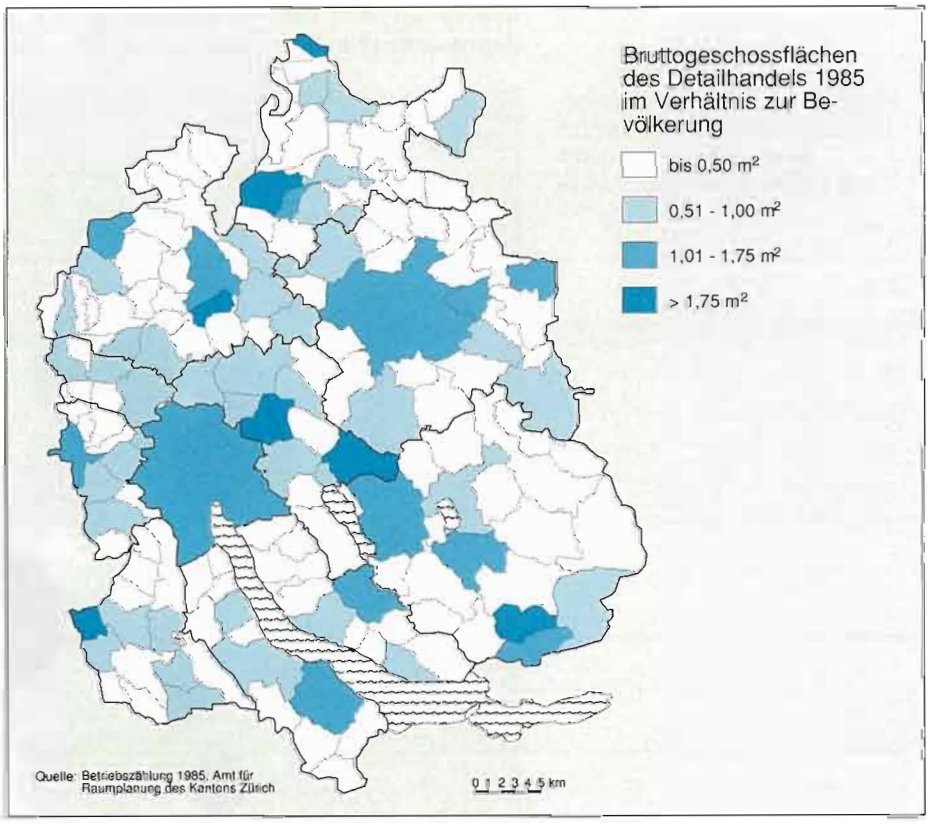
in den Bauzonenreserven im Umkreis von 750 m um die S-Bahn-Stationen im Vergleich zu den weniger gut mit öffentlichen Verkehrsmitteln erschlossenen Bruttogeschossflächen-Reserven dargestellt. Am besten von der S-Bahn erschlossen sind die Reserven in den beiden Zürichseeregionen Zimmerberg und Pfannenstil. Eher weniger günstig sind die Verhältnisse in den Regionen Knonaueramt, Glattal, Furttal, Oberland, Weinland und Unterland, wobei darauf hinzuweisen ist, dass hier oft gute Buszubringerlinien zur nächsten S-Bahn-Station bestehen. Insgesamt liegen 46 % der Bruttogeschossflächen-Reserven der unüberbauten Bauzonen näher als 750 m bei einer S-Bahnstation.

# Konsum

### Verkaufsflächen

Im Jahre 1985 umfassten die Bruttogeschossflächen des Detailhandels im Kanton Zürich insgesamt rund 1,2 Mio. m². Davon entfielen 44 % auf die Stadt Zürich, gefolgt von der Region Glattal mit 14 % und der Region Winterthur und Umgebung mit 13 %. Weniger als 2% machten die Anteile der Regionen Knonaueramt, Furttal und Weinland aus. Im Kantonsdurchschnitt entfielen auf einen Einwohner 1,1 m² an Detailhandelsfläche, ein Wert, wie er in der Region Winterthur und Umgebung erreicht wird. In den Regionen Zürich und Glattal lagen die Werte um rund die Hälfte über dem Kantonsmittel. Diese beiden Regionen dürfen bezogen auf das Kantonsmittel als mit Verkaufsflächen überversorgt, die restlichen Regionen als unterversorgt betrachtet werden.

*Bruttogeschossflächen des Detailhandels im Verhältnis zur Bevölkerung der Gemeinden 1985*




Karte 9

# Konsum

*Bruttogeschossflächen des Detailhandels 1985: absolut und im Verhältnis zur Bevölkerung der einzelnen Regionen*

| Regionen | Bruttogeschossfläche in m² | in % | pro Einwohner in m² |
|---|---|---|---|
| Zürich | 547'400 | 44.2 | 1.6 |
| Limmattal | 49'750 | 4.0 | 0.7 |
| Knonaueramt | 21'803 | 1.8 | 0.7 |
| Zimmerberg | 62'426 | 5.0 | 0.6 |
| Pfannenstil | 44'180 | 3.6 | 0.5 |
| Glattal | 171'694 | 13.8 | 1.6 |
| Furttal | 16'300 | 1.3 | 0.8 |
| Oberland | 110'649 | 8.9 | 0.9 |
| Winterthur | 154'448 | 12.5 | 1.1 |
| Weinland | 15'694 | 1.3 | 0.7 |
| Unterland | 45'163 | 3.6 | 0.7 |
| **Kanton** | **1'239'507** | **100.0** | **1.1** |

Tab. 1

**Versorgungsdichte**

Aus der Über- bzw. Unterversorgung mit Verkaufsfläche und der betreffenden Einwohnerzahl lassen sich Hinweise auf das Ausmass des Einkaufsverkehrs ableiten. Durch ihre auffallend hohe Überversorgung mit Verkaufsflächen werden die Gemeinden im Glattal zum Ziel eines interkommunalen Einkaufsverkehrs; Ausgangspunkte von Einkaufsquellverkehr sind dagegen Gemeinden mit geringem Versorgungsgrad. Zu beachten ist zudem, dass der grösste Teil der Verkaufsflächen im Glattal in Einkaufszentren von überkommunaler Bedeutung zu finden sind. Bei den Städten Zürich und Winterthur darf davon ausgegangen werden, dass viele Arbeitspendler einen Teil ihrer Einkäufe am Arbeitsort tätigen und damit keinen eigentlichen Einkaufsverkehr verursachen.

*Zwischen 1980 und 1990 nahm die Bevölkerung in der Stadt Zürich weiter ab, während insbesondere die Regionen Knonaueramt, Furttal, Oberland, Unterland und Weinland ein prozentual überdurchschnittliches Wachstum verzeichneten. Prozentual stärker als die Wohnbevölkerung hat der Verbrauch an Wohnzonenflächen zugenommen. Pro Person wurden 1990 durchschnittlich 164 m² Wohnzonenfläche beansprucht, das sind 13 % mehr als 1976.*
*Ende 1990 waren 4742,5 ha oder 20 % der eingezonten und für Wohnzwecke bestimmten Flächen noch nicht überbaut. Bei den Arbeitszonen betrugen die Reserven 1186 ha. 1991 arbeitete beinahe die Hälfte aller Beschäftigen in der Stadt Zürich. Das Wachstum der Arbeitsplätze in den Städten Zürich und Winterthur hat sich zwischen 1985 und 1991 aber deutlich verlangsamt; dafür hat ein markanter Beschäftigungsanstieg in vielen Agglomerationsgemeinden stattgefunden. Bei den Verkaufsflächen ist die Detailhandelsfläche pro Einwohner in Zürich und im Glattal am höchsten. Insbesondere die Gemeinden des Glattals werden dadurch zum Ziel eines interkommunalen Einkaufsverkehrs.*

# Handlungsbedarf

**Szenarien der räumlichen Entwicklung**

Im Amt für Raumplanung wurden 1991 Szenarien zur räumlichen Entwicklung des Kantons erarbeitet. Ausgehend von vorhandenen Prognosedaten wurden dabei mögliche räumliche Siedlungsentwicklungen für die mittelfristige Zukunft (ca. 20 Jahre) im Kanton Zürich skizziert. Mit den Szenarien soll eine Basis für die wünschbare Siedlungsentwicklung im Kanton Zürich geschaffen werden, die dann zu Vorstellungen über die Grundzüge der räumlichen Ordnung führen sollen und welche schliesslich in die Richtplanrevision einzufliessen haben.

**Szenarien:**

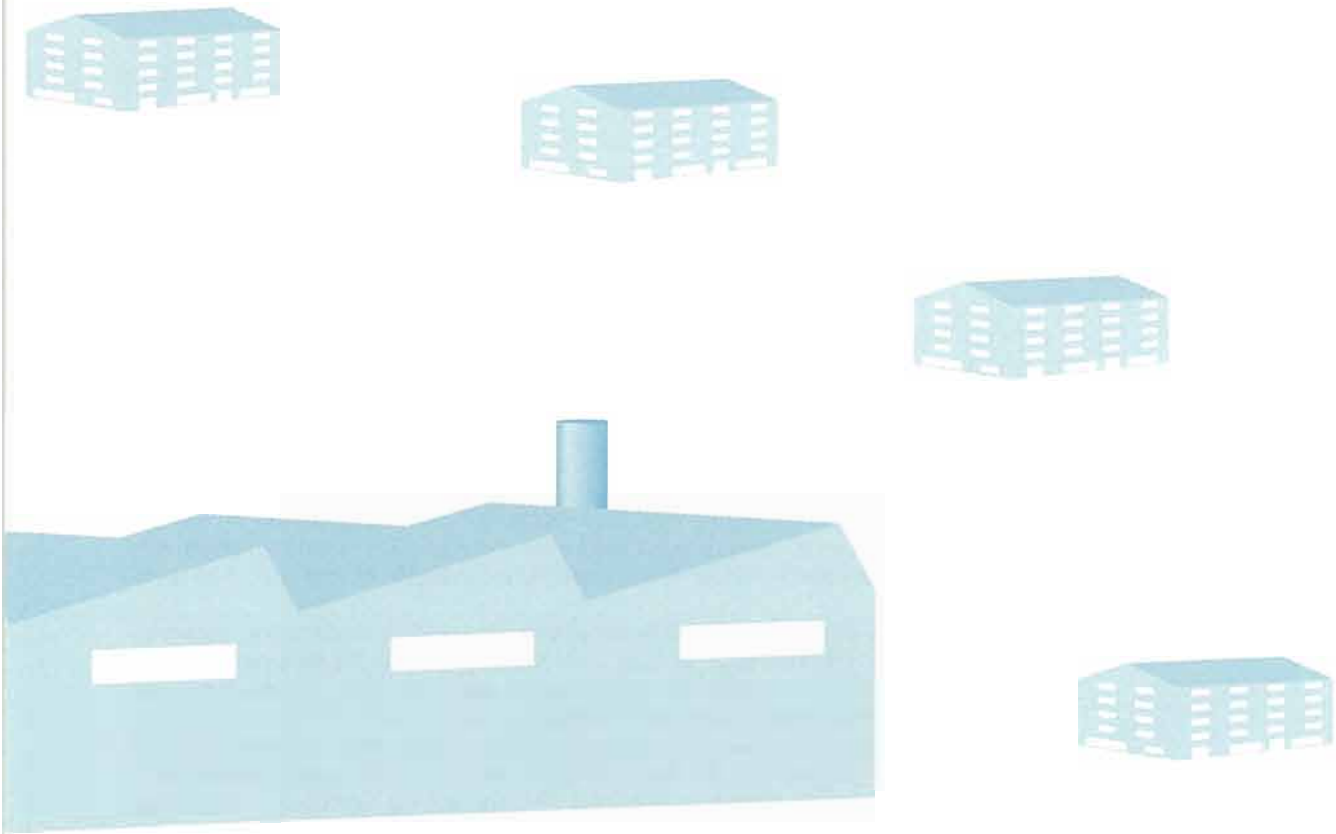
1. **Zurück zur Stadt**
2. **Pendeln mit der S-Bahn in die Stadt**
3. **Wohnstadt**
4. **Neue S-Bahn-Zentren im Umland**
5. **Disperses Wohnen und Arbeiten im Umland**

**Gemässigte Dezentralisierung**

Aufgrund von Vernehmlassungen in regionalen Planungsgruppen und in den betroffenen kantonalen Ämtern steht das Szenario «Neue S-Bahn-Zentren im Umland» für die anzustrebende räumliche Entwicklung im Vordergrund. Dieses Szenario geht von einer Entlastung der Städte und der Schaffung einer ausgewogenen Wohn- und Arbeitsplatzstruktur aus. Starken Zuspruch erhielt auch das Szenario «Zurück zur Stadt», da es mit dem geringsten Bodenverbrauch und dem geringsten Verkehrsaufkommen aller Szenarien verbunden ist.

Die kantonalen Vorstellungen über die anzustrebende Siedlungsentwicklung beruhen:

- auf einer Konzentration der zusätzlich benötigten Flächen für Wohnen und Arbeiten in Zentren im Umland, welche vom öffentlichen Verkehr gut erschlossen sind, sowie in den Städten Zürich und Winterthur,
- auf einer Siedlungsentwicklung nach innen durch Verdichtung der bestehenden Bausubstanz sowie unter Wahrung der Wohnqualität und
- auf der Sicherung von ökologischen Ausgleichsflächen und Erholungsräumen.

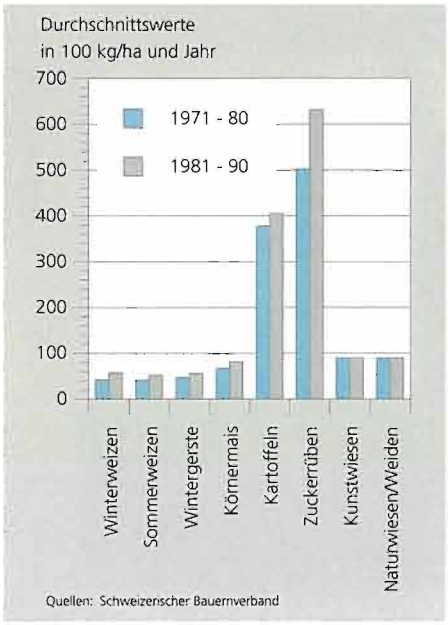


# Landwirtschaftliche Erträge

## Ertragssteigerungen

In pflanzlichen und tierischen Produktionszweigen hatte die Landwirtschaft in den letzten zwei Jahrzehnten enorme Ertragssteigerungen auszuweisen. Diese wurden durch Verbesserung von Anbau- und Zuchttechnik, durch Mechanisierung, Automatisierung, vermehrten Einsatz von Kunstdüngern und chemischer Schädlingsbekämpfungsmittel sowie durch Meliorationen möglich.

Der durchschnittliche Ertrag von Winterweizen nahm in den 80er Jahren gegenüber den 70er Jahren im Kanton Zürich um 35 % zu. Auch bei den anderen Getreidearten erhöhten sich die durchschnittlichen Hektarerträge markant. Bei den Kartoffeln liegt die Ertragssteigerung im selben Zeitraum bei 7 %, für Zuckerrüben bei 25 %. Das Ertragspotential verschiedener Pflanzenarten ist noch nicht ausgeschöpft, weitere Ertragssteigerungen sind möglich.

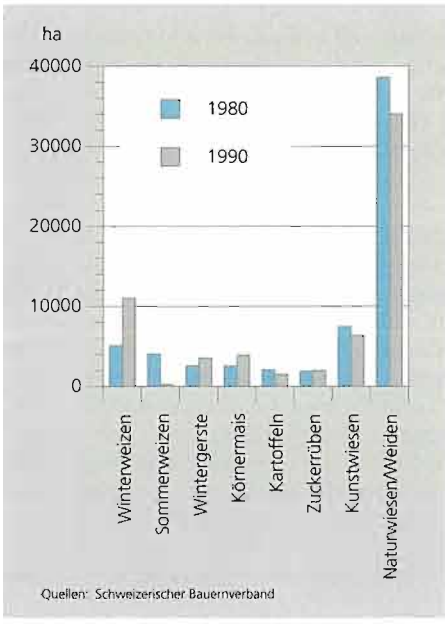



*Durchschnittliche Hektarerträge für einzelne Kulturen im Kanton Zürich in den 70er beziehungsweise den 80er Jahren*

Abb. 3

## Anbauflächen

Die durch die schweizerische Agrarpolitik geschaffenen Anreizsysteme führten zur Ausdehnung einzelner Ackerkulturen. So hat sich die Anbaufläche von Winterweizen in den letzten 20 Jahren verdoppelt. Auch der Futtergetreideanbau wurde ausgedehnt (Wintergerste + 38 %, Körnermais + 50 %). Als Folge davon haben die Flächen an Kunst- und Naturwiesen sowie Weiden abgenommen. Die mit dem siebten Landwirtschaftsbericht des Bundes (1992) aufgezeigten Massnahmen (Direktzahlungen), werden diese Entwicklung bremsen.




*Anbauflächen einzelner Kulturen im Kanton Zürich 1980 und 1990*

Abb. 4

## Landwirtschaftliche Erträge

**Viehwirtschaft**

Die abgelieferte Milchmenge blieb mit rund 200 Millionen kg pro Jahr während der letzten zehn Jahre annähernd konstant. Dies ist auf die 1976 eingeführte Milchkontingentierung zurückzuführen. Gleichzeitig ging von 1980 bis 1990 der Bestand an Milchkühen um rund 16 % auf 51'000 Tiere zurück, was auf eine beträchtliche durchschnittliche Leistungssteigerung hinweist. Aufgrund des reduzierten Bedarfs an Milchkühen wurden im gleichen Zeitraum mehr Jungtiere in die Rindermast gegeben. Gegenüber 1980 merklich angewachsen sind die Schafbestände (+ 48 % auf 24'100 Stück), während die Schweinebestände aufgrund von schlechten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen drastisch (– 30 % auf 51'226 Stück) reduziert wurden.

*Viehbestände 1980 und 1990*

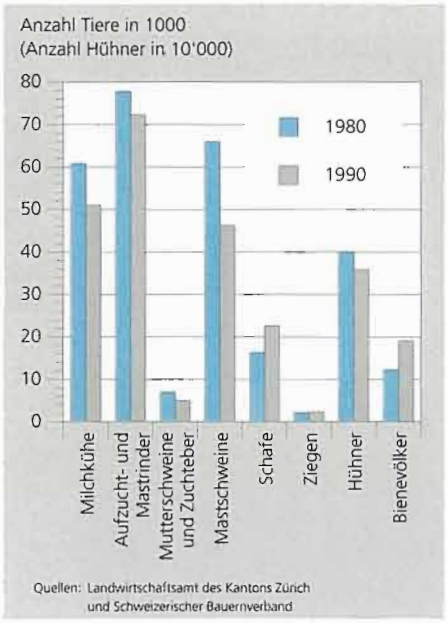



Abb. 5

## Landwirtschaftliche Hilfsstoffe

Um qualitativ und quantitativ hohe Erträge zu erreichen, werden in der Landwirtschaft Hilfsstoffe in Form von Düngemitteln (Hofdünger, Klärschlamm, Komposte, Mineralische Dünger) sowie Pflanzenschutzmittel gegen Unkräuter (Herbizide), Pilzbefall (Fungizide) oder Insektenbefall (Insektizide) eingesetzt. Hinzu kommt die nicht zu vernachlässigende natürliche Luftstickstoffimmission.

**Regional unterschiedliche Hofdüngerbelastung**

Der Tierbestand von 1990 im Kanton Zürich führt zu einer durchschnittlichen Hofdüngerbelastung von 1,1 Düngergrossvieheinheiten (1 DGVE entspricht einer Kuh mit einem Gewicht von 600 kg) pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche, was im Vergleich zu einem stark auf die Tierproduktion ausgerichteten Gebiet (z.B. Kanton Luzern mit einer etwa doppelt so hohen Belastung) als eher tief zu bezeichnen ist; zum Vergleich mag dienen, dass Bio-Betriebe im Kanton Zürich einen durchschnittlichen Tierbesatz von 1,4 DGVE pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche aufweisen und damit eine mehr oder weniger ausgeglichene Nährstoffbilanz vorweisen können.

Vom gesamten Nährstoffbedarf pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche wird für die drei Hauptnährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) ein Teil durch den anfallenden Hofdünger (Mist und Gülle) gedeckt; wie hoch dieser Deckungsgrad ist, lässt sich aus der durchschnittlichen Hofdüngerbelastung nur sehr ungenau errechnen. Der Deckungsgrad ist vom Tierbesatz abhängig. In den Graswirtschaftsgebieten

# Landwirtschaftliche Hilfsstoffe

des Zürcher Oberlandes und des Bezirks Horgen, wo die Viehwirtschaft den Hauptbetriebszweig darstellt, ist mit den höheren Tierbeständen der Hofdüngeranfall entsprechend höher als in den Ackerbaugebieten des Kantons. In einer Studie kommt die Forschungsanstalt für Agrikulturchemie in Bern-Liebefeld aufgrund von Schätzungen zum Schluss, dass in den erwähnten Graswirtschaftsgebieten mit den anfallenden Hofdüngern eine Überversorgung an Stickstoff und Kalium anzunehmen ist.

**Trendumkehr beim Hilfsstoff-Verbrauch**

Pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche werden nebst den anfallenden Hofdüngern jährlich durchschnittlich 0,2 Tonnen Trokkensubstanz Klärschlamm (vgl. Seite 107) sowie 0,13 Tonnen Trockensubstanz Kompost pro Hektare ausgebracht. Bezüglich des Einsatzes mineralischer Dünger (Kunstdünger) kann aus den Geschäftsberichten der Produzenten und Handelsgesellschaften ein stagnierender bis leicht rückläufiger Verkauf ermittelt werden. Genaue Angaben über die eingesetzten Mengen pro Hektare können nicht gemacht werden. Beim Stickstoff ist über den direkten Eintrag hinaus auch die Stickstoffimmission aus der Luft von Bedeutung, die auf etwa 30 bis 60 kg pro Hektare und Jahr geschätzt wird.

Bei den Mengen eingesetzter Herbizide dürfte der Zenith erreicht sein. Aufgrund neuer Anbaumethoden (Integrierte Produktion, Bio-Landbau) ist zu erwarten, dass der Verbrauch solcher Hilfsstoffe eher abnehmen wird. Die Extensivierungsprogramme des Bundes werden sich auch auf den Verbrauch von Fungiziden auswirken, so dass der Verbrauch dieser Mittel eher rückläufig sein wird. Im Getreidebau wird mit einer möglichen Abnahme von 30% gegenüber dem heutigen Fungizidverbrauch gerechnet, wohingegen der Insektizidverbrauch im Getreidebau zunehmende Tendenz aufweist. Der generelle Verbrauch von Insektiziden dürfte sich in absehbarer Zeit kaum verändern. Bei den Insektiziden besteht zudem ein deutlicher Trend zu selektiven Wirkstoffen (Duftstoffe, Viren, Bakteriengifte, Insekten-Wachstumsregulatoren)

**Nährstoffbilanz**

Befinden sich Eintrag und Entzug von landwirtschaftlichen Nährstoffen über längere Zeit nicht im Gleichgewicht, führen die Hilfsstoffe zu erheblichen Belastungen der Gewässer (vgl. Seite 110), des Bodens (vgl. Seite 150) und der Luft. Aus dem Überangebot ergeben sich Probleme in erster Linie mit Phosphor (P) und Stickstoff (N).



## Landwirtschaftliche Hilfsstoffe

*Offener Nährstoffkreislauf (inkl. Verluste) eines Landwirtschaftsbetriebes*

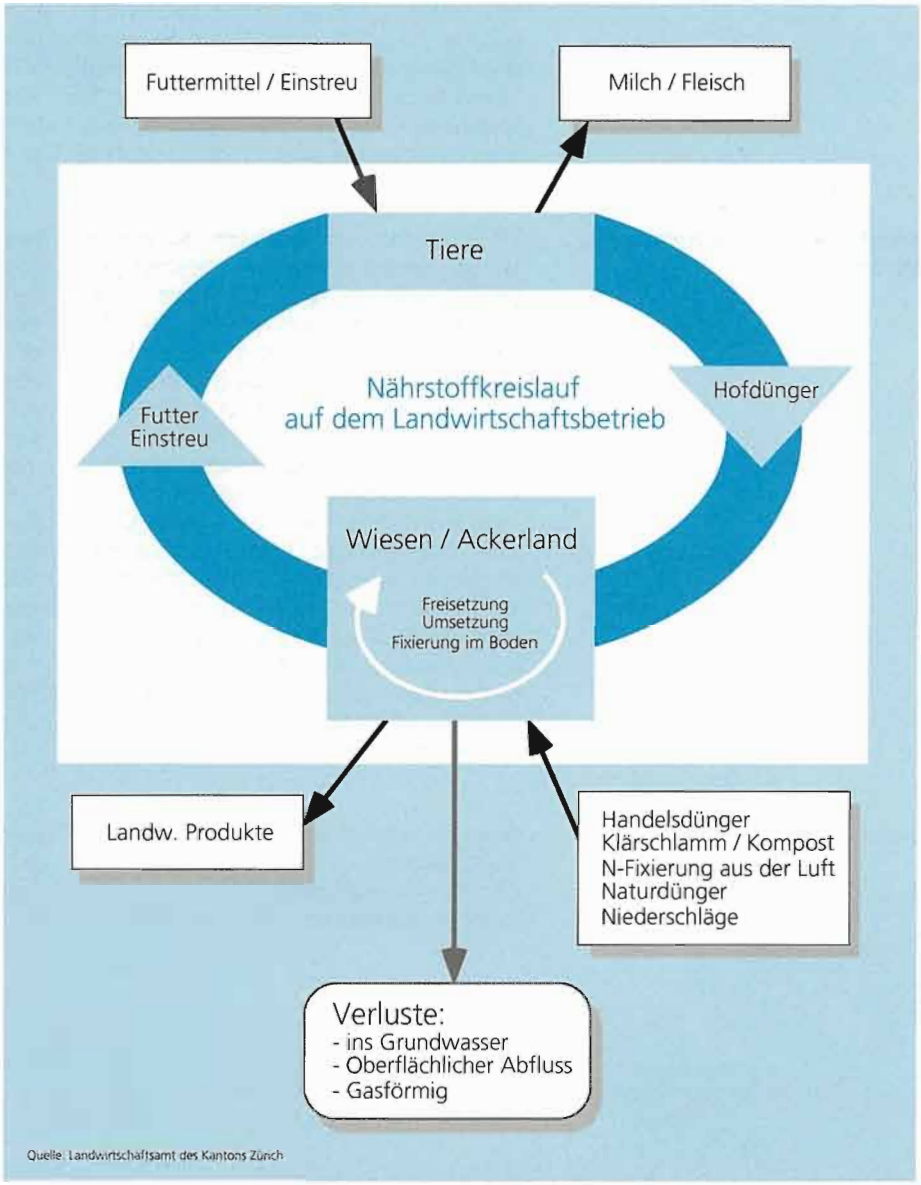



Abb. 6

Mit einer Nährstoffbilanz wird der Ein- und Austrag von Nährstoffen ermittelt. Dadurch können Ungleichgewichte erkannt und notwendige Korrekturen eingeleitet werden. Die Nährstoffbilanz eignet sich im speziellen für die Anwendung auf einzelnen Landwirtschaftsbetrieben. Mit einer zusätzlichen Düngeplanung lässt sich betriebsspezifisch aufgrund der individuellen Gegebenheiten (z. B. Kultur, Boden, Topographie usw.) der Einsatz von Dünger optimieren. In erster Linie gilt es, die auf dem Betrieb anfallenden Hofdünger einzusetzen. Als Ergänzung, bis zur Deckung des gesamten Nährstoffbedarfes, können Klärschlamm und Kompost eingesetzt werden. Zur Deckung des restlichen Nährstoffbedarfs gelangen Handelsdünger zum Einsatz.

Auf diese Weise kann und muss die Belastung der Umwelt mit überflüssigen Nährstoffen vermieden werden. Die Nährstoffbilanz kommt insbesondere bei der seit 1991 im Kanton Zürich verstärkten landwirtschaftlichen Klärschlammberatung zum Zug.

# Betriebsstrukturen

## Betriebe und Arbeitskräfte

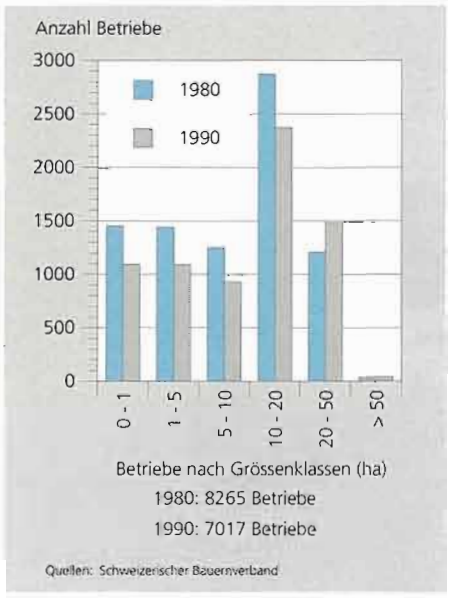



Abb. 7

*Struktur der landwirtschaftlichen Betriebe aufgrund der bewirtschafteten Fläche in Hektaren 1980 und 1990*

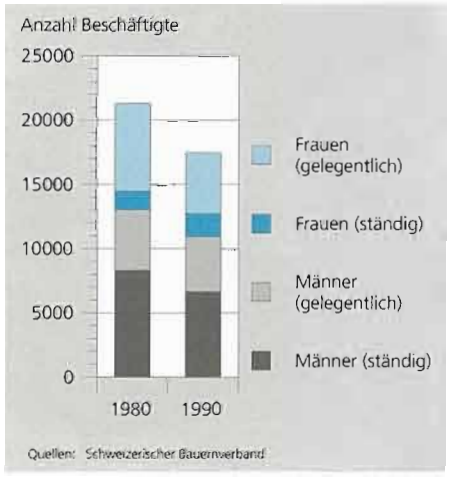



Abb. 8

*Beschäftigte in der Landwirtschaft des Kantons Zürich 1980 und 1990*




Abb. 9

*Mechanisierung der Landwirtschaft: Anzahl eingesetzter Traktoren seit 1969*

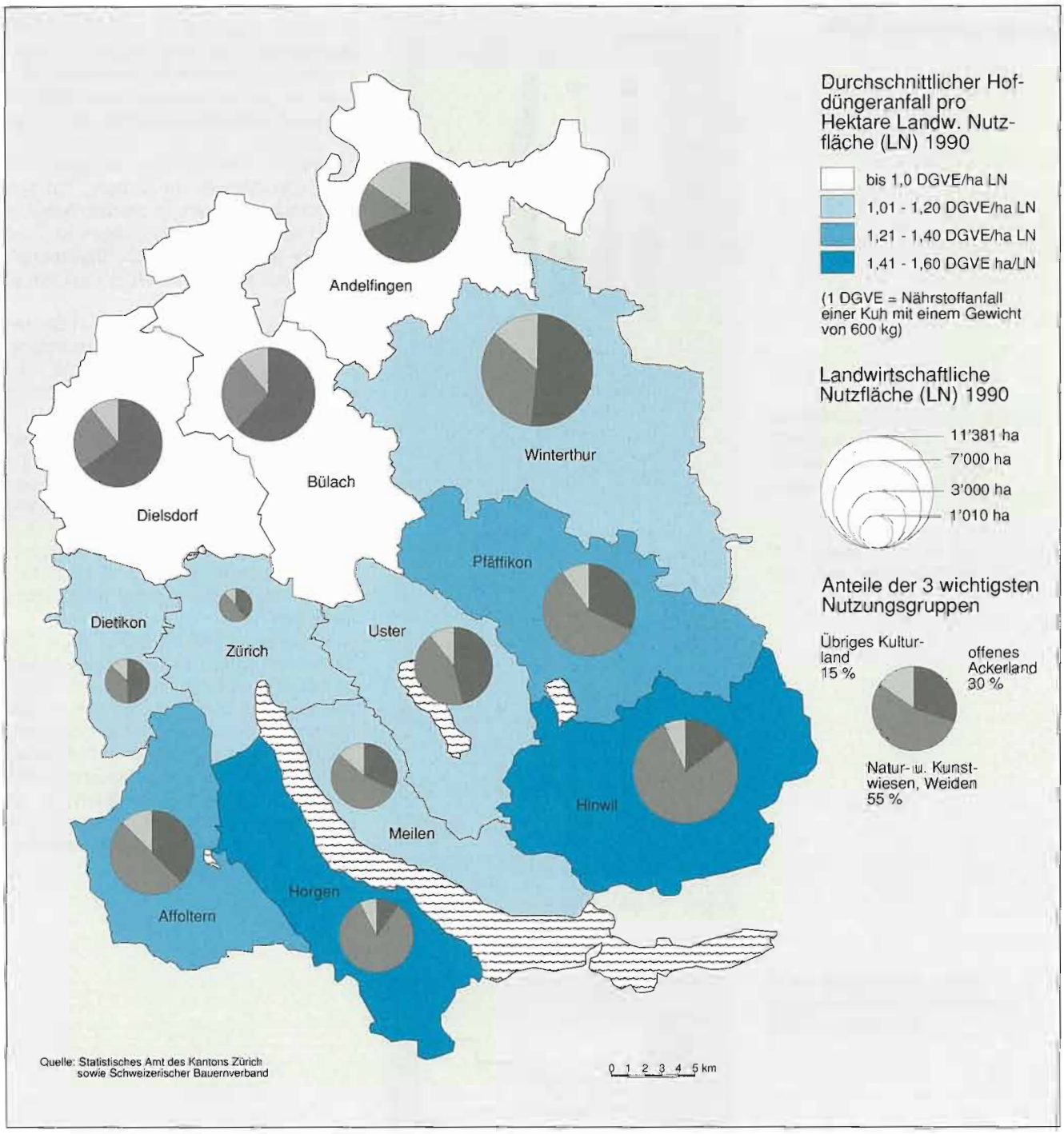
Im letzten Jahrzehnt hat sich die Zahl der Betriebe von 8'265 um 15 % auf 7'017 verringert. Die Zahl der Haupterwerbsbetriebe hat in der gleichen Zeitspanne von 4'990 um 17 % auf 4'164 abgenommen. Der Anteil der Betriebe, die von hauptberuflichen Landwirten bewirtschaftet werden (rund 60% aller Betriebe im Kanton), hat sich somit kaum verändert. Im gleichen Zeitraum nahm aufgrund der rückläufigen Zahl der Betriebe die durchschnittliche Bewirtschaftungsfläche von 9,3 auf 10,8 Hektaren je Betrieb zu.

Bei den Zürcher Landwirtschaftsbetrieben handelt es sich nicht um Grossbetriebe. Die landwirtschaftliche Nutzfläche der hauptberuflich tätigen Landwirte beträgt heute durchschnittlich 16,3 Hektaren.

Lediglich 147 oder 2 % der zürcherischen Landwirtschaftsbetriebe arbeiteten Mitte 1992 nach den Grundsätzen des biologischen Landbaus, wobei ihre Zahl ständig zunimmt. Schätzungen gehen davon aus, dass im Kanton Zürich gegen 1'000 Landwirtschaftsbetriebe günstige Voraussetzungen für die Umstellung auf Bio-Landbau ausweisen.

Im Zeitraum 1980 bis 1990 hat die Zahl der Arbeitskräfte in der zürcherischen Landwirtschaft von 21'306 um 18 % auf 17'476 abgenommen. Die Abnahme betraf die Zahl der gelegentlich in der Landwirtschaft Beschäftigten stärker als jene der ständig in der Landwirtschaft Tätigen. Der Hauptgrund für die Abnahme an Arbeitskräften ist die zunehmende Mechanisierung, welche es erlaubt, mit weniger Personal die gleichen Flächen zu bewirtschaften.

## Nutzungsintensitäten




*Durchschnittlicher Hofdüngeranfall und Landwirtschaftliche Nutzung in den Bezirken 1990* Karte 10

## Nutzungsintensitäten

Die Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung lässt sich nicht nur an der Ertragssteigerung der verschiedenen Kulturen, sondern ebensosehr an Nutzungsänderungen des Bodens ablesen. Seit 1980 sind der Zürcher Landwirtschaft 2'454 Hektaren für die Nutzung verlorengegangen. Dies entspricht der Fläche von rund 150 hauptberuflich geführten Landwirtschaftsbetrieben. Gesamthaft hat das offene Ackerland um 11,9 % zugenommen, während die Flächen für Naturwiesen und Weiden um 12 % und für Kunstwiesen um 15 % abgenommen haben. Die Ausdehnung der Ackerflächen erfolgte zu einem grossen Teil in Form zusätzlicher Getreideanbauflächen, was mit einem Mehreinsatz von Hilfsstoffen verbunden war.

*Bodennutzung durch die Zürcher Landwirtschaftsbetriebe 1980 und 1990 in Hektaren*

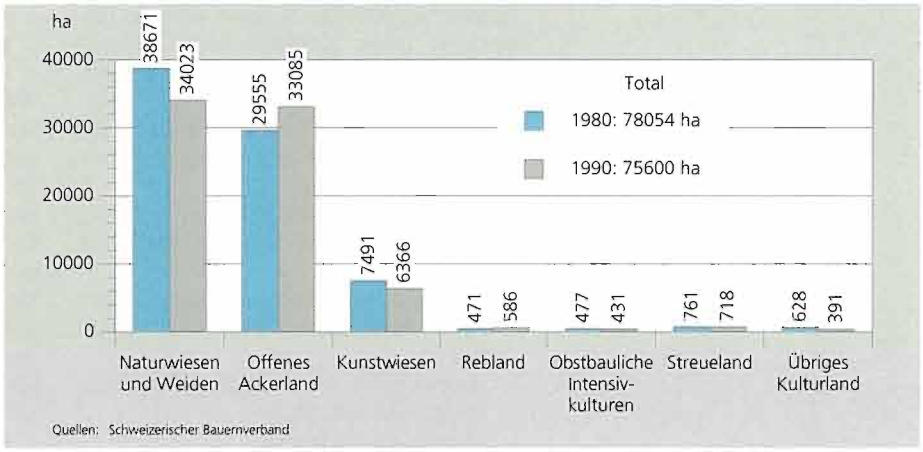



Abb. 10

# Umweltgerechte Landwirtschaft

Die Forderung, naturnahe Lebensräume im Kulturland zu erhalten, erlaubt keine weitere Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung, welche mit einer zusätzlichen Steigerung beim Einsatz von Hilfsstoffen und der Mechanisierung verbunden wäre. Negative Folgen wären die weitere Ausräumung der Landschaft (vgl. Seite 165), die vermehrte Belastung von Trinkwasser, Grundwasser und Oberflächengewässern sowie die fortschreitende Erosion und Verdichtung der Böden.

Einen ganzheitlichen Landbau (Integrierte Produktion, biologischer Landbau) zu fördern, ist daher ein Ziel der zürcherischen Landwirtschaftspolitik. Diese Förderung erfolgt über die Beratung, die Landwirtschaftlichen Schulen sowie Berufsvereinigungen. Seit der Änderung des kantonalen Landwirtschaftsgesetzes 1991 bestehen die gesetzlichen Grundlagen, die Umstellungen von Landwirtschaftsbetrieben auf biologische Bewirtschaftung mit öffentlichen Mitteln zu unterstützen.

### Grundlagen und Hilfen für umweltgerechteren Landbau

1988 wurde bei der Forschungsanstalt Reckenholz die flächendeckende Bodenkartierung des Kantons in Auftrag gegeben, welche eine Grundlage für eine angepasste Kulturwahl schafft. Sie soll bei verschiedenen Planungs- und Beratungsaufgaben eingesetzt werden. Sechs Düngeberater sowie sechs Klärschlammberater sind seit 1988/89 beziehungsweise seit 1991 mit der Dünge- und Klärschlammberatung betraut, was den Landwirten eine ausgewogene Düngepraxis ermöglichen soll. Die Düngeberatung arbeitet schwerpunktmässig in Gebieten mit erhöhter Nitratbelastung im Grundwasser. Grundsätzlich stehen die Dienste aber allen Landwirten offen. Mit dem Labor zur Nährstoffbestimmung von Bodenproben an der Landwirtschaftlichen Schule Strickhof in

# Umweltgerechte Landwirtschaft

Lindau steht den Beratern seit 1991 ein zusätzliches Instrument für eine optimale Düngeberatung zur Verfügung.

In Zusammenarbeit mit den Zürcher Naturschutzorganisationen hat der Zürcher Bauernverband in den Jahren 1990 bis 1992 das Projekt «Naturschutz aus Bauernhand» durchgeführt. Darin wurden auf neun ausgewählten Betrieben die Möglichkeiten einer umwelt- und landschaftsgerechten Landwirtschaft und die dafür notwendigen Rahmenbedingungen ausgelotet.

**Ganzheitliche Landbaumethoden**

Über die Berufsvereinigungen der Bauern, die landwirtschaftliche Beratung und die Landwirtschaftlichen Schulen wird die Verbreitung eines ganzheitlichen Landbaus (Integrierte Produktion, biologischer Landbau) gefördert, wie es auch der Schlussbericht des nationalen Forschungsprogramms (NFP 22 «Nutzung des Bodens in der Schweiz»), vorschlägt.

Die ganzheitlichen Landbaumethoden zeichnen sich durch folgende Merkmale aus:

- den natürlichen Gegebenheiten (Boden, Klima) angepasste Kultur- und Sortenwahl
- ausgewogene Fruchtfolge (keine langjährigen Monokulturen)
- angepasster Viehbesatz
- zurückhaltende, angepasste Bodenbearbeitung zum günstigen Zeitpunkt
- optimaler Einsatz der Hofdünger
- zurückhaltende mineralische Düngung nach dem Stoffbilanzprinzip, soweit sie neben den Hof- und Abfalldüngern (Klärschlamm und hoffremder Kompost sind im biologischen Landbau nur in Ausnahmefällen zugelassen) noch nötig und auf eine dem Standort angemessene Ertragserwartung ausgerichtet ist
- Förderung der Nützlinge durch angepasste Fruchtfolgen und Kulturmassnahmen sowie durch Erhaltung und Wiederherstellung naturnaher Flächen
- zurückhaltender Einsatz möglichst selektiver und abbaubarer Pflanzenbehandlungsmittel

Während der biologische Landbau auf den Einsatz von mineralischen Düngern weitgehend und auf synthetische Pflanzenbehandlungsmittel gänzlich verzichtet, basiert die Integrierte Produktion (IP) auf einer Optimierung, welche sich bezüglich Zeitpunkt des Einsatzes sowie auszubringender Menge dieser Hilfsstoffe auf detaillierte Abklärungen stützt und damit gegenüber der traditionellen Bewirtschaftung zu einer Reduktion der eingesetzten Mittel führen kann.

Immer mehr wird jedoch deutlich, dass all diese Bestrebungen nur Erfolg haben können, wenn sie vom Konsumenten und vom Handel auch honoriert werden. Für umweltgerechte Produkte, die in ihren Gestehungskosten auch die Aufwendungen für die Landschaftspflege spiegeln, muss künftig vermehrt Öffentlichkeitsarbeit geleistet werden. Der Staat vermag in Zukunft die Differenz zu Billigimporten nicht mehr ausreichend zu finanzieren, auch wenn der laufende Strukturwandel zur Senkung der Produktionskosten beitragen mag.

*Die Zürcher Landwirtschaft hat auch in den 80er Jahren eine weitere Intensivierung erfahren. Markante Ertragssteigerungen bei einzelnen Kulturen sowie Ausdehnung der Ackerfläche (insbesondere für Getreideanbau) führten letzlich auch zu einem Mehreinsatz von Hilfsstoffen. Demgegenüber sind die Viehbestandszahlen eher rückläufig. Da sich grosse Teile des Kantons aufgrund der natürlichen Gegebenheiten (Lage, Klima, Boden usw.) eher für den Futterbau und die Milchwirtschaft eignen, bedeutet diese Entwicklung einen Schritt in die falsche Richtung. Die von der bisherigen Agrarpolitik gewünschte und der Einkommenssicherung der Landwirte dienende Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion hat sich in vielfacher Hinsicht negativ auf die Umwelt ausgewirkt. Die problematischen Entwicklungen wurden erkannt und Massnahmen hin zu einer angepassteren Landwirtschaft ergriffen. Änderungen in der Anbaupraxis sind auch im Zusammenhang mit den neuen Extensivierungsmassnahmen des Bundes (Art. 31a und 31 b Landwirtschaftsgesetz) zu erwarten. Für die Zukunft ist sicherzustellen, dass das Kulturland für die Landwirtschaft wie bisher erhalten bleibt und so zur Vielgestaltigkeit der Landschaft einen entscheidenden Beitrag leisten kann. Um eine umwelt- und landschaftsgerechte Landwirtschaft zu fördern, sind geeignete kantonale sowie eidgenössische Rahmenbedingungen zur Einkommenssicherung zu schaffen.*

# Waldnutzung

## Verjüngungstätigkeit

Der Wald besteht aus bis zu zweihundertjährigen Bäumen. Jede Generation der letzten zweihundert Jahre ist am heutigen Waldbild beteiligt, denn immer wurde und wird der Wald entsprechend den Bedürfnissen der Bevölkerung (Brenn- und Bauholz, Viehnahrung, Erholung, Naturschutz usw.) genutzt und verjüngt. Im Jungwald (Verjüngungen) ist das aktuelle Handeln am besten erkennbar, denn da wird entschieden, welche Baumarten in den nächsten hundert bis zweihundert Jahren wachsen werden. Heute streben wir nach naturnahen, standortangepassten Wäldern mit höherem Laubholzanteil und mehr Naturverjüngungen (weniger Pflanzungen).

Der Anteil der Naturverjüngungen ist in den letzten Jahren von 30 auf 45 % gestiegen. Beim Laubholz werden heute bereits 60 % der Flächen natürlich verjüngt. Auch beim Nadelholz, welches bis vor kurzem ausschliesslich gepflanzt wurde, ist ein markanter Anstieg der Naturverjüngung zu verzeichnen.

Rückgänge des Anteils der Naturverjüngung sind jeweils nach grösseren Sturmereignissen festzustellen, da es sich bei den betroffenen Sturmflächen selten um vorverjüngte Flächen handelt.

Die Intensität der aktuellen Verjüngungstätigkeit führt zu einer Erneuerung des gesamten Waldbestandes innert 200 bis 250 Jahren (Umtriebszeit). Bei der Verjüngung verzeichnet der Nadelholzanteil, im speziellen der Rottannenanteil, in den letzten sieben Jahren einen Rückgang, während bei den Laubbäumen der Anteil der Eschen und Ahorne weiterhin ansteigt.

*Anteile der Naturverjüngung an der Gesamtverjüngung sowie an der Verjüngung von Laub- und Nadelholz 1985 – 1991*

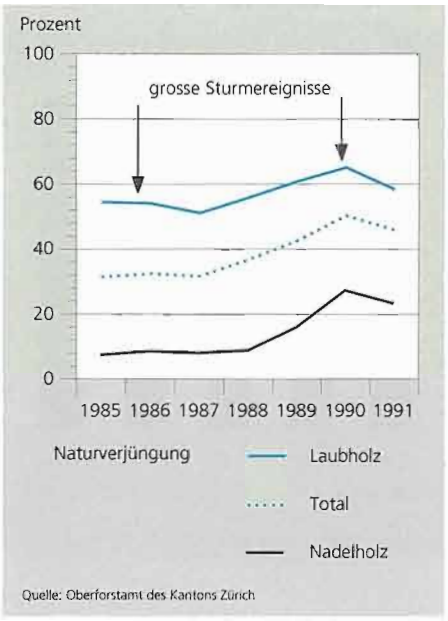



Abb. 11

*Baumartenwahl bei der Verjüngungstätigkeit 1985 – 1991 in den Wäldern des Kantons Zürich*

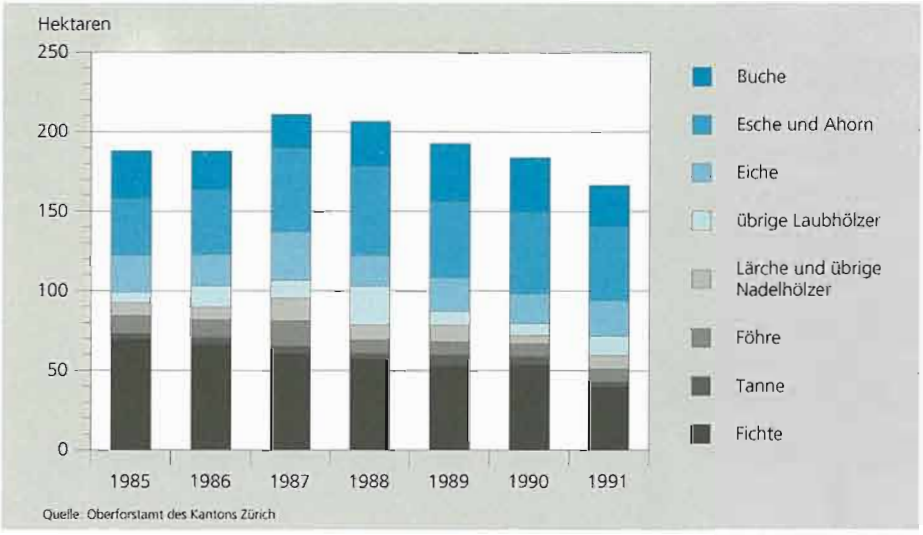



Abb. 12

# Waldnutzung

## Holznutzung

Die jährliche Holznutzung unterliegt grossen Schwankungen. Die Jahresnutzung stieg aufgrund von Zwangsnutzungen infolge der Sturmereignisse (= abiotische Schäden) vom März 1986 und Februar 1990 jeweils stark an. Die Nutzung von 1990 mit 576'550 m³ bedeutet denn auch einen Rekordwert. Die unterdurchschnittliche Nutzung von 1991 stellt dagegen einen Ausgleich zum Vorjahr dar. Der Anteil von Zwangsnutzungen aufgrund von Schäden durch Borkenkäfer- und Pilzbefall (= biotische Schäden) sowie Schäden durch menschliche Einwirkungen (= anthropogene Schäden: Feuer, Fällschäden usw.) hat sich in den letzten sechs Jahren wenig verändert. Die zwangsweise Nutzung stark geschädigter Bäume war hingegen eher rückläufig.

*Holznutzung in 40 öffentlichen Forstbetrieben 1986 – 1991*

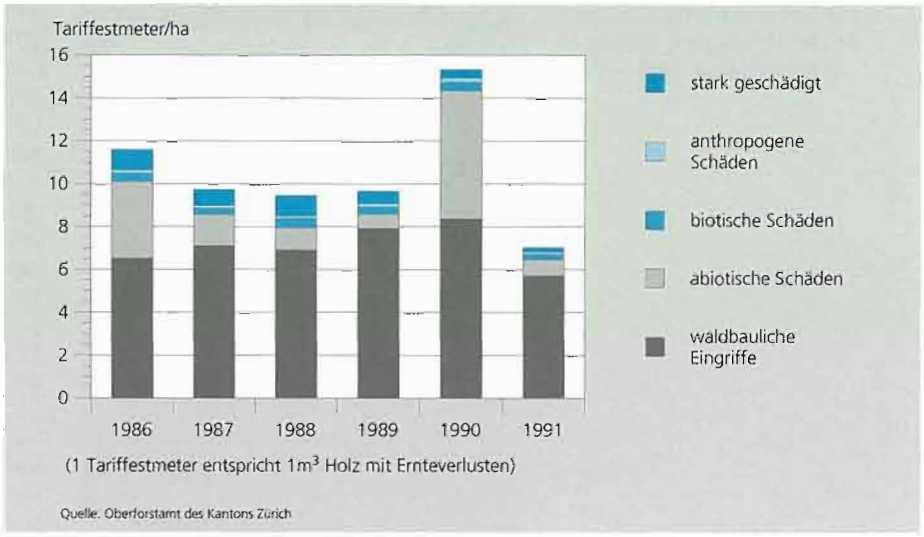



Abb. 13

Zwei Drittel der Holznutzungen stammen aus Durchforstungen, ein Drittel aus Verjüngungsmassnahmen (Lichtungen und Räumungen). Bei den Verjüngungseingriffen nimmt der Anteil an Lichtungsschlägen zu, mit welchen die Naturverjüngung eingeleitet wird.

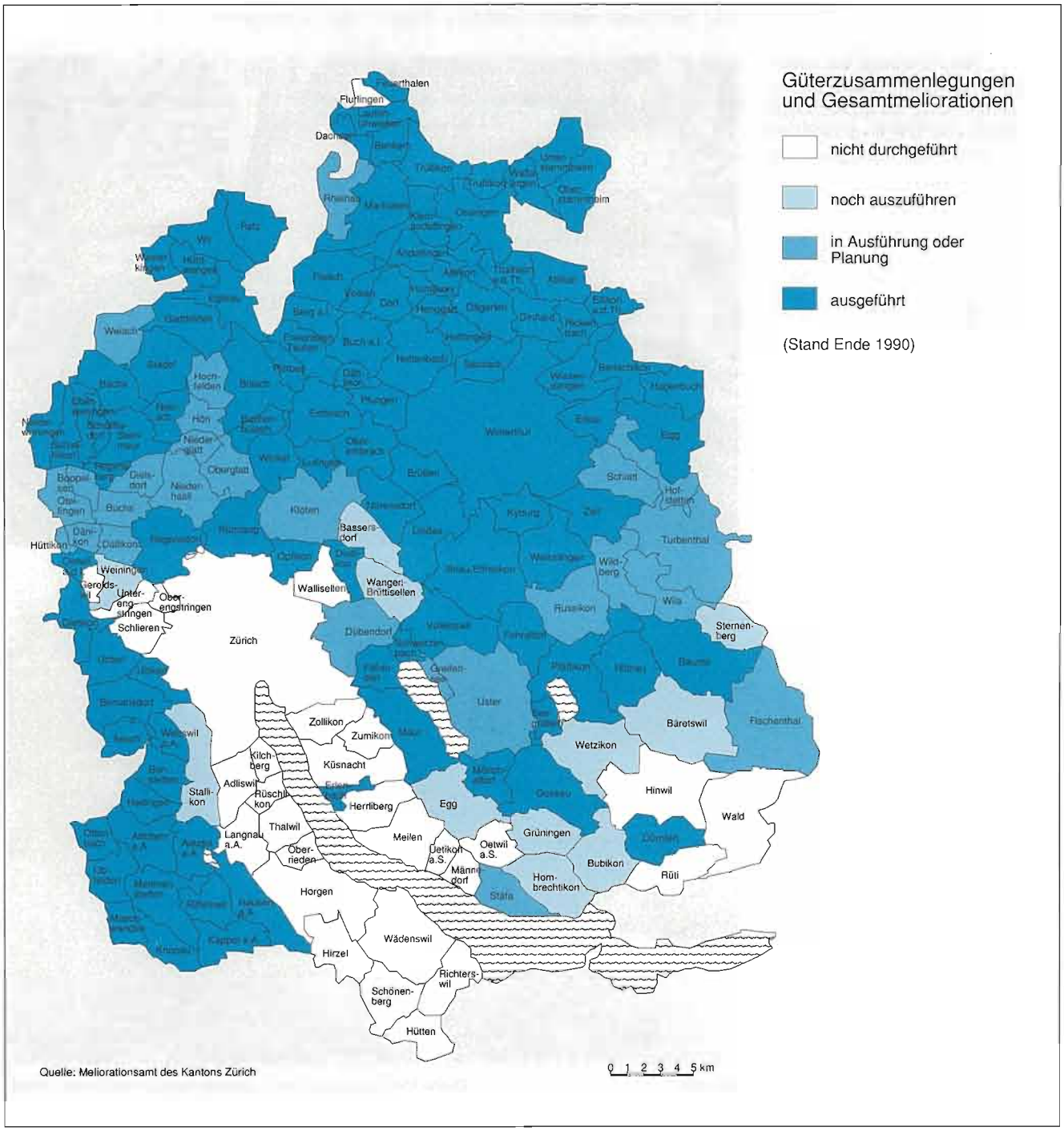
Durch die Hiebsätze (= jährlich zu nutzende Holzmenge) wird die Holznutzung nach oben begrenzt. Diese werden alle 10 Jahre für jeden Eigentümer öffentlichen Waldes (ca. 50 % der Waldfläche) festgelegt. Mit einem Holzvorrat von 438 m³/ha sind die Zürcher Wälder sehr vorratsreich. Eine weitere Vorratszunahme ist nicht erstrebenswert. Der Hiebsatz entspricht deshalb meist dem jeweiligen Holzzuwachs. Dieser ist u. a. abhängig von der Baumart, dem Alter der Bäume sowie den Bodenverhältnissen. Im Durchschnitt liegt er bei rund 10 m³ pro Hektare und Jahr.

# Meliorationen

**Naturgerechtere Meliorationen**

Mit dem Begriff Meliorationen/Güterzusammenlegungen bezeichnet man eine Reihe von technischen und planerischen Massnahmen zur Verbesserung der Bewirtschaftung in der Land- und Forstwirtschaft.

Bis Ende 1990 wurden im Kanton Zürich gut 63'000 Hektaren melioriert. Rund 10'000 Hektaren sind zur Zeit in der Ausführungsphase oder in Planung.


Güterzusammenlegungen und Gesamtmeliorationen
nicht durchgeführt
noch auszuführen
in Ausführung oder Planung
ausgeführt
(Stand Ende 1990)
Quelle: Meliorationsamt des Kantons Zürich
0 1 2 3 4 5 km
Zürich
Winterthur
Uster
Dübendorf
Wetzikon
Meilen
Horgen
Hinwil
Bülach
Dielsdorf
Affoltern
Andelfingen
Pfäffikon
Zollikon
Küsnacht
Herrliberg
Egg
Thalwil
Adliswil
Kilchberg
Rüschlikon
Stäfa
Rüti
Bubikon
Grüningen
Hombrechtikon
Männedorf
Oetwil a.S.
Uetikon a.S.
Meilen
Wädenswil
Hirzel
Schönenberg
Richterswil
Hütten
Langnau a.A.
Oberrieden
Wallisellen
Wangen-Brüttisellen
Bassersdorf
Kloten
Opfikon
Schlieren
Oberengstringen
Unterengstringen
Weiningen
Dällikon
Hüttikon
Dänikon
Regensdorf
Buchs
Niederhasli
Oberglatt
Bachs
Höri
Hochfelden
Rorbas
Eglisau
Glattfelden
Weiach
Rafz
Wil
Flaach
Volken
Berg a.I.
Hemishofen
Stein a.Rh.
Ramsen
Buch a.I.
Trüllikon
Rheinau
Marthalen
Flurlingen
Dachsen
Feuerthalen
Benken
Andelfingen
Thalheim a.d.Th.
Ellikon a.d.Th.
Dorf
Henggart
Ossingen
Truttikon
Trüllikon
Adlikon
Volketswil
Schwerzenbach
Bassersdorf
Nürensdorf
Brüttisellen
Dietlikon
Wangen
Lufingen
Embrach
Rorbas
Freienstein
Teufen
Bülach
Winkel
Eglisau
Hüntwangen
Wil
Rafz
Wasterkingen
Hüntwangen
Wil
Rorbas
Freienstein
Teufen
Embrach
Lufing

# Meliorationen

Im Gegensatz zu früheren Meliorationen, welche vor allem eine rationellere Bewirtschaftung und gesteigerte Produktion zum Ziel hatten, gehen heute entsprechende Projekte von den bestehenden Landschaftselementen (Wegnetze, Gewässer usw.) aus und beinhalten naturschützerische Massnahmen. Die landschaftspflegerische Begleitplanung spielt dabei eine zunehmend wichtigere Rolle. Sie hat zum Ziel, Naturräume zu erhalten und wo immer möglich zu erweitern sowie voneinander getrennte Naturräume durch gezielte Landumlegungen zu vernetzen.

*Vergleich zwischen einem Wegnetz einer Melioration aus dem Anfang des Jahrhunderts (oben) und einem vor wenigen Jahren neuangelegten Weg*

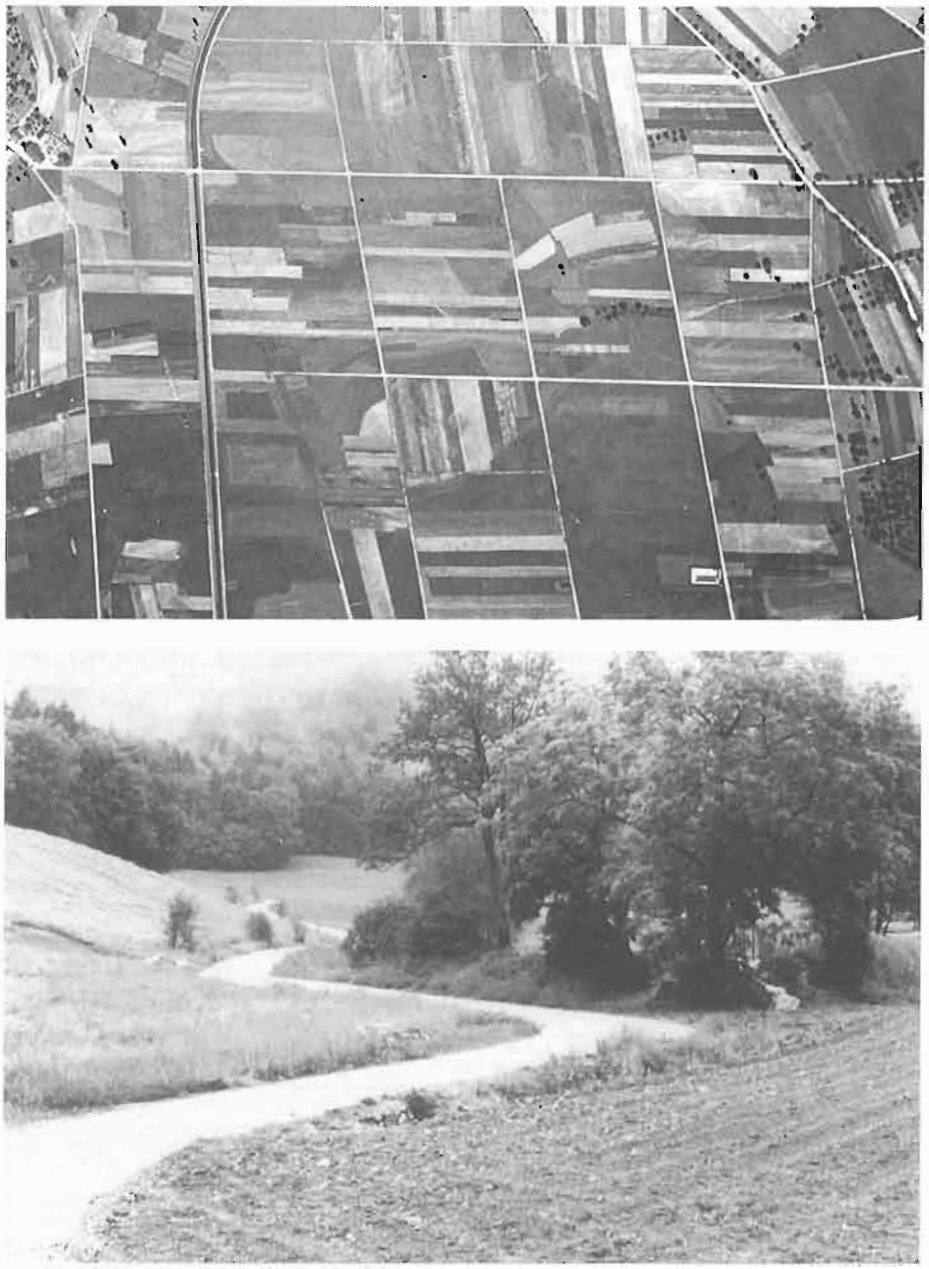


Abb. 14 Quelle: Meliorations- und Vermessungsamt des Kantons Zürich/U. Müller

# Meliorationen

Wertvolle naturnahe Gebiete können der öffentlichen Hand oder interessierten Grundeigentümern zugeteilt werden. Neuangelegte Pufferzonen sorgen für einen sanften Übergang zwischen geschützten und stark genutzten Gebieten (z. B. Wald – Feld).

Bei neueren Projekten beschränken sich Landentwässerungen mittels Drainagen

- auf landwirtschaftliche Nutzflächen, die sich zur Erhaltung von Fruchtfolgeflächen und guten Futterbauböden eignen,
- auf die Verbesserung strukturschwacher, verdichteter oder rutschgefährdeter Böden
- und auf die selektive Behebung von Vernässungen, wenn diese eine durchgehende Bewirtschaftung erschweren.

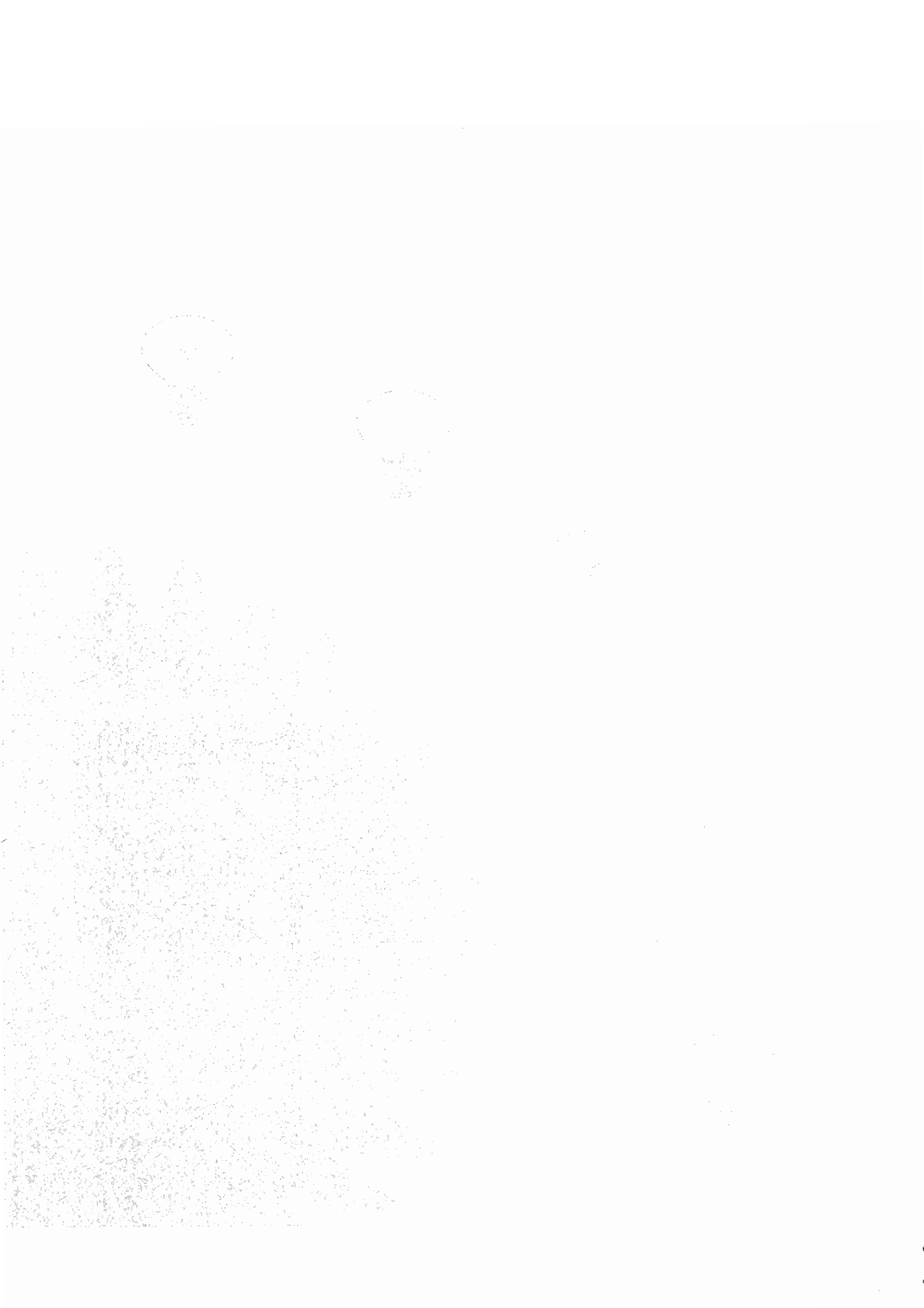
Schutzzonen (Grundwasser-, Quellwasser- und Naturschutz) sollen dabei nicht negativ beeinflusst werden.

*Vergleich zweier 1960 bzw. 1971 abgelehnter und daraufhin neu überarbeiteteter Meliorationsprojekte*

| **Russikon** | **Abgelehntes Projekt 1960** | **Neues Vorprojekt** |
|---|---|---|
| Perimeter (ohne Wald) | 938 ha | 749 ha |
| Feldwege: | | |
| neue | 53 km | 19 km |
| zu verbessernde | 15 km | 16 km |
| Entwässerungen | 52 ha | 32 ha |
| Eindolungen | 15'260 m | 280 m |
| Ausdolungen | 0 m | 1'270 m |
| Revitalisierungen | 0 m | 2'030 m |

| **Wildberg** | **Abgelehntes Projekt 1971** | **Neues Vorprojekt** |
|---|---|---|
| Perimeter (ohne Wald) | 740 ha | 721 ha |
| Feldwege: | | |
| neue | 45 km | 19 km |
| zu verbessernde | 10 km | 22 km |
| Entwässerungen | 108 ha | 44 ha |
| Eindolungen | 2'800 m | 100 m |
| Ausdolungen | 0 m | 260 m |

Tab. 2 Quelle: Meliorations- und Vermessungsamt des Kantons Zürich



# Gesamtenergieverbrauch

**Entwicklung des Endenergieverbrauchs in der Schweiz**

Noch in den 30er und 40er Jahren deckte die Schweiz ihren Energiebedarf zum grossen Teil mit Kohle. In den 60er Jahren ging der Kohleverbrauch stark zurück, während sich gleichzeitig der Erdölkonsum verdreifachte. Wegen des hohen Zuwachses der Stromnachfrage und der nur noch begrenzten Ausbaumöglichkeiten der Wasserkraftwerke wurden zudem thermische Kraftwerke notwendig. Das erste Kernkraftwerk (Beznau I) nahm 1969 den Betrieb auf. Mit der Erdölkrise von 1973 veränderte sich die einseitige Ausrichtung auf den Energieträger Öl. Das Wachstum des Endenergieverbrauchs verlangsamte sich vorübergehend.

*Endenergieverbrauch in der Schweiz 1930 – 1991 nach Energieträgern*

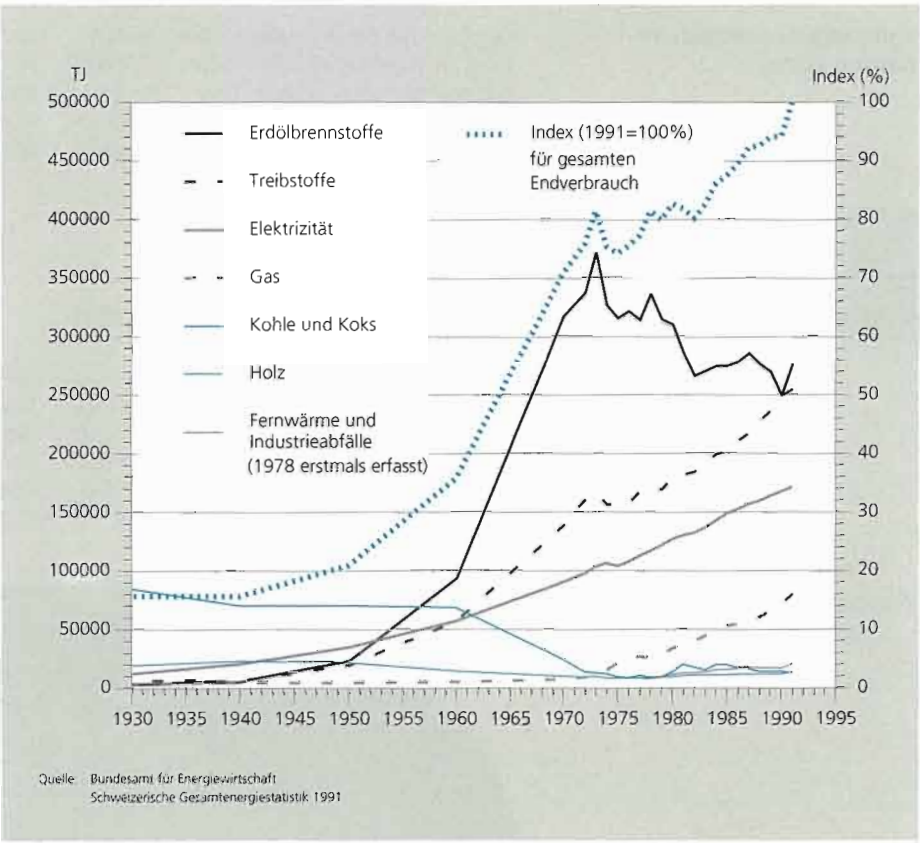



Abb. 15

*Verlauf der jährlichen prozentualen Verbrauchszu- bzw. -abnahme von fossilen Energieträgern und Elektrizität in der Schweiz 1950 – 1991*

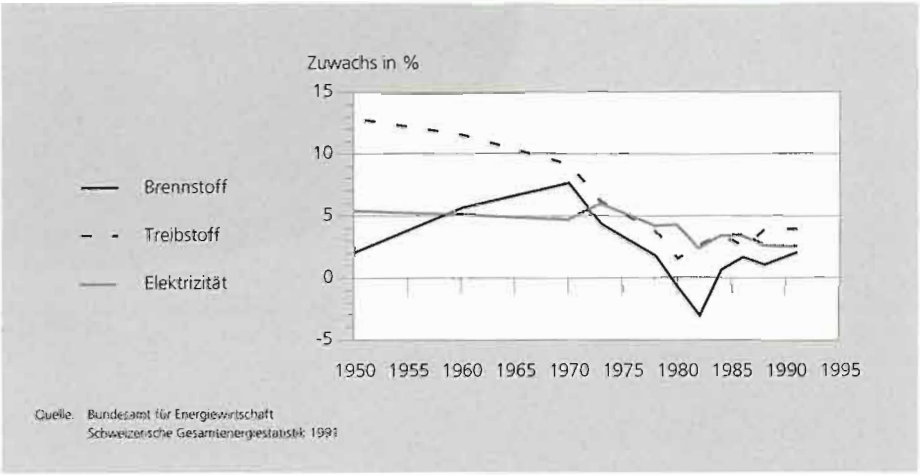



Abb. 16

## Gesamtenergieverbrauch

**Zuwachsraten des Endenergieverbrauchs**

Von 1960 bis 1973 nahm der schweizerische Endenergieverbrauch jährlich um durchschnittlich 6,5 % zu und wies damit eine bedeutend höhere Wachstumsrate auf als das reale Bruttoinlandprodukt (BIP) mit 4,4 % pro Jahr. Die Energiepreissteigerung der 70er Jahre wie auch die damit zusammenhängenden rezessiven Wirtschaftsphasen 1974/1975 und 1982 reduzierten die jährliche Zuwachsrate des gesamten Endenergieverbrauchs von 1973 bis Mitte der 80er Jahre auf durchschnittlich 0,6 % (BIP = 0,7 %). 1985 bis 1991 lag diese jährliche Zunahme bei durchschnittlich 2,2 % (BIP = 2,2 %).

**Endenergieverbrauch im Kanton Zürich**

Der gesamte Endenergieverbrauch im Kanton Zürich betrug im Jahr 1991 rund 37'800 Gigawattstunden (GWh; bzw. 136 Petajoule). Dies entspricht rund 3,2 Millionen Tonnen Heizöl. Die fossilen Energieträger Öl und Gas decken rund drei Viertel des gesamten Endenergieverbrauchs. Die Anteile von Kohle und Holz am Energieverbrauch des Kantons Zürich liegen deutlich unter dem schweizerischen Durchschnitt.

## Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen

Annähernd 50 % der Gesamtenergie wird im Kanton Zürich für Gebäudeheizung, Warmwasseraufbereitung und Beleuchtung verbraucht. Über 30 % werden für den Verkehr und 20 % für Prozesse in Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft verwendet. In den vergangenen Jahren nahm der prozentuale Anteil des Verkehrs am Gesamtenergieverbrauch ständig zu, während der Anteil für Gebäudeheizung, Warmwasser und Beleuchtung etwa im gleichen Verhältnis zurückging.

*Energieverbrauch im Kanton Zürich nach Verbrauchergruppen 1990*

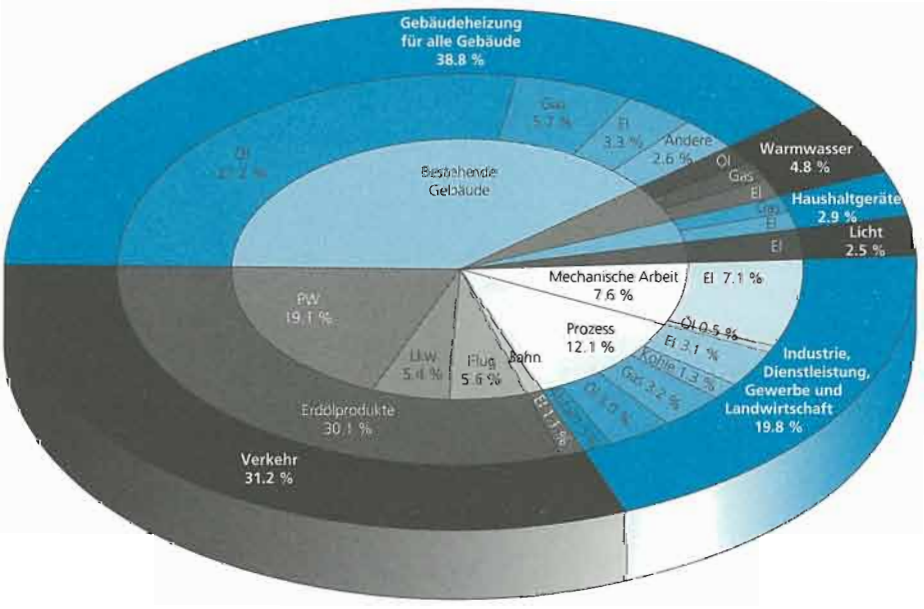
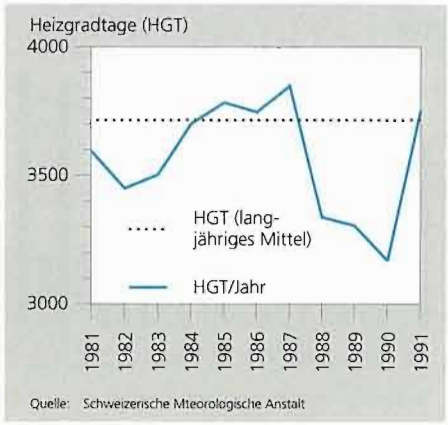



Abb. 17

Quelle: Bundesamt für Energiewirtschaft: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1991
Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich

# Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen

## Klimatische Einflüsse




*Zahl der Heizgradtage (HGT) im Kanton Zürich 1981 – 1991*

Abb. 18

Der Heizenergieverbrauch ist in hohem Masse von den jährlichen klimatischen Schwankungen abhängig. Zur besseren Vergleichbarkeit des jährlichen Verbrauchs kann der Heizenergiebedarf unter Berücksichtigung der Zahl der Heizgradtage (HGT, vgl. Glossar) bereinigt werden. Dabei gibt die Zahl der Heizgradtage Auskunft über die Dauer und die Intensität einer Heizperiode. Ein klimatisch durchschnittliches Jahr weist im Kanton Zürich rund 3700 Heizgradtage auf.

## Brennstoffverbrauch im Gebäudebereich

Das Jahr 1991 verzeichnete 18,5 % mehr Heizgradtage als das Vorjahr. Die entsprechende Verbrauchszunahme betrug 12,8 % beim Heizöl und 9,6 % beim Gas. Der vergleichsweise stärkere Anstieg des Ölverbrauchs gegenüber dem Gasverbrauch liegt darin begründet, dass 1991 wegen der zahlreichen Tage mit grosser Kälte viele Zweistoffverbraucher (Öl und Gas) durchschnittlich lange auf Öl umschalten mussten. Dank energetischer Sanierungen bestehender Bauten sowie verschärfter Wärmedämmvorschriften für Neubauten veränderte sich der witterungsbereinigte Brennstoffverbrauch pro Kopf der Bevölkerung seit 1970 kaum, obwohl die Wohnfläche pro Einwohner in derselben Zeit um rund die Hälfte zunahm.

*Entwicklung der Energiebezugsfläche (EBF) pro Kopf der Bevölkerung sowie des Brennstoffverbrauchs pro Kopf der Bevölkerung im Kanton Zürich 1970 – 1991*

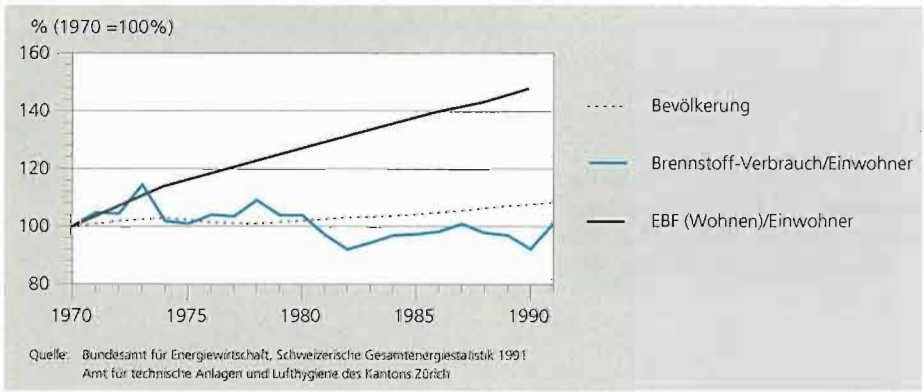



Abb. 19

## Energieverbrauch des Verkehrs

Im Vergleich zur Entwicklung des Fahrzeugbestandes (vgl. Seite 60) hat der Treibstoffverbrauch noch stärker zugenommen. Der Benzinverbrauch stieg in den 80er Jahren um mehr als einen Drittel. Dieselöl und Flugtreibstoffe verzeichneten gar eine Verbrauchszunahme von über 45 %. 1991 betrug der Mehrverbrauch an Treibstoffen gesamtschweizerisch erneut 2,4 %, während der Verbrauch an Flugtreibstoff um 3,1 % zurückging (Golfkrieg).

Aufgrund technischer Entwicklungen verbrauchen moderne Motoren heute grundsätzlich weniger Treibstoff als noch vor wenigen Jahren. Dennoch hat der Treibstoffverbrauch weiter zugenommen. Die Gründe dafür sind bei der Verlagerung zu schwereren Fahrzeugen und stärkeren Motoren sowie einer generellen Zunahme der Verkehrsleistung zu suchen. So hat allein im Zeitraum 1985 – 1989 die Zahl der mit privaten Motorfahrzeugen zurückgelegten Personenkilometer gesamtschweizerisch um 25 % zugenommen.

## Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen

*Entwicklung des Treibstoffverbrauchs in der Schweiz 1980 – 1991*

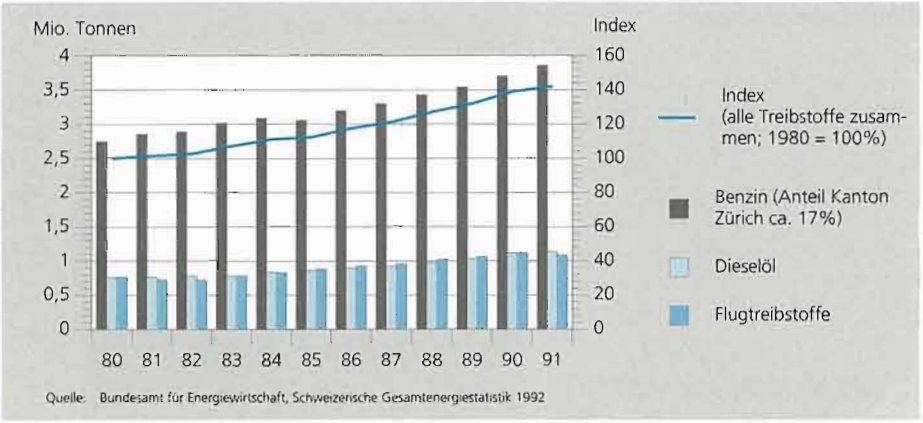



Abb. 20

**Prozessenergieverbrauch**

*Energieverbrauch in Industrie, Gewerbe, Dienstleistung und Landwirtschaft sowie Verbrauch an Prozessenergie in der Schweiz 1991*

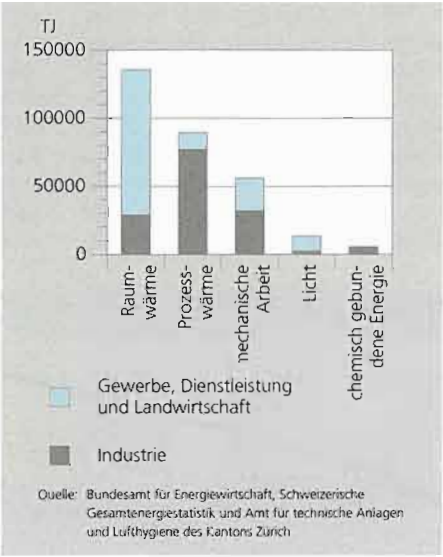



Abb. 21

Die Industrie in der Schweiz beanspruchte im Jahr 1950 für Raum- und Prozesswärme, mechanische Arbeit, chemisch gebundene Energie und Licht rund 53'000 Terajoule (TJ) oder 30 % des schweizerischen Endenergiebedarfs. Seit 1950 nahm der prozentuale Anteil der Industrie am Gesamtenergieverbrauch laufend ab und liegt heute noch bei 19 % oder 146'000 TJ. Das Gewerbe wird erst seit 1968 in einer Gruppe zusammen mit Dienstleistungen und Landwirtschaft statistisch erfasst. Der Verbrauchsanteil dieser Gruppe am Gesamtenergieverbrauch liegt seit 1968 bei 20 %, wobei der aktuelle Bedarf dieser Gruppe für Raum- und Prozesswärme, mechanische Arbeit und Licht bei 154'000 TJ liegt.

# Endenergieverbrauch und Schadstoffemissionen

**Emission von Luftschadstoffen**

Bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen wie Öl, Gas, Kohle und Holz (vgl. Seite 128) entstehen Luftschadstoffe wie Stickoxide($NO_X$), Kohlenwasserstoffe (VOC), Kohlenmonoxid (CO) und Schwefeldioxid ($SO_2$). Da Verbrennungsprozesse mehr oder weniger optimiert und mittels technischer Massnahmen die Schadstoffemissionen beträchtlich reduziert werden können, besteht kein linearer Zusammenhang zwischen der verbrauchten Energiemenge und den ausgestossenen Schadstoffen; zu denken ist dabei etwa an die Reduktion des Schwefelgehalts von Heizöl extraleicht (EL), an die Einführung von Katalysatoren oder an die Low-$NO_X$-Technik bei Heizanlagen.

## Endenergieverbrauch und Schadstoffemissionen

**Emission von Kohlendioxid ($CO_2$)**

Ausser den Luftschadstoffen entsteht bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen (vgl. Seite 97) vor allem auch das Treibhausgas Kohlendioxid ($CO_2$). Im Gegensatz zur Schadstoffemission verhält sich der $CO_2$-Ausstoss prozessbedingt direkt proportional zur Menge der verbrannten Brennstoffe, denn die aus der Verbrennung zu gewinnende Wärmeenergie entsteht bei der Umwandlung der in den Brennstoffen enthaltenen Kohlenstoffatomen (C) mittels Bindung an Sauerstoff ($O_2$) zu $CO_2$. Entsprechend kann der Ausstoss von $CO_2$ durch keine technischen Massnahmen, sondern einzig durch die Reduktion des Verbrauchs fossiler Brennstoffe vermindert werden. Die fossilen Brennstoffe Öl (Heizöl, Benzin, Diesel, Flugpetrol), Gas und Kohle decken 77,6% des kantonalen Endenergiebedarfs; durch deren Verbrennung werden jährlich rund 7 Millionen Tonnen $CO_2$ ausgestossen.

**Holz als erneuerbarer Energieträger**

Eine Sonderstellung bezüglich der Produktion von $CO_2$ nimmt die Holzverbrennung ein. Holz, eine Form von Biomasse, entsteht in der Natur im Prozess der Photosynthese, durch die mit Hilfe des Sonnenlichts $CO_2$ aus der Luft zu Biomasse gebunden wird. Dieselbe Menge $CO_2$, die für das Wachstum benötigt wurde, wird bei der Verbrennung des Holzes wieder frei, gleichviel im übrigen, wie auch bei der Verrottung des Holzes anfiele. Dieses $CO_2$-Gleichgewicht herrscht allerdings nur bei der Verbrennung von Holz aus einer durch gezielte Durchforstung und Verjüngung ausgeglichenen Waldnutzung. Ein vergleichbarer Stoffkreislauf findet bei den fossilen Energieträgern nicht statt, da der Verbrauch dieser Rohstoffe durch die Menschen in weit kürzerer Zeit erfolgt als ihre Bildung in der Natur, welche Jahrmillionen gedauert hat.

*Durch den Verbrauch fossiler Brennstoffe fallen im Kanton Zürich jährlich rund 7 Millionen Tonnen treibhauswirksames Kohlendioxid ($CO_2$) an. Die technischen Reinigungsmassnahmen beeinflussen den $CO_2$-Ausstoss in keiner Weise. Hingegen können bei einer Verbrauchsreduktion von fossilen Energien sowohl der $CO_2$-Ausstoss wie auch die Emission von Luftschadstoffen (Stickoxide, Schwefeldioxid, Kohlenwasserstoffe) reduziert werden.*

# Massnahmen

## Wärmedämmung

Unter dem Eindruck der Ölkrise setzte in den 70er Jahren eine umfassende Diskussion um Wärmedämmvorschriften für beheizte Bauten und über Abgasvorschriften für Heizkessel ein. 1978 erliess der Kanton Zürich erstmals Empfehlungen für minimale Wärmedämmstärken. Diese wurden 1981 durch die ersten Wärmedämmvorschriften abgelöst und seither sukzessive verschärft. Seit 1991 muss für grössere Neubauten ein Nachweis des flächenspezifischen Heizenergiebedarfs erbracht werden; auch für Umbauten sind heute einschlägige Vorschriften in Kraft.

## Breites Spektrum von Massnahmen

Gestützt auf das Planungs- und Baugesetz wurden im Kanton Zürich 1980 Abgasverlustgrenzwerte für Heizkessel erlassen und aufgrund des Energiegesetzes (1986) und der Luftreinhalteverordnung (1992) verschärft. Das Energiegesetz löste 1986 weitere Vorschriften zu haustechnischen Anlagen aus. So müssen seither Lüftungs- und Klimaanlagen mit Wärmerückgewinnung ausgerüstet sein, und für die Installation von Klimaanlagen ist ein Bedarfsnachweis erforderlich. Im weiteren wurde die Beheizung von Freibädern eingeschränkt, die Vorlauftemperaturen für Heizung und Warmwasser im Hinblick auf den Einsatz von Wärmepumpen limitiert und die verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung für Neubauten eingeführt. Um den Elektrizitätsverbrauch in Lüftungsanlagen zu senken, wurden 1991 zusätzlich die Strömungsgeschwindigkeiten beschränkt und für Gebäude mit Kühlräumen und ganzjährigem Warmwasserbedarf die gebäudeinterne Nutzung von Abwärme vorgeschrieben. Aufgrund des eidgenössischen Energienutzungsbeschlusses müssen ab 1998 auch die bestehenden Bauten ab 5 Wärmebezügern die Heizkosten verbrauchsabhängig abrechnen.

## Wirkung von Massnahmen

Die Wirkung der Energievorschriften zeigt sich in der Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs von Wohnbauten: die neueren Gebäude weisen klar günstigere Werte aus. Allerdings dürfen diese Verbesserungen nicht allein den entsprechenden Vorschriften zugerechnet werden. Ebenso bedeutungsvoll ist die allgemeine Bewusstseinsänderung was die Verfügbarkeit von Energie und die lufthygienischen Folgen des übermässigen Verbrauchs betrifft. Diese Bewusstseinsänderung und die Änderung des Rechts haben auch in den Normen der massgeblichen Berufsverbände (z. B. Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein SIA) ihren Niederschlag gefunden.

*Durchschnittliche Energiekennzahlen (jährlicher Energiebedarf pro m² Bruttogeschossfläche) von ölbeheizten Wohnbauten (inkl. Warmwasser) im Kanton Zürich in Abhängigkeit vom Erstellungsjahr (Stand 1991)*




Abb. 22

# Massnahmen

**Nutzung erneuerbarer Energieressourcen**

Um gravierende klimatische Langzeitfolgen zu vermeiden, muss der Ausstoss an Treibhausgasen und damit der Energieverbrauch stark reduziert werden. Für Kohlendioxid, das wichtigste der Treibhausgase, fordert die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages eine Reduktion des jährlichen Ausstosses auf eine Tonne pro Person bis ins Jahr 2050. Für den Kanton Zürich würde dies eine Reduktion auf einen Siebtel des heutigen Verbrauchs an fossilen Energieträgern bedeuten. Eine Verbrauchsreduktion in diesem Ausmass kann durch eine blosse Verschärfung bisheriger Vorschriften niemals erreicht werden. Neben der Ausschöpfung aller technischen Massnahmen zur rationel-

| | Bemerkungen (siehe unten) | Heutige Nutzung PJ | GWh | Zusätzlich mögliche Nutzung PJ | GWh | Kosten Fr./MWh | Total PJ | GWh |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ELEKTRIZITÄTSPRODUKTION** | | | | | | | | |
| Flusskraftwerke (>1000BkW) | 1 | 1.9 | 530 | 0.3 | 80 | 70–250 | 2.3 | 610 |
| Kehrichtverbrennungsanlagen | 2 | 0.6 | 160 | 0.8 | 220 | 70–100 | 1.4 | 380 |
| Photovoltaik | 3 | ..... | <1 | 2.0 | 560 | 500–1000 | 2.0 | 560 |
| Biomasse (Biogas und Klärgas) | 3 | 0.03 | 10 | 0.2 | 60 | 50–300 | 0.2 | 60 |
| Kleinwasserkraftwerke (<1000 BkW) | 1 | 0.1 | 20 | 0.1 | 30 | 150–300 | 0.2 | 50 |
| **Total** | | **2.6** | **710** | **3.4** | **950** | | **6.1** | **1660** |
| **Anteil am kantonalen Elektrizitätsverbrauch** | | **9.7%** | | **13.0%** | | | **22.7%** | |
| **WÄRMEPRODUKTION** | | | | | | | | |
| Umgebungswärme (Wärmepumpen) *) | 4 | 0.4 | 110 | 6.8 | 1890 | 100–150 | 7.2 | 2000 |
| Kehrichtverbrennungsanlagen | 2 | 1.9 | 530 | 3.4 | 930 | 80–90 | 5.3 | 1460 |
| Wärme aus Oberflächengewässern | 5 | – | – | (5.0) | (1400) | 70–150 | (5.0) | (1400) |
| Altholz | 6 | – | – | 1.2 | 320 | 40–50 | 1.2 | 320 |
| Holz | 7 | 0.8 | 230 | 0.8 | 230 | 70–80 | 1.6 | 460 |
| Abwärmenutzung Abwasserreinigungsanl. | 8 | – | – | 1.0 | 280 | 100–140 | 1.0 | 280 |
| Sonnenkollektoren | 3 | 0.03 | 10 | 0.3 | 80 | 50–250 | 0.3 | 90 |
| Biomasse (Biogas und Klärgas) | 3 | – | – | 0.1 | 35 | 100–200 | 0.1 | 35 |
| Betriebsexterne Abwärmenutzung aus Industrie und Gewerbe | 9 | – | – | – | – | 50–150 | – | – |
| **Total** | | **3.1** | **880** | **18.6** | **5140** | | **21.6** | **6260** |
| **Anteil am kantonalen Wärmeverbrauch** | | **5.0%** | | **29.5%** | | | **34.3%** | |

*Potential und Kosten erneuerbarer Energien im Kanton Zürich* Tab. 3

**Bemerkungen**

*) ohne Oberflächengewässer

1 Die Kleinwasserkraftwerke könnten heute 25 GWh pro Jahr erzeugen, die tatsächlich laufenden Werke erzeugen 20 GWh. Ein Ausbau auf 50 GWh wäre möglich, sofern das Restwasserproblem ausgeklammert würde.

2 Berechnungen des ATAL aufgrund von Ausbauplänen der verschiedenen Kehrichtverbrennungsanlagen.

3 Diese Daten beziehen sich auf das aus der Sicht der eidgenössischen Expertengruppe «Energieszenarien» (EGES) realisierbare Potential. Das technisch nutzbare Potential liegt um einen Faktor 10 höher.

4 Berechnungen des ATAL mit der Annahme, dass 30% aller Wohnbauten mit einer bivalenten Wärmepumpenheizung ausgerüstet würden.

5 Berechnung des ATAL. Die aufgeführte Wärmemenge bezieht sich auf das technisch nutzbare Potential. Das realisierbare Potential liegt einiges tiefer, da im wirtschaftlichen Einzugsgebiet der Seen nicht genügend Wärmeverbraucher liegen.

6 Altholzkonzept für den Kanton Zürich.

7 Aus Energieholzkarte 1989 (Oberforstdirektion und ATAL).

8 Berechnungen des ATAL.

9 Nicht abschätzbar, da nur Wärmelieferanten in Frage kommen, welche auch langfristige Lieferverträge anbieten können.

– Keine Angaben vorhanden

## Massnahmen

leren Energienutzung müssen dazu vielmehr auch die «regional» verfügbaren Ressourcen an erneuerbaren Energien genutzt werden. Erste Schritte zur Nutzung solcher Energien lassen sich auf kantonaler Ebene kurzfristig realisieren. So soll eine Änderung des Energiegesetzes unter anderem die Subventionierung von Wärmenetzen ermöglichen, über die, von Gemeinden erstellt bzw. betrieben, Umgebungs-, Abwärme- und erneuerbare Energien zentral und damit wirtschaftlich genutzt werden können. Mit solchen Systemen liessen sich bis 2010 einige Prozente des heutigen Bedarfs an fossilen Brennstoffen ersetzen. Globale Steuerungen des Konsumverhaltens und innovative technische Entwicklungen erfordern mittel- und langfristig den Einsatz von Lenkungsabgaben wie der $CO_2$-Abgabe.

*Heute nimmt der Verbrauch fossiler Energien in der Schweiz jährlich noch rund zwei Prozent zu. Damit werden nicht einmal die Zielsetzungen des eidgenössischen Programms «Energie 2000» annähernd erfüllt. Zur Vermeidung klimatischer Langzeitfolgen durch den Energieverbrauch sind jedoch weit rigorosere Zielsetzungen und Massnahmen notwendig. Neben den Bemühungen um eine rationelle Energienutzung ist vor allem ein möglichst weitgehender Ersatz fossiler Brennstoffe durch erneuerbare Energien zu fördern. Dem stehen im Moment noch die höheren Kosten dieser Alternativen im Vergleich zu den fossilen Energieträgern Öl und Gas entgegen. Es sind daher Wege zu finden, diese Mehrkosten im Interesse einer Reduktion der Umweltschädigung zu finanzieren. Der Einbezug der Umweltschäden in die Energiekosten zur Erreichung einer Verbrauchsreduktion ist allerdings nur denkbar und sinnvoll, wenn international ähnliche Anstrengungen unternommen werden. Dazu eignet sich eine $CO_2$-Abgabe, wie sie auf eidgenössischer und EG-Ebene diskutiert wird.*

# Verkehrsflächen

Für den Strassen-, Bahn- und Flugverkehr steht im Kanton Zürich insgesamt ein Areal von rund 10'000 Hektaren zur Verfügung. Dies entspricht 6 % der gesamten Kantonsfläche oder der Hälfte der Fläche, welche für Gebäude, Gebäudeumschwung und Grünflächen in Siedlungen beansprucht wird. Besonders flächenintensiv ist der Strassenverkehr. Mit 86 % der gesamten Verkehrsfläche beansprucht er annähernd elfmal mehr Flächen als der Bahnverkehr. Die wenigen Anlagen, die dem zivilen und militärischen Flugverkehr dienen, beanspruchen rund 65 % der für den Bahnverkehr benötigten Fläche.

Auch wenn ein Fahrzeug nicht bewegt wird, hat es einen Flächenbedarf von einigen Quadratmetern. Mit zunehmendem Fahrzeugbestand stieg dieser Flächenbedarf für den ruhenden Motorfahrzeugverkehr zwischen 1970 und 1991 um 83 % und beträgt heute schätzungsweise 786 Hektaren.

*Verkehrsflächen im Kanton Zürich*

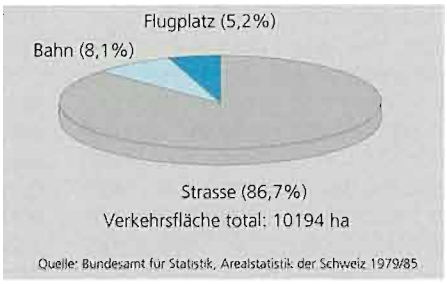



Abb. 23

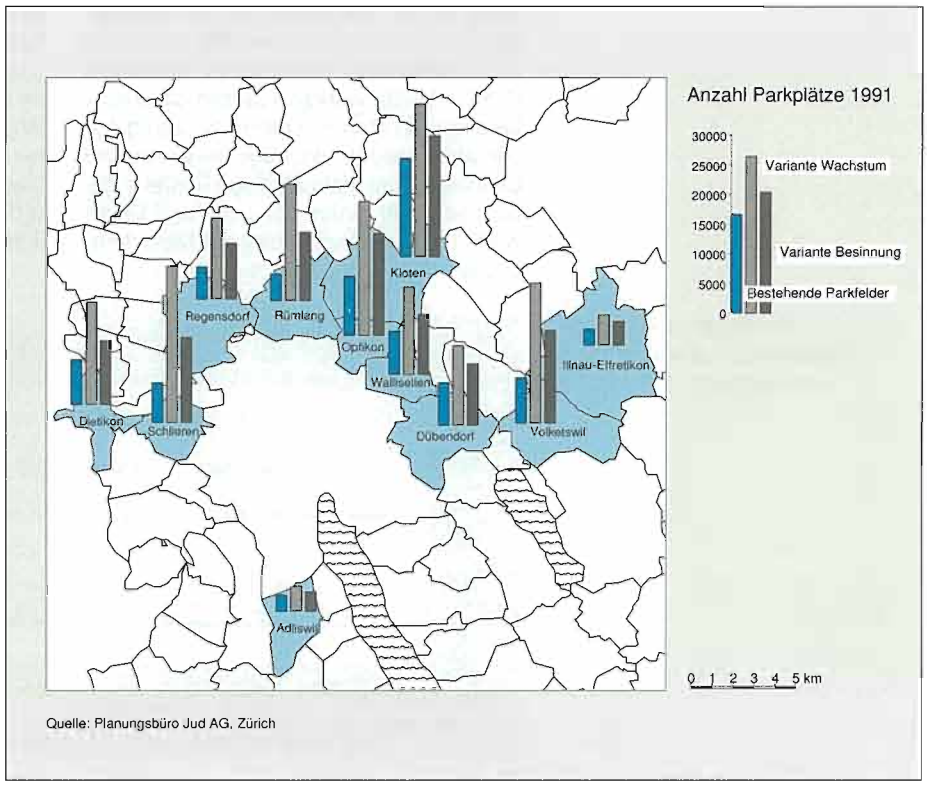
## National- und Staatsstrassennetz

Ende 1991 standen kantonsweit 114,8 km Nationalstrassen in Betrieb. Bis zum geplanten Vollausbau werden weitere 39,8 km hinzukommen. Das Staatsstrassennetz wies 1991 eine Länge von 1624 km auf. Dieses Grundangebot an Strassenverkehrsverbindungen wird sich nur noch in geringem Masse ausdehnen. Nicht enthalten in diesen Zahlen sind die kommunalen Strassen, welche flächenmässig den grössten Anteil ausmachen.

## Parkierung

In den Gemeinden der Agglomeration Zürich steht mindestens jedem zweiten Beschäftigten ein Parkplatz am Arbeitsort zur Verfügung, in einzelnen stadtnahen Gemeinden gibt es praktisch einen Parkplatz pro Beschäftigten. Ein besonders grosses

*Angebot und Potential an privaten Parkplätzen für Beschäftigte sowie für Besucher und Kunden von Industrie-, Gewerbe-, Dienstleistungs- und Verkaufsbetrieben für zwei mögliche Entwicklungsvarianten 1991*




Karte 12

## Verkehrsflächen

Parkplatzangebot besteht in der Umgebung des Flughafens in den Gemeinden Opfikon (10'000) und Kloten (16'500), wobei in Kloten allein für den Flughafen 12'250 Parkplätze zur Verfügung stehen.

Die heutigen Bau- und Zonenordnungen vieler Gemeinden ziehen nach wie vor ein erhebliches Wachstum des privaten Parkplatzangebotes nach sich. Dieses Parkplatzpotential wurde im Rahmen der Massnahmenplanung Lufthygiene abgeschätzt und ist in Karte 12 für 11 stadtnahe Gemeinden dargestellt. Werden die bestehenden Möglichkeiten maximal ausgeschöpft (Variante «Wachstum»), so könnte die Parkplatzzahl (private Beschäftigten-, Besucher- und Kundenparkplätze) in allen Gemeinden in den nächsten 15 Jahren nochmals um mindestens die Hälfte erhöht, in einem Grossteil der Gemeinden aber verdoppelt oder vereinzelt sogar verdreifacht werden. Setzt sich dagegen eine neue Werthaltung durch, welche den Umweltschutz stärker gewichtet (Variante «Besinnung») und kommt es dabei zu einer starken Förderung des öffentlichen Verkehrs, so ist immer noch mit einer Zunahme von einem Drittel bis um die Hälfte zu rechnen. Kantonsweit beträgt das Parkplatzpotential für die Variante «Wachstum» 400'000, für die Variante «Besinnung» 190'000 Parkplätze.

Parkplätze beanspruchen nicht nur grosse Flächen, sie sind indirekt auch 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 15 km werden dadurch pro Parkplatz jährlich rund 10 kg Stickoxide ($NO_x$) an die Luft abgegeben, etwa gleich viel wie eine technisch optimierte Heizung eines durchschnittlichen Einfamilienhauses in drei bis vier Jahren.

## Motorisierung

Über eine halbe Million Personenwagen sowie 18'000 Lastwagen, 31'000 Lieferwagen und 1550 Busse waren 1991 im Kanton Zürich eingelöst. Innert eines Jahrzehnts (1980 – 1990), während dessen das Bevölkerungswachstum nur rund 5 % betrug, hat die Zahl der Motorfahrzeuge (Personen- und Lastwagen) um mehr als einen Viertel zugenommen. Der Anteil der Last- und Lieferwagen an der Gesamtflotte der Motorfahrzeuge beträgt heute 8,5 %.

Mit diesem markanten Zuwachs an Motorfahrzeugen in den 80er Jahren erhöhte sich auch die Verfügbarkeit von Personenwagen pro Person: Teilten sich 1980 im Durchschnitt noch 2,75 Personen einen PW, so waren es 1990 nur noch 2,25 Personen. Insbesondere in den Gebieten nahe der Stadt Zürich sowie in Kantonsrandgebieten trifft es heute gar einen PW auf weniger als 2 Personen.

*Motorfahrzeugbestand im Vergleich zur Bevölkerungsentwicklung 1980 – 1990*

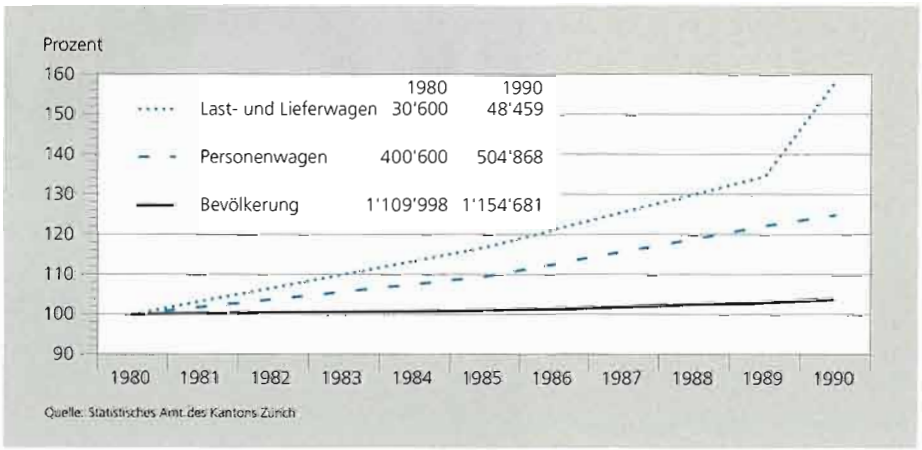
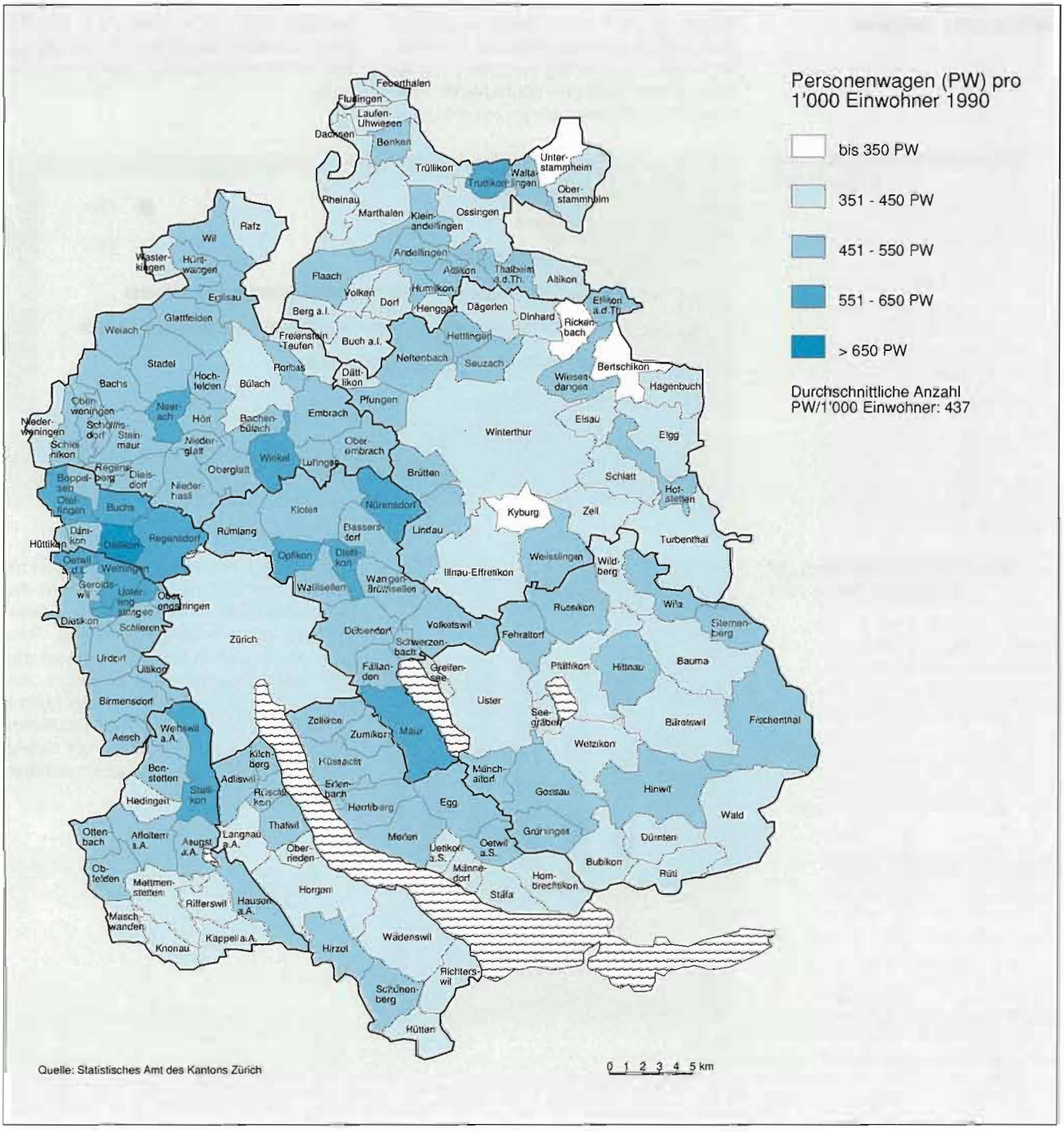



Abb. 24

# Motorisierung




*Motorisierungsgrad (Personenwagen pro 1000 Einwohner) 1990* Karte 13

# Motorisierung

**Katalysator / Hubraum**

Neben der markanten Zunahme hat sich auch die Zusammensetzung des Fahrzeugbestandes augenfällig verändert. In den 80er 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.

*Personenwagen nach Hubraum 1979 und 1991*

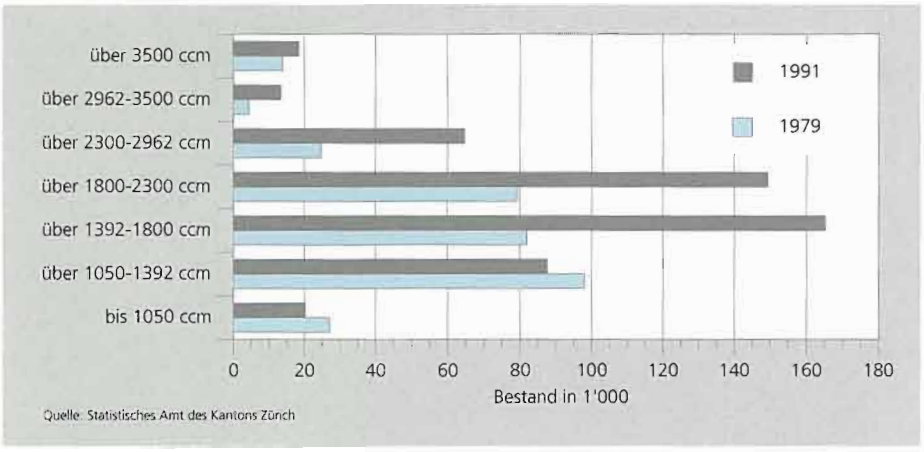



Abb. 25

*Anteil der Personenwagen mit Katalysator 1987 – 1991*

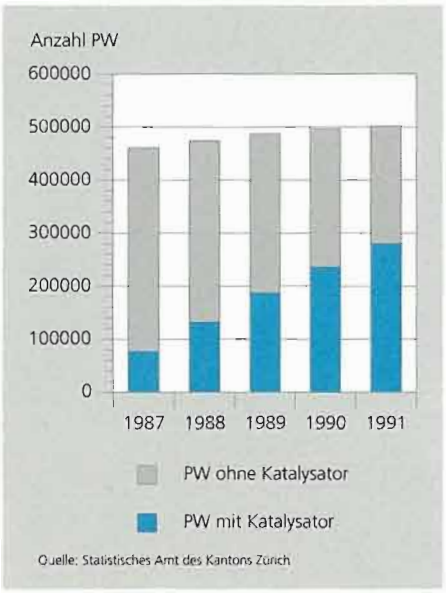



Abb. 26

Im Hinblick auf die Realisierung von lufthygienischen Massnahmen interessiert insbesondere auch, wieviele Personenwagen mit Katalysatoren ausgerüstet sind. Trotz einer relativ raschen Einführung waren dies 1991 erst knapp mehr als die Hälfte aller PW. Damit dürfte sich die ursprüngliche Annahme bestätigen, dass die vollständige Umstellung des Fahrzeugparks auf Katalysatoren rund 10 Jahre in Anspruch nehmen wird.

# Verkehrsbelastung

## Verkehrsströme

*Tägliches Verkehrsaufkommen auf der Autobahnumfahrung Winterthur 1981 und 1991 jeweils Ende Oktober*

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, auf denen die Tagesfrequenzen gegenüber den Hauptstrassen bis auf das Vierfache steigen. Die Einfallsachsen zur Stadt verfügen über ausgeprägte Verkehrsspitzen des Arbeitsverkehrs 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 während des ganzen Tages hohe Verkehrsbelastungen vorkommen.

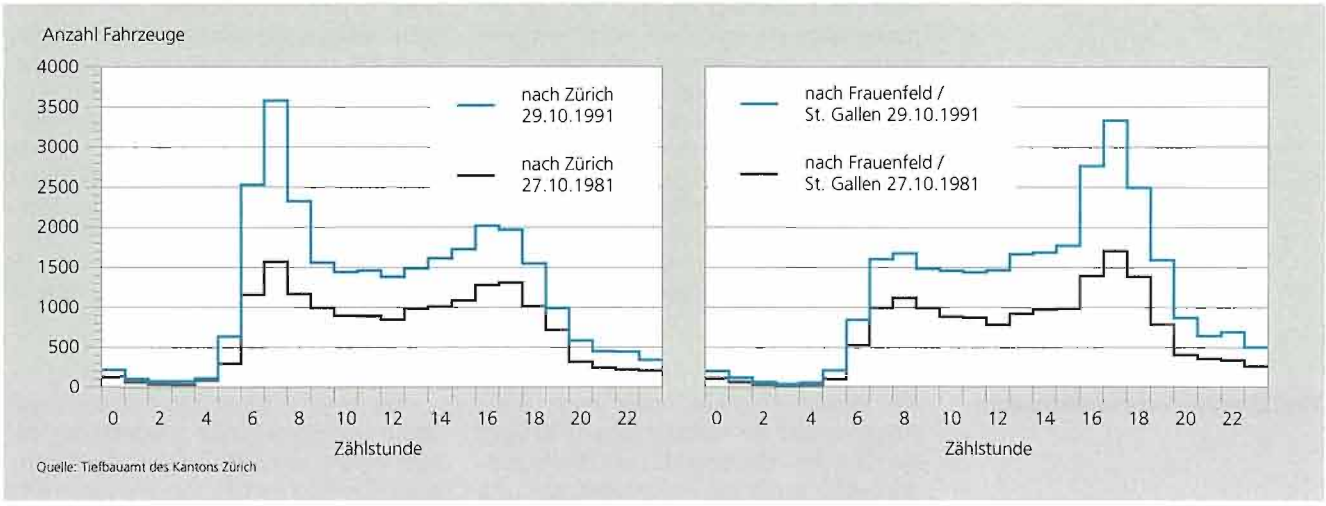
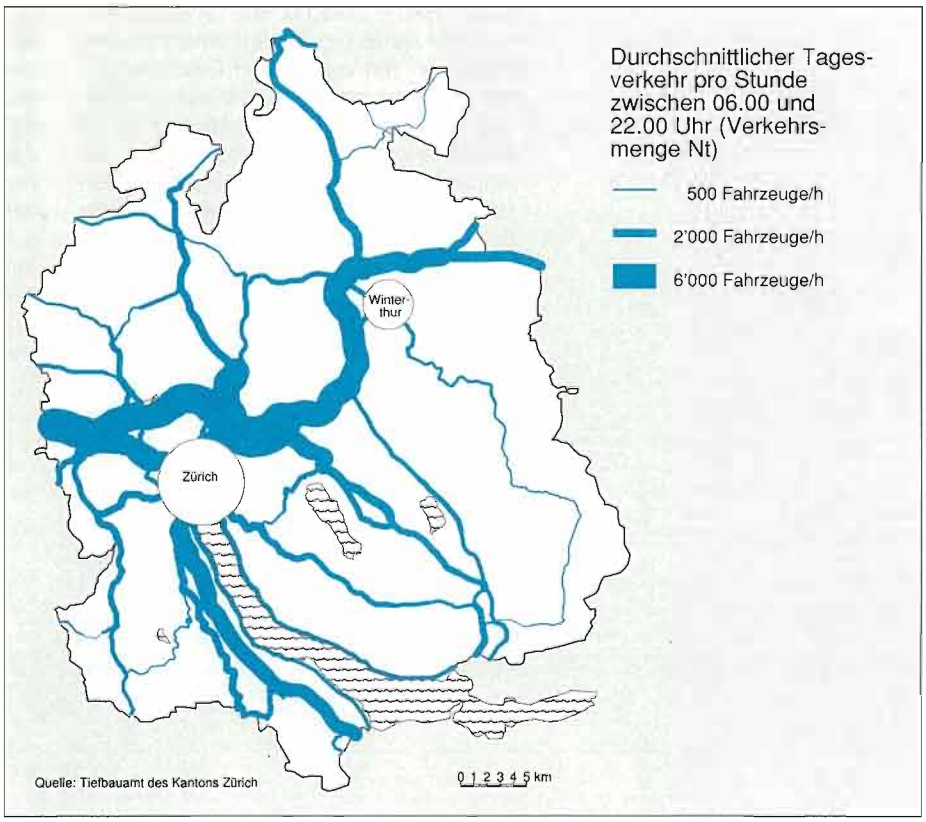



Abb. 27

*Verkehrsbelastungen des Strassenverkehrs auf den Hauptverkehrsachsen 1990.*




Karte 14

# Verkehrsbelastung

**Fahrleistungen des Strassenverkehrs**

Für den Zeitraum von 1985 – 1990 wurde ein Wachstum der Fahrleistung des Strassenverkehrs von 20 % ermittelt. Es liegt damit mehr als doppelt so hoch als für die Massnahmenplanung Lufthygiene ursprünglich angenommen. Überproportional hat dabei die Verkehrsbelastung auf den Nationalstrassen zugenommen. Dies lässt sich unter anderem mit der Schliessung von Lücken im Nationalstrassennetz erklären. So hat die Nordumfahrung von Zürich (N20) zu einem starken Anstieg des überregionalen Verkehrs geführt. Zusätzlich hat eine Umlagerung des regionalen Verkehrs von Staatsstrassen auf die Nationalstrassen stattgefunden. Ebenfalls stark zugenommen hat der Schwerverkehr. Die Verkehrsentwicklung auf den Einfallsstrassen nach den Städten Zürich und Winterthur weist dagegen ein eher unterdurchschnittliches Wachstum auf. Seit der Einführung des Zürcher Verkehrsverbundes im Mai 1990 hat sich der Strassenverkehr von und nach Zürich stabilisiert und beträgt rund eine halbe Million Fahrzeuge pro Tag. Auf den Strassen des Kantons Zürich wurden 1991 durchschnittlich rund 19,5 Mio. km pro Tag zurückgelegt.

Gegenüber der Periode 1985 – 1990 hat sich das Wachstum des Strassenverkehrs (total gefahrene Kilometer) von 1990 auf 1991 verlangsamt. Die Zuwachsrate beträgt noch 2 % pro Jahr (gegenüber 4 % pro Jahr im Zeitraum 1985–1990). Das Wachstum auf den Hochleistungsstrassen ist weiterhin überdurchschnittlich hoch und beträgt 3,4 % pro Jahr. Die Einführung der S-Bahn und des Zürcher Verkehrsverbundes sowie möglicherweise das verlangsamte Wirtschaftswachstum haben eine Abflachung der Zunahme des privaten Strassenverkehrs bewirkt.

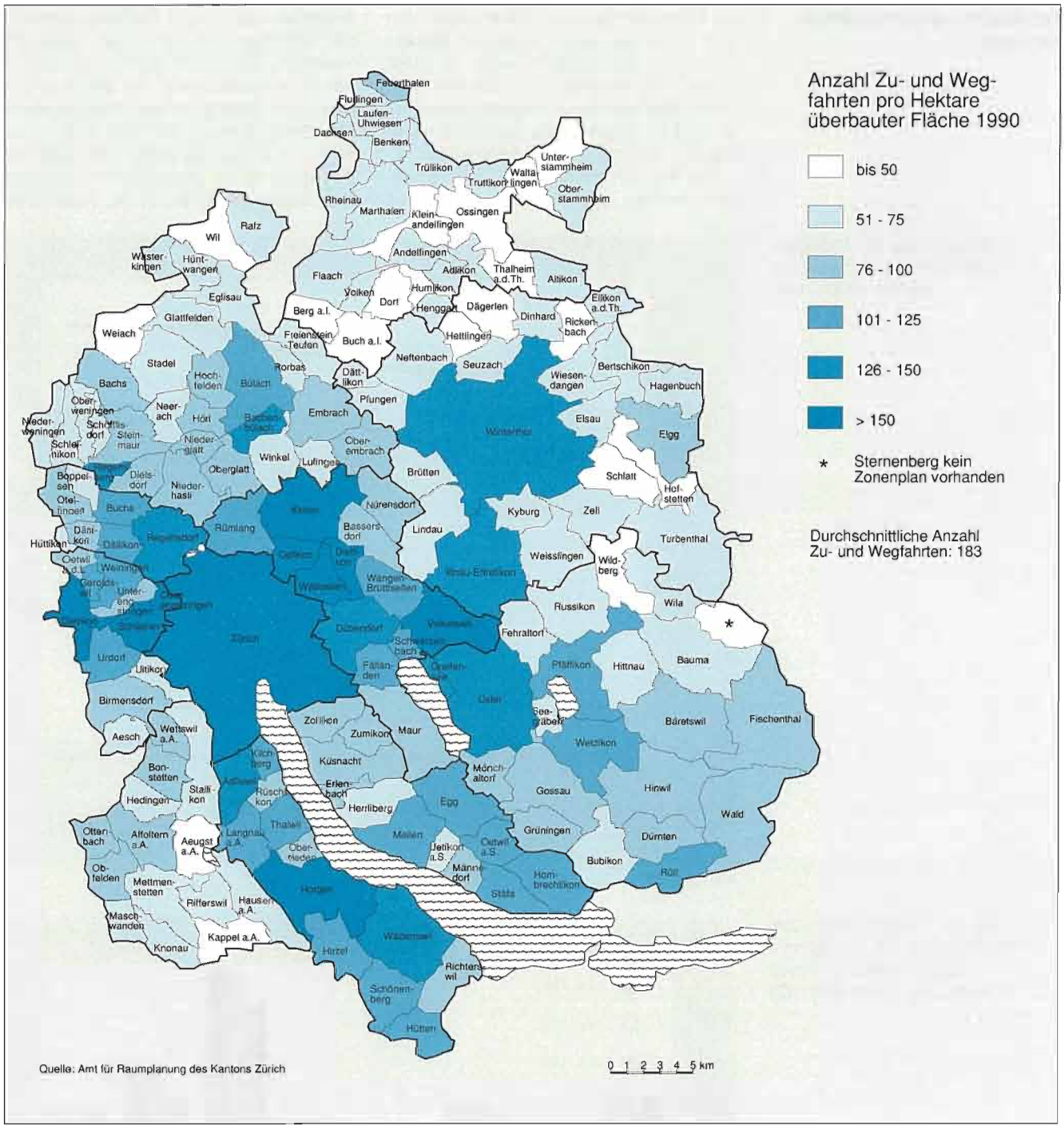
**Tägliches Verkehrsaufkommen**

Bei Redaktionsschluss lagen noch keine Angaben aus der Volkszählung 1990 über die Zahl der Arbeitspendler vor. Stellvertretend dafür wurde mit einer Modellrechnung anhand des Mikrozensus 1989 abgeschätzt, wieviele Autobewegungen je Hektare überbauter Fläche unternommen werden, d.h. wie viele Autos pro Tag aus einem solchen Planviereck mit Wohn- oder Geschäftsbauten weg und wieder dorthin fahren (Ziel- und Quellverkehr). Als Grundlagen für die Berechnung dienten Angaben aus den Jahren 1980, 1985 und 1990 zur Pendlerstruktur, über die Zahl der Arbeitsplätze, der Einwohner, zum Autobesitz und zur Verkaufsfläche des Detailhandels in den Gemeinden.

Das Resultat dieser Abschätzung zeigt, dass in der Stadt Zürich je überbaute Hektare täglich über 270 Zu- und Wegfahrten unternommen werden. Dies entspricht rund dem Doppelten des Kantonsdurchschnitts (138 Bewegungen). Stark befahren ist auch das Glattal mit durchschnittlich über 150 Bewegungen pro Hektare überbauter Fläche. Einen Spitzenwert erreicht hier Wallisellen mit 200 Bewegungen; auffallend ist dabei der Einfluss des Einkaufsverkehrs. Werte von ebenfalls deutlich über 100 Bewegungen pro Tag und Hektare erreichen das Limmattal, das linke Zürichseeufer und das Furttal. Mit bis zu 75 Bewegungen pro Tag und Hektare verzeichnen dagegen eine Reihe von Gemeinden im Norden und Nordosten des Kantons sowie im Knonauer Amt wesentlich weniger Verkehrsbewegungen.



## Verkehrsbelastung




*Anzahl Zu- und Wegfahrten pro Hektare überbauter Fläche 1990* Karte 15

# Verkehrsbelastung

**Entwicklung des öffentlichen Verkehrs**

Auch der öffentliche Verkehr erlebte in den 80er Jahren ein aussergewöhnlich starkes Wachstum. Die Verkehrsbetriebe der Stadt Zürich (VBZ) verzeichneten zwischen 1980 und 1989 einen Frequenzzuwachs von über 30 %. Eine vergleichbare Entwicklung war auch für die Forchbahn zu beobachten.

Seit der Einführung des Verkehrsverbundes werden öffentliche Verkehrsmittel immer häufiger benutzt. Die Frequenzen bei den Regional- und Ortsbussen haben im November 1991 im Vergleich zum Vorjahr um 10 % zugenommen. Für den Zeitraum November 1989 (Start Verkehrsverbund im Mai 1990) bis November 1991 sind es gar 46 %. Im ersten Betriebsjahr verzeichnete die S-Bahn an der Stadtgrenze Zürichs eine Frequenzzunahme von 22 %. Auch 1991

*Entwicklung von Passagierfrequenzen des öffentlichen Verkehrs 1980 – 1991*

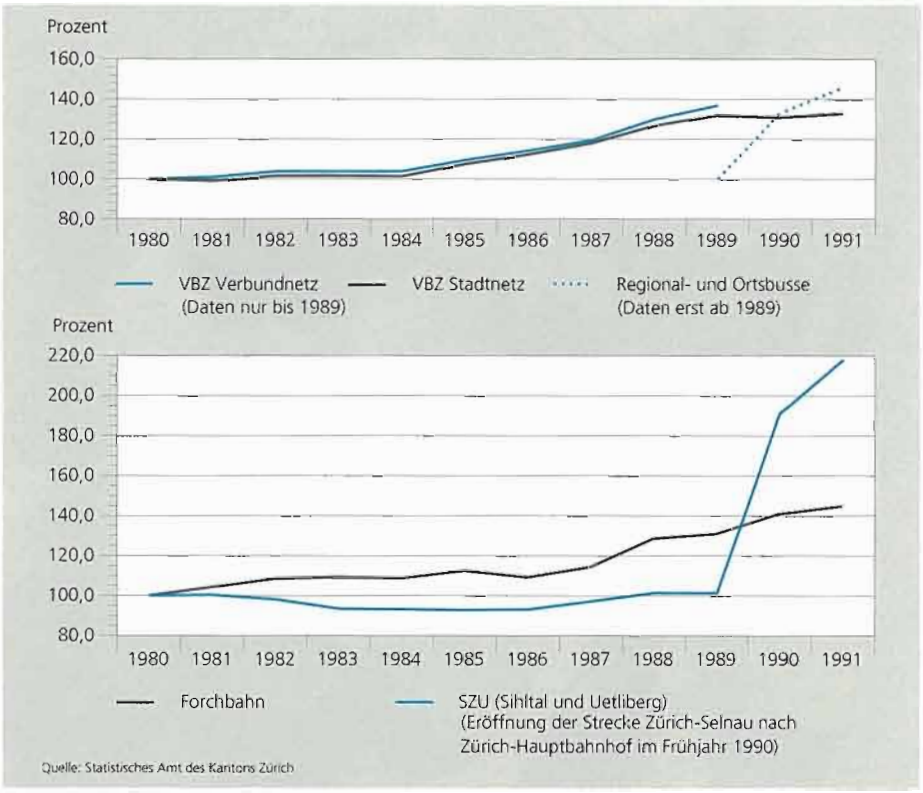



Abb. 28

*Tägliche Passagierfrequenzen der S-Bahn an der Stadtgrenze Zürich nach Korridoren im November 1989/1990/1991*

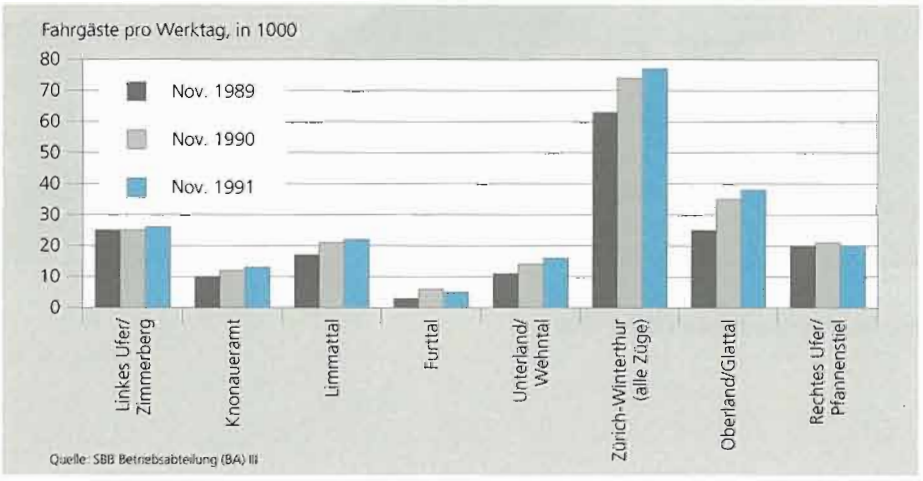



Abb. 29

## Verkehrsbelastung

setzte sich dieser positive Trend zur vermehrten Nutzung des öffentlichen Verkehrs fort. Für alle auf Zürich ausgerichteten S-Bahnen ist im November 1991 im Vergleich zum Vorjahr an der Stadtgrenze insgesamt eine Frequenzsteigerung von 6 % registriert worden.

Gesamthaft betrachtet stellt sich die Entwicklung der Frequenzzahlen im Verbundgebiet (Regional- und Ortsbusse, städtische Verkehrsbetriebe und S-Bahn) wie folgt dar: Eine Zunahme von 3,5 % von 1990 bis 1991 und 12 % von 1989 bis 1991.

*Tägliche Passagierfrequenzen von Orts- und Regionalbussen an ausgewählten Querschnitten im November 1989/1990/1991*

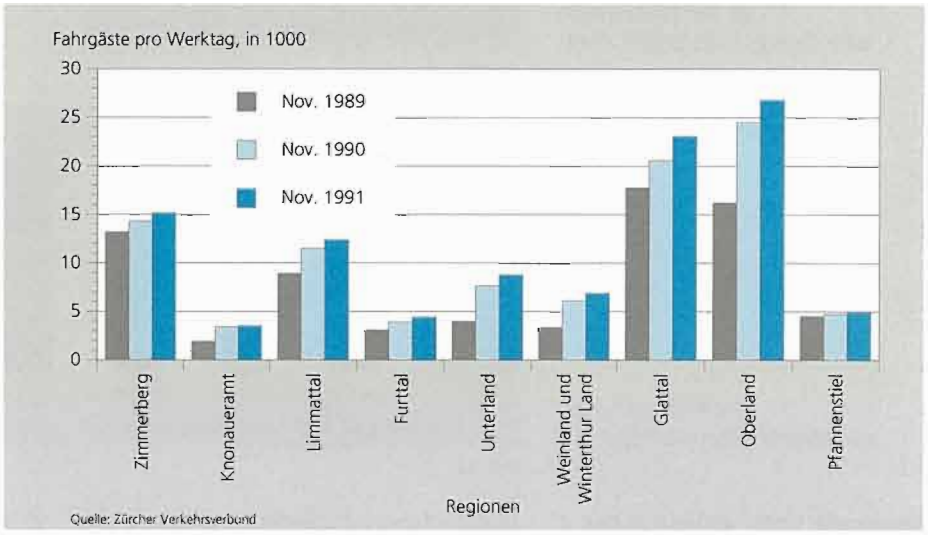



Abb. 30

## Verkehrsverhalten

Die jährliche repräsentative Haushalts- und Personenbefragung «Mikrozensus» befasste sich 1989 mit dem Verkehrsverhalten und der Mobilität der Bevölkerung. Diese Untersuchung lieferte detaillierte Angaben zur Benützung öffentlicher und privater Verkehrsmittel auf der Basis individuellen Verhaltens.

### Verkehrszweck

Verkehr entsteht aus verschiedenen Bedürfnissen heraus. Vereinfachend werden die Ortsveränderungen von Personen den vier Zwecken Pendlerverkehr (Arbeit/Ausbildung), Einkaufsverkehr, Nutzverkehr (dienstliche Wege) und Freizeitverkehr zugeordnet. Von den durchschnittlich 3,4 Ortsveränderungen pro Tag und Person wird ein Drittel im Pendlerverkehr zurückgelegt. Ein etwa ebenso grosser Anteil betrifft den Freizeitverkehr. Ein Viertel resultiert aus dem Einkaufsverkehr.

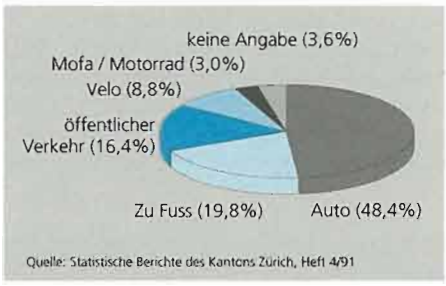
*Anteile der Verkehrszwecke an der Gesamtzahl der Ortsveränderungen 1989*




Abb. 31

# Verkehrsverhalten

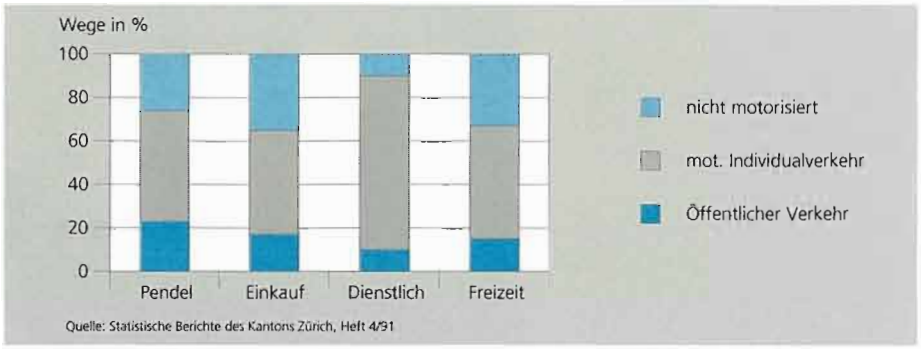
## Wahl der Verkehrsmittel




*Anteile der Hauptverkehrsmittel an der Gesamtheit aller Ortsveränderungen 1989*

Abb. 32

Für alle Verkehrszwecke steht die Benützung des Autos im Vordergrund. Knapp die Hälfte aller Ortsveränderungen erfolgt mit dem Auto (vgl. Abb. 32), entweder als Fahrer oder Mitfahrer. Die öffentlichen Verkehrsmittel haben beim Weg zur Arbeit resp. Ausbildung den relativ höchsten Anteil (23 %, vgl. Abb. 33).




*Verkehrszweck und Verkehrsmittelbenützung 1989*

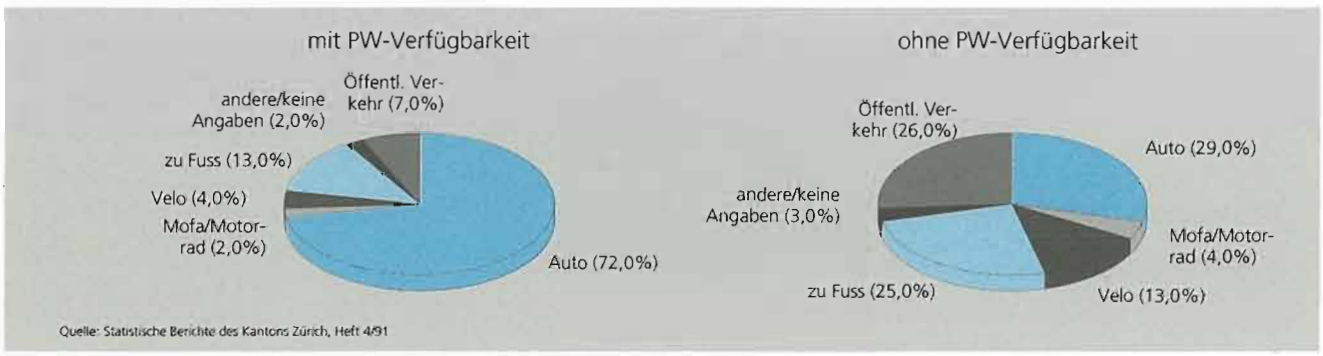
Abb. 33

## Regionale Unterschiede in der Verkehrsmittelwahl

Zwischen den verschiedenen Regionen des Kantons sind erhebliche Unterschiede in der Benützung der Verkehrsmittel auszumachen. In keinem anderen Gebiet werden soviele Wege mit dem öffentlichen Verkehr zurückgelegt wie in der Stadt Zürich. Hier wird für fast gleich viele Wege das öffentliche Verkehrsmittel benützt wie das Auto. Ausser in der Stadt Zürich wurde 1989 nur in der Region Oberland das Auto für weniger als die Hälfte der Wege benützt. Insbesondere in den Regionen Furttal und Weinland werden dagegen nur für sehr wenige Wege die öffentlichen Verkehrsmittel benützt. Diese Regionen wiesen 1989, also vor Einführung des Verkehrsverbundes, nur ein relativ schmales Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln auf.

## Verfügbarkeit von Motorfahrzeugen

Die Verfügbarkeit eines Autos hat wesentlichen Einfluss auf die Wahl des Verkehrsmittels. Personen, denen ein Auto zur Verfügung steht, verwenden dieses für fast drei Viertel aller persönlicher Ortsveränderungen. Der Anteil des öffentlichen Verkehrs liegt in dieser Bevölkerungsgruppe nur bei 7 %. Selbst Personen, die nicht über ein Auto verfügen, benützen das Auto (überwiegend als Mitfahrer) etwas häufiger (29 %) als die öffentlichen Verkehrsmittel (26 %), bei einem praktisch ebenso hohen Anteil Fusswege.




*Personenwagenverfügbarkeit und Verkehrsmittelwahl 1989*

Abb. 34

# Flugverkehr

## Verkehrsaufkommen

Die allgemeine Steigerung der Mobilität machte sich auch in der Entwicklung des Flugverkehrs deutlich bemerkbar. Zwischen 1980 und 1990 stiegen die Passagierzahlen im Flughafen Kloten um rund 60 % auf 12,8 Mio. An- und Abreisende pro Jahr. Die abgefertigte Fracht hat sich in diesem Zeitraum von 157'000 Tonnen auf 326'000 Tonnen mehr als verdoppelt. Ein Teil dieses zusätzlichen Flugverkehrs wurde durch grössere Flugzeuge aufgefangen. Überdies erhöhte sich die Zahl der An- und Abflüge um 37 % auf 220'000 (davon 172'000 Linien- und Charterflüge) pro Jahr, was einem Tagesdurchschnitt von 600 Flugbewegungen entspricht. 1991 war bei den Passagieren ein Rückgang von 4 % und bei der Fracht von 2% gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen.

*Frequenzentwicklung auf dem Flughafen Zürich-Kloten 1980 – 1991*

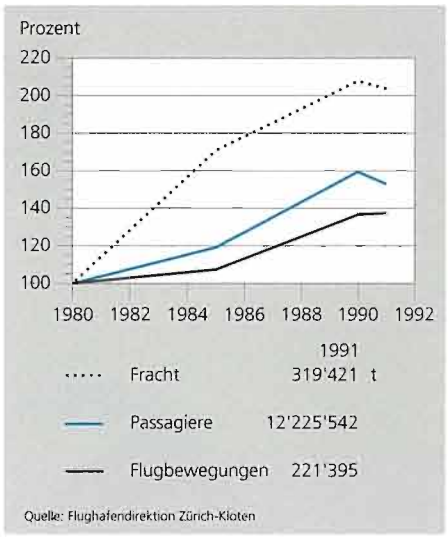



Abb. 35

Mitte 1992 wurde der Masterplan für den Flughafen durch den Regierungsrat genehmigt. Der entsprechend dieser Leitlinie vollständig ausgebaute Flughafen könnte etwa die folgenden jährlichen Verkehrsmengen aufnehmen:

- 295'000 Flugbewegungen (davon 250'000 für den Linien- und Charterverkehr)
- 23 Mio. Passagiere
- 750'000 Tonnen Fracht

*Zwei gegenläufige Trends prägten in den 80er Jahren den Konflikt zwischen Verkehr und Umwelt: einerseits erhöhte sich das Verständnis für den Zusammenhang zwischen Verkehr und Umweltbelastung; anderseits nahm die allgemeine Mobilität praktisch ungebremst weiter zu. Dies wird am verstärkten Aufkommen des privaten Motorfahrzeugverkehrs, aber auch an demjenigen des öffentlichen Verkehrs und des Luftverkehrs sowie an der markanten Zunahme des Treibstoffverbrauchs deutlich. Die Einführung der S-Bahn, des Zürcher Verkehrsverbundes sowie möglicherweise das verlangsamte Wirtschaftswachstum haben immerhin zwischen 1990 und 1991 eine Abflachung der Zunahme des privaten Strassenverkehrs bewirkt.*

*Die weiterhin zunehmende Mobilität lässt in verschiedener Hinsicht Grenzen sichtbar werden: Lärm und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs beeinträchtigen Wohnen, Arbeit und Erholung in Städten und Umland immer mehr. Erhöhte Bedeutung für die Zukunft erhalten deshalb Massnahmen, die die Zunahme der Nachfrage nach Verkehrsleistungen des motorisierten Individualverkehrs reduzieren, langfristig vor allem im Rahmen der Planung, kurzfristig in Form wirtschaftlicher Anreize.*


35L

## Stand der Abfallwirtschaft

### Zunahme der Abfallmengen

**Abfälle sind gemäss Umweltschutzgesetz (USG) bewegliche Sachen, deren sich der Besitzer entledigen will oder deren Verwertung, Unschädlichmachung oder Beseitigung im öffentlichen Interesse geboten ist.**

1990 fielen im Kanton Zürich rund 2,4 Mio. Tonnen Abfälle zur Verwertung und Entsorgung an. Dies entspricht einer durchschnittlichen Menge von über 2'000 kg pro Kopf der Bevölkerung. Zwei Drittel dieser Menge sind Bauabfälle, etwas mehr als ein Viertel Siedlungsabfälle. Trotz verbesserter Verwertungstechniken und dem Aufbau von Infrastrukturen für vermehrte Separatsammlungen von wiederverwertbaren Stoffen haben die Abfallmengen in den Gemeinden parallel zum Wirtschaftswachstum zugenommen. Die weitere Entwicklung der Abfallmengen und -kategorien hängt – neben wünschbaren Verhaltensänderungen – im wesentlichen von der Konjunkturentwicklung, von der Bevölkerungsentwicklung, von der Bautätigkeit, von den Entsorgungskosten und von Entwicklungen bei der Recycling-Technik ab.

Grosse Probleme bei der Entsorgung werden auch in Zukunft spezielle Betriebsabfälle generell, insbesondere aber sogenannte Verbundstoffe (z. B. aus mehreren Komponenten zusammengesetzte Isolationsstoffe) bieten. Da es für diese Abfälle noch keine Techniken für die sortenreine Trennung gibt, werden sie vorderhand auf konventionelle Art (Verbrennung oder Deponie) entsorgt werden müssen.

*Anteile der Abfallkategorien im Kanton Zürich 1990*

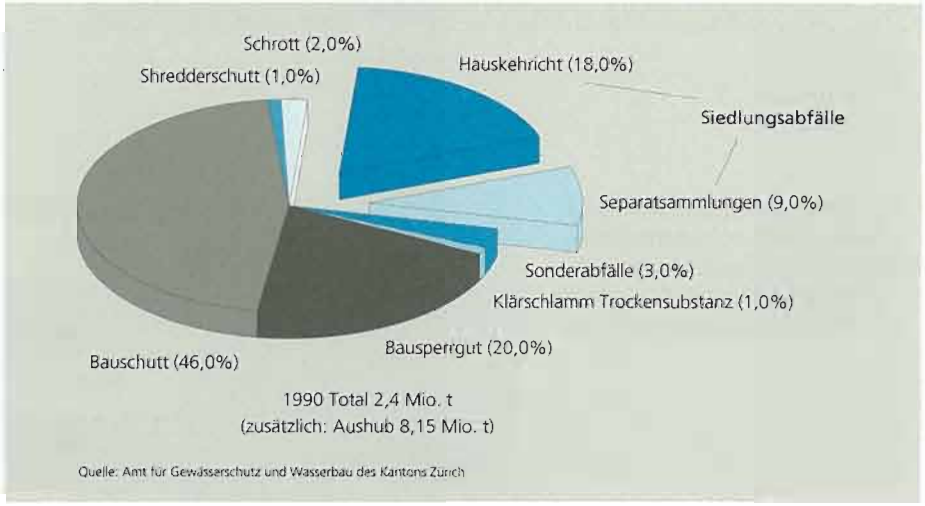



Abb. 36

### Neuorientierung der Abfallwirtschaft

Ausgeschöpfte Kapazitäten bei den Verbrennungsanlagen, steigende Behandlungskosten und knapper Deponieraum veranschaulichen den Handlungsbedarf in der Abfallwirtschaft. Mit der Erarbeitung des kantonalen Abfallkonzeptes (Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, 1989) wurde erstmals die gesamte Abfallwirtschaft einer umfassenden Situationsanalyse unterzogen und ein konkreter, 38 Punkte umfassender Massnahmenkatalog erarbeitet. Damit soll sichergestellt werden, dass Massnahmen auf allen Ebenen ergriffen werden. So sollen Entsorgungsprobleme schon bei der Herstellung und Beschaffung von Gütern beachtet, und künftig sollen Betriebe und der Handel in der Abfallbewirtschaftung verstärkt berücksichtigt werden. Oberste Priorität aller Anstrengungen haben Massnahmen zur Abfallvermeidung.

# Stand der Abfallwirtschaft

**Ziele der Abfallwirtschaft**

Vordringliches Ziel ist die Stabilisierung bzw. Senkung der Gesamtabfallmenge. Wiederverwertbare Stoffe sind separat zu sammeln, wenn die Umwelt dabei insgesamt weniger belastet wird; dabei ist zu beachten, dass über eine sinnvolle Anwendung der Recycling-Produkte hinaus dazu auch Anlagen zur Verwertung bzw. Behandlung eingesetzt werden müssen, die einem fortschrittlichen Stand der Technik genügen. Dies gilt auch für Anlagen in denen nicht wiederverwertbare Abfälle und Abfallbestandteile verbrannt oder deponiert werden. Abfälle müssen der entsprechenden umweltgerechten Behandlung zugeführt werden.

Das im Sommer 1992 dem Kantonsrat zur Behandlung zugeleitete Abfallgesetz soll dem Kanton Zürich optimale Rahmenbedingungen für eine zeitgemässe, umweltschonende Abfallbewirtschaftung schaffen. Neben einer Neuordnung der Pflichten und Kompetenzen sollen Lücken der bisherigen Gesetzgebung geschlossen und das Verursacherprinzip verankert werden.

*Veränderte Prioritätenordnung in der Abfallwirtschaft*




Abb. 37

*Um eine umweltgerechte Abfallbewirtschaftung sicherzustellen, müssen die Stoffkreisläufe der Volkswirtschaft optimiert, d. h. soweit möglich geschlossen werden.*

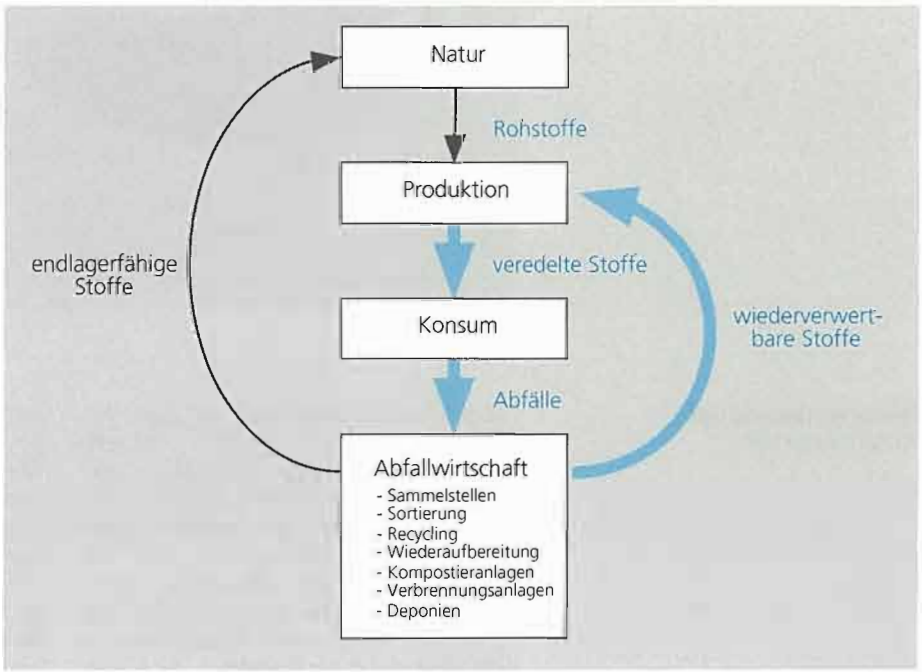



Abb. 38

# Siedlungsabfälle

**Siedlungsabfälle sind sämtliche in Haushalten entstehenden Abfälle sowie andere Abfälle vergleichbarer Zusammensetzung (z. B. aus Büros und Gewerbe). Sie bestehen zu zwei Dritteln aus Haushaltabfällen, die in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) verbrannt werden (Hauskehricht), sowie zu einem Drittel aus Abfällen, die über Separatsammlungen der Wiederverwendung, Wiederverwertung bzw. separaten Entsorgung zugeführt werden.**

## Entwicklung der Siedlungsabfallmengen

Die Gesamtmenge der Siedlungsabfälle ist im Laufe der letzten Jahre stetig angewachsen und liegt heute im Kanton Zürich bei über 600'000 Tonnen pro Jahr oder 530 kg pro Kopf der Bevölkerung. Um den Kehricht zu den Verbrennungsanlagen zu transportieren, sind rund 120'000 Lastwagenladungen notwendig. Alle Lastwagen hintereinandergereiht ergäben eine Kolonne mit einer Länge von rund 960 km, was etwa der Luftliniendistanz von Zürich – London entspricht.

*Entwicklung der Siedlungsabfallmengen 1988 – 1990*




Abb. 39

## Separat gesammelte Abfälle

Papier, Karton, Glas, Metalle (Eisen, Buntmetalle, Nichteisenmetalle), kompostierbare Abfälle, Textilien und Sonderabfälle werden heute separat gesammelt. Der Anteil der separat gesammelten Abfälle hat von 25 % im Jahre 1989 auf 30 % im Jahre 1990 zugenommen. Dies erhöht den prozentualen Anteil der Kunststoffe im Abfall noch zusätzlich. Sie stellen jedoch weniger ein mengenmässiges, als vielmehr ein verbrennungstechnisches Problem dar: ihr grosser Heizwert reduziert den mengenmässigen Durchsatz der Kehrichtverbrennungsanlagen. Kunststoffe werden heute kaum separat gesammelt, da die grosse Zahl an verschiedenen Sorten und auch Verbundkunststoffe eine sortenreine Trennung kaum zulassen. Erst durch eine deutliche Bezeichnung der Kunststoffsorten, wird das separate Sammeln ermöglicht, und durch die Herstellung sinnvoller Sekundärprodukte wird der Kunststoff-Anteil im Abfall langfristig ebenfalls abnehmen.

*Zusammensetzung des Siedlungsabfalles (Kehrichtsortierungen 1990/1991)*

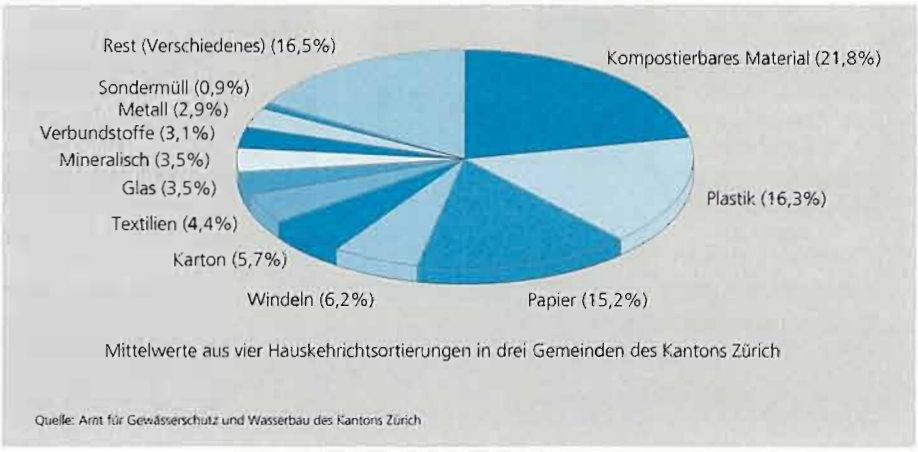
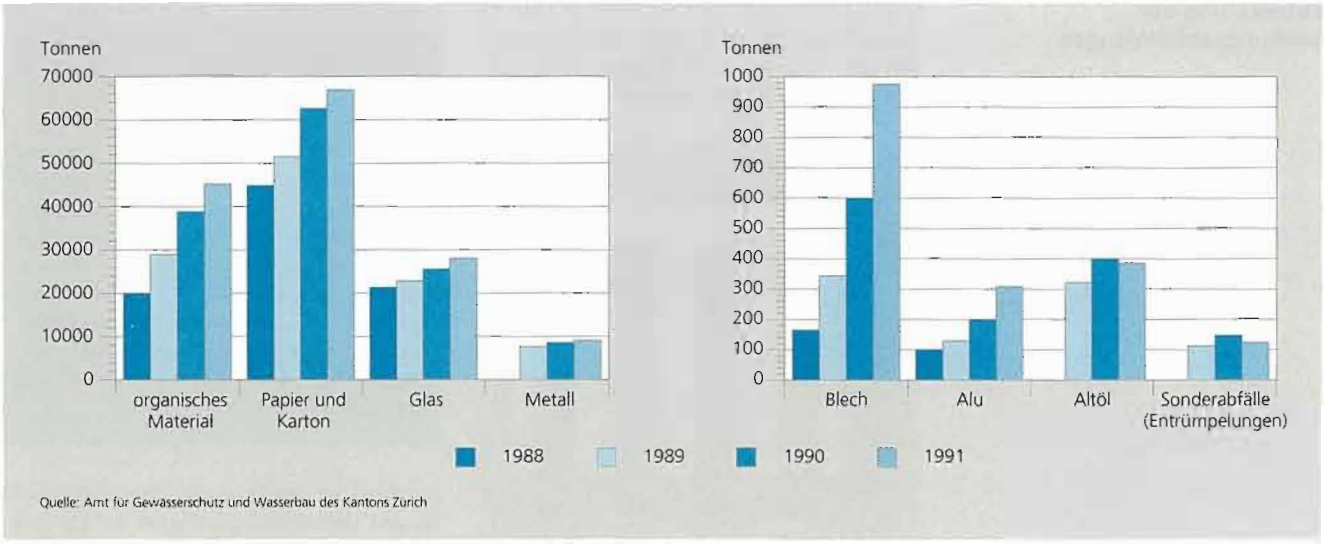
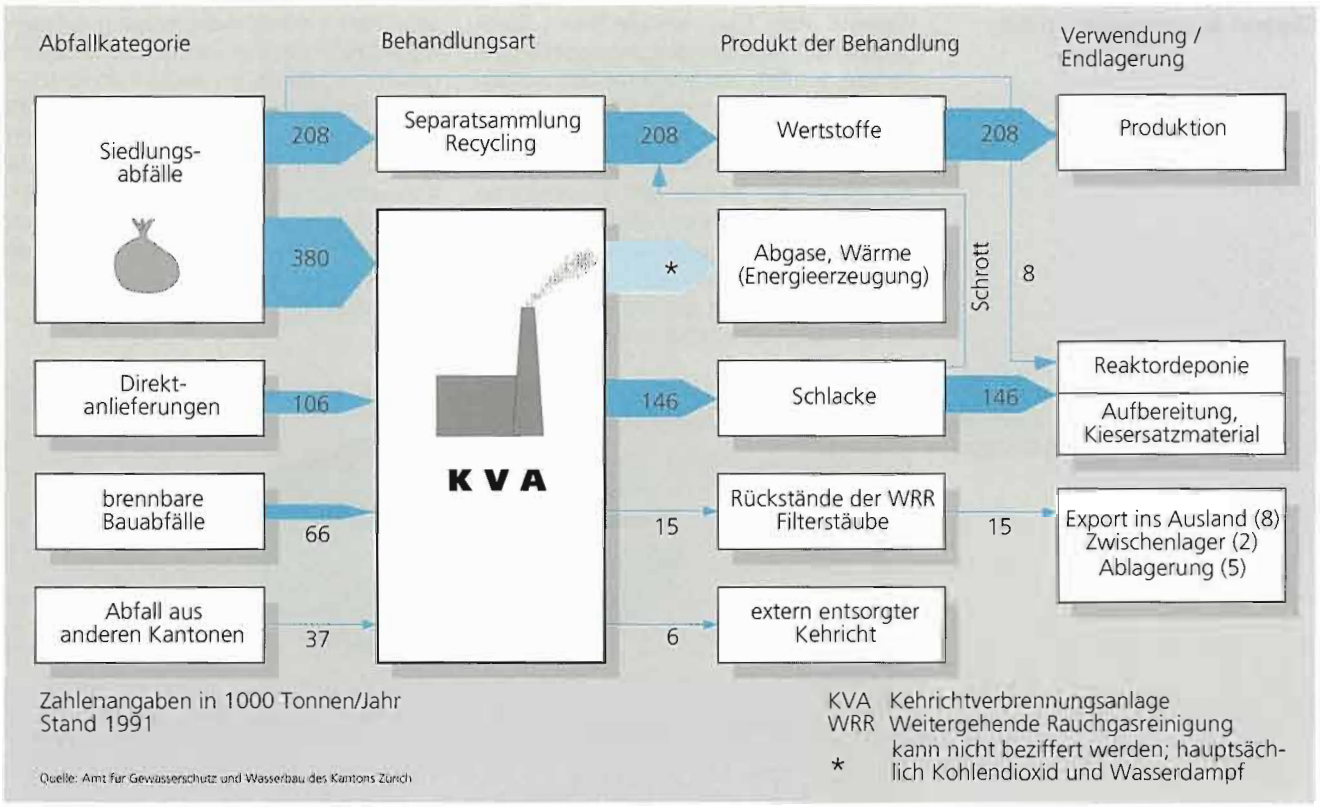



Abb. 40

## Siedlungsabfälle




*Separat gesammelte Abfälle 1988 – 1991* Abb. 41




*Materialflussanalyse der Siedlungsabfälle im Kanton Zürich 1991* Abb. 42

# Siedlungsabfälle

**Materialfluss der Abfälle durch die KVA**

Die Materialflussanalyse gibt Auskunft über die Entsorgungswege und die Reststoffe der in den KVA behandelten Siedlungsabfälle im Jahr 1990. Aus einer Tonne verbrannten Kehrichts fallen neben Abgasen rund 280 kg an festen Reststoffen (Schlacke, Filterstäube, Rückstände aus der Rauchgasreinigung) an. Diese müssen weiterbehandelt, aufbereitet und/oder deponiert werden. Die Rückstände aus der Rauchgasreinigung von KVA gelten als Sonderabfall und werden zur Zeit noch teilweise ins Ausland exportiert. In Zukunft werden alle KVA-Rückstände im Kanton Zürich aufbereitet und auf einer Reststoffdeponie abgelagert. Kehrichtschlacke wird heute zum Teil aufbereitet und als Kiesersatzmaterial verwendet; der nicht verwertete Rest gelangt auf Reaktordeponien.

**Kosten der Abfallbewirtschaftung**

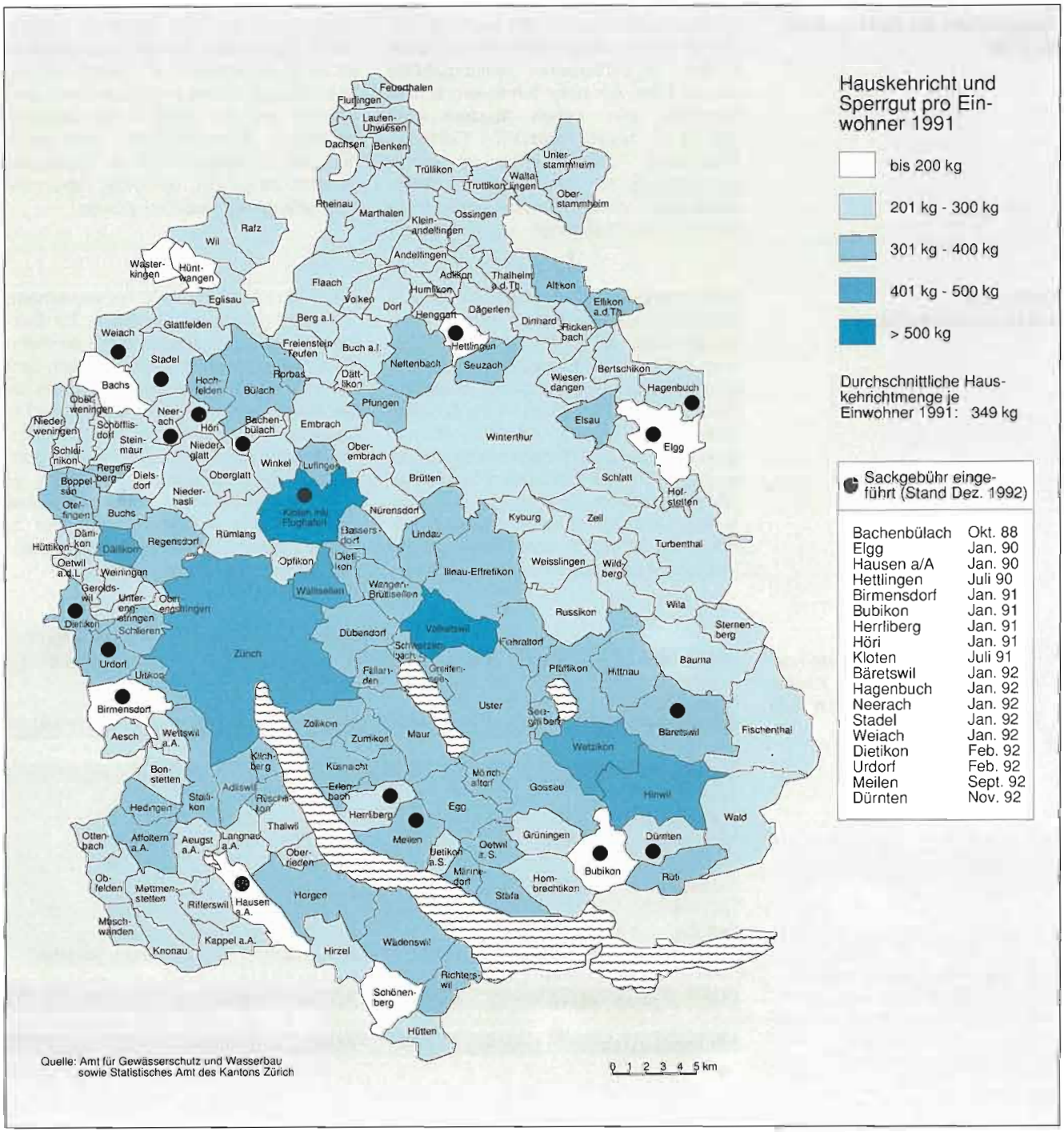
Eine transparente Kostenrechnung der Abfallbewirtschaftung, die sämtliche Kosten erfasst und ausweist, ist heute möglich, aber noch nicht in allen Gemeinden eingeführt. Mit dem geplanten Abfallgesetz soll dies zur Pflicht werden. Die Kosten für die Abfallbewirtschaftung beliefen sich 1990 im Durchschnitt auf rund 90 Franken pro Einwohner und Jahr. Die Transportkosten für die einzelnen Abfallarten unterscheiden sich dabei je nach Sammelsystem und -menge erheblich. In den letzten 10 Jahren haben sich die Verbrennungsgebühren in den neusten Anlagen von 50 auf 250–300 Franken erhöht. Ähnliches gilt für die Deponien. Zur Dekkung ihrer Kosten können die Gemeinden Gebühren erheben, mit welchen nach dem Verursacherprinzip die gesamten Kosten der Abfallbewirtschaftung auf die Verursacher überwälzt werden können. Finanzierungsinstrumente wie Sack-, Marken- und Containergebühren sind geeignet, Anreize zu schaffen, die Kehrichtmenge zu reduzieren und anfallende Abfälle möglichst gut zu trennen beziehungsweise der entsprechenden Sammelstelle zuzuführen.

*Durchschnittliche Kosten der Abfallbewirtschaftung im Kanton Zürich 1990*

| | Kosten je Einwohner | | Kosten je Tonne |
|---|---|---|---|
| **Fixkosten** | | | |
| Gemeinkosten | Fr. 11.70 | 13% | |
| Sammelkosten | Fr. 6.30 | 7% | |
| **Total Fixkosten** | **Fr. 18.–** | **20%** | |
| **Direkte Kosten** | | | |
| Kehricht (je 50% für Transport bzw. Verbrennung) | Fr. 55.– | 61% | Fr. 175.– |
| Kompost / Grünabfuhr | Fr. 9.50 | 11% | Fr. 210.– |
| Altpapier | Fr. 3.75 | 4% | Fr. 85.– |
| Häckseln | Fr. 1.25 | | Fr. 140.– |
| Altmetall | Fr. 1.50 | | Fr. 110.– |
| Altglas | Fr. –.50 | | Fr. 30.– |
| Übriges | Fr. –.50 | | keine Angabe |
| **Total direkte Kosten** | **Fr. 72.–** | **80%** | |
| **Gesamtkosten 1990** | **Fr. 90.–** | | |

Tab. 4

## Siedlungsabfälle




*Hauskehricht und Sperrgut pro Einwohner und Einführung der Sackgebühr (Stand Dezember 1992; Einführung auf den 1. Januar 1993 in der Stadt Zürich und in weiteren Gemeinden noch nicht berücksichtigt)*

Karte 16

# Bauabfälle

*Klassifikation der Bauabfälle*

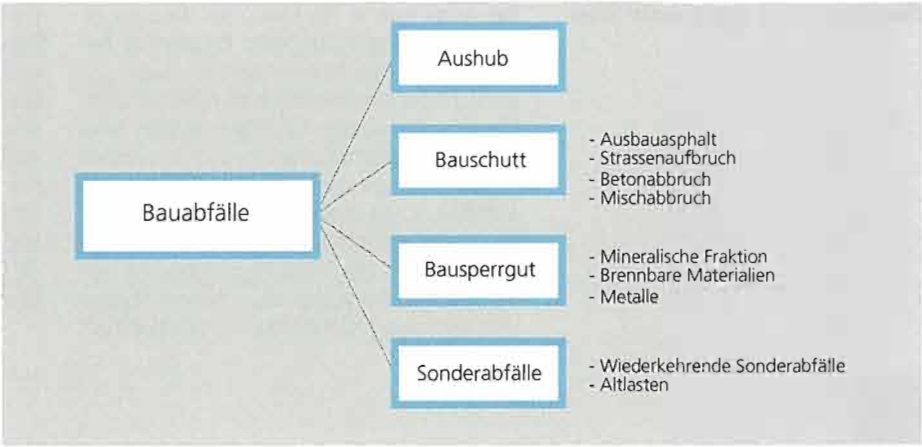



Abb. 43

**Mengen und Behandlung von Bauabfällen**

1991 bestanden zwei Drittel oder mehr als 1,5 Mio. Tonnen der gesamten Abfallmenge im Kanton Zürich aus Bauschutt und Bausperrgut.

Rund 1 Mio. Tonnen der Bauabfälle gehörten zur Fraktion Bauschutt. Dieser kann grundsätzlich aufbereitet und als Kiesersatzmaterial eingesetzt werden. Die restlichen 30% der Bauabfälle (1991: 475'000 Tonnen) waren auf Baustellen anfallendes Bausperrgut. Dieses muss auf der Baustelle oder in einer Bausperrgutsortieranlage in einzelne Komponenten aussortiert werden. Die mineralische Komponente (z. B. Sand, Gips; 1991: 342'000 Tonnen) muss danach auf einer Reaktordeponie (für chemisch teilweise weiterhin reagierende Stoffe) abgelagert werden, während die brennbaren Anteile (1991: 119'000 Tonnen) den Weg in die Kehrichtverbrennungsanlagen nehmen oder zukünftig anderweitig thermisch genutzt werden sollen (Zementwerke). Der aussortierte Schrottanteil (1991: 14'000 Tonnen) wird dem Recycling zugeführt. Auf dem Bau anfallende Sonderabfälle sind durch die Verursacher direkt der umweltgerechten Entsorgung zuzuführen.

*Bauschutt- und Bausperrgutmengen im Kanton Zürich 1990*

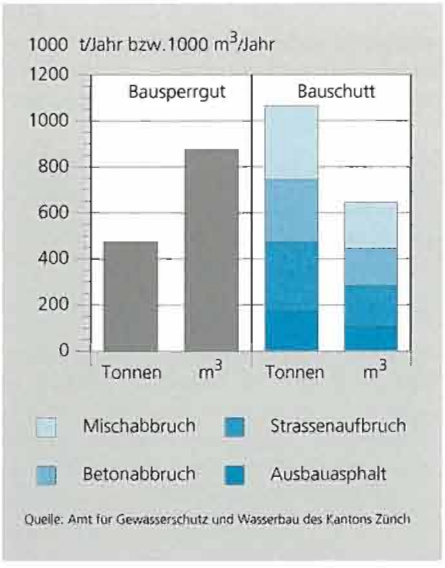



Abb. 44

Neben den oben aufgeführten Fraktionen fielen 1991 8,2 Mio. Tonnen Aushub (unverschmutztes Erdreich, Felsausbruch) an. Dieses Material stellt – vom Transportproblem abgesehen – eine unproblematische Fraktion dar. Es wird entweder direkt vor Ort wiederverwendet oder für Auffüllungen (z. B. Rekultivierungen von Kiesgruben) eingesetzt. Bei geeigneter Zusammensetzung kann der Aushub auch zur Gewinnung der Stein- und Kiesanteile aufbereitet werden. Um die mit den Transporten verbundenen Immissionen möglichst klein zu halten, soll jeweils das Transportmittel gewählt werden, welches insgesamt zu einer geringeren Umweltbelastung führt. Für den Transport der 8,2 Mio. Tonnen Aushubmaterial werden rund 460'000 Lastwagen (3'700 km lange LKW-Kolonne) oder 135'000 Eisenbahnwagen (Eisenbahnzug von 2'700 km Länge) benötigt.

## Bauabfälle

**Güterkreislauf von Bauabfällen**

Der organisierte Rückbau von Bauten ist Voraussetzung dafür, dass Bauabfälle bereits auf der Baustelle sortenrein erfasst und der richtigen Entsorgung zugeführt werden können. Die in den heutigen Bauten integrierten problematischen Baustoffe werden jedoch erst in einigen Jahren zur Entsorgung anfallen, so dass die damit zusammenhängenden Probleme erst langfristig gelöst werden können. Die Voraussetzungen für ein vermehrtes Recycling von Abbruchbeton und Ausbauasphalt werden derzeit geschaffen. Erste Pilotanlagen stehen bereits in Betrieb. Zukünftig soll damit der Grossteil des zur Entsorgung anfallenden Betons zu Betongranulat verarbeitet werden. Langfristig wirkt der Kanton Zürich darauf hin, dass Architekten und Bauherren bereits bei der Planung von Bauten die spätere Entsorgung mitberücksichtigen und entsprechende Bauweisen und Materialien wählen. Ziel ist es, die im Bau verwendeten Güter möglichst lange im Kreislauf zu führen.

## Sonderabfälle

**Sonderabfallmengen**

**Sonderabfälle sind Abfälle, die aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften eine Gefährdung für die Umwelt darstellen und deshalb nur kontrolliert entsorgt werden dürfen. Der Kontrolle dient das sogenannte Begleitscheinverfahren der Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen (VVS). Sie bedürfen zur Entsorgung häufig einer besonderen Behandlung und sind im Anhang der VVS nach Stoffgruppen in 14 Kategorien unterteilt.**

Die Gesamtmenge an Sonderabfällen hat in den letzten Jahren stark zugenommen, nicht zuletzt deshalb, weil seit Inkrafttreten der VVS im Jahre 1986 bedeutend mehr Abfälle als Sonderabfälle klassiert wurden. Präzise Aussagen über die Mengenentwicklung der letzten Jahre sind deshalb nicht möglich. 1990/91 wurden beim Amt für Gewässerschutz und Wasserbau 76'000 Tonnen als Sonderabfälle erfasst. Knapp die Hälfte davon besteht aus flüssigen, öligen Abfällen. Sie fallen unter anderem in bestimmten Gewerbebetrieben wie Autoreparaturwerkstätten, in der metallverarbeitenden Industrie sowie im Baugewerbe an. Aus Ölabscheidern stammen ebenfalls grosse Mengen an ölhaltigen Schlämmen. Nach der Abtrennung von Wasser und anderen Fremdstoffen dient der Grossteil des Altöls der Zementindustrie als Brennstoff.

Ein ebenfalls bedeutender Anteil, knapp ein Viertel der Sonderabfälle, fällt in die

*Abgabe von Sonderabfällen im Kanton Zürich nach Kategorien der VVS 1990*

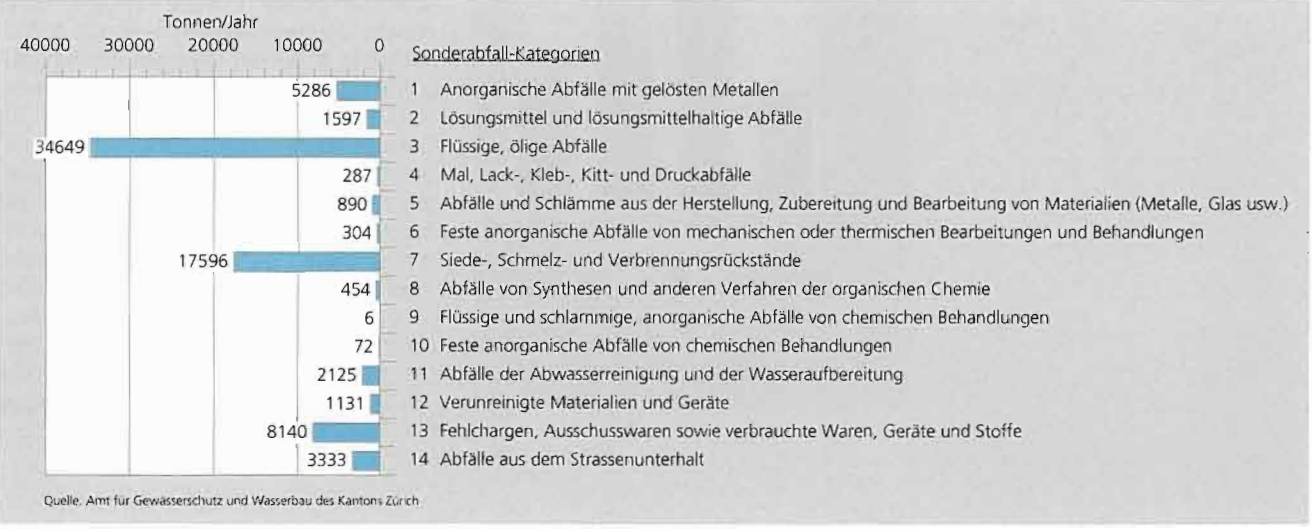



Abb. 45

# Sonderabfälle

Kategorie der Siede-, Schmelz- und Verbrennungsrückstände und stammt grösstenteils aus den KVA (Filterrückstände) und der Industrie (Schlacken und andere Feuerungsrückstände). Können diese Abfälle nicht aufbereitet werden, müssen sie, allenfalls verfestigt, deponiert werden.

**Sonderabfallbehandlung**

1990 wurden rund 62 % des im Kanton Zürich entstandenen Sonderabfalles (47'000 Tonnen) in der Schweiz behandelt; 38 % (29'000 Tonnen) wurden zur Behandlung ins Ausland exportiert. Der in der Schweiz behandelte Sonderabfall wird zu einem Drittel verbrannt, ein weiterer Drittel wird chemisch-physikalisch behandelt und der Rest wird rezykliert oder deponiert.

Hauptabnehmer der exportierten Abfälle waren Länder der EG. Die Bewilligung für den Export von Sonderabfällen wird vom Bund nur erteilt, wenn im Ausland umweltgerechtere Behandlungsverfahren (z.B. Verhüttung von schwermetallbelasteten Filterstäuben in der Stahlindustrie) verfügbar sind. 1990 wurden knapp drei Viertel der exportierten Sonderabfälle der Aufbereitung (Recycling) und knapp ein Viertel der (Untertage-)Deponierung zugeleitet. Die Zahl der erteilten Exportbewilligungen ist rückläufig. Die Inbetriebnahme eigener Behandlungs- und Entsorgungsanlagen für Sonderabfälle ist in vielen Fällen wirtschaftlich nicht sinnvoll, insbesondere wenn bereits umweltgerechte Entsorgungswege bestehen (z. B. Altölentsorgung in Zementwerken, Filterstaubrecycling in Hüttenwerken usw.), so dass die Betriebe des Kantons Zürich auch weiterhin auf den Export angewiesen sein werden.

*Aus dem Kanton Zürich direkt ins Ausland exportierte Sonderabfälle nach Ländern 1990*

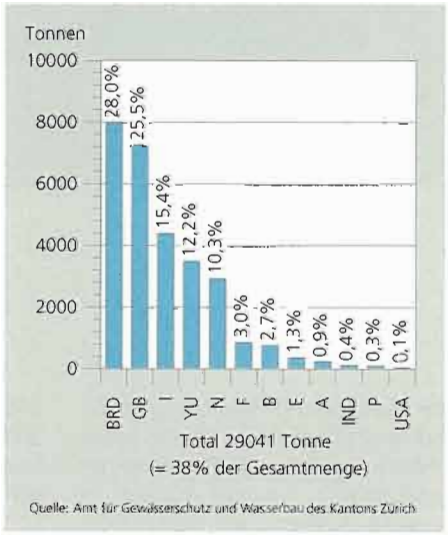



Abb. 46

**Vermeidung von Sonderabfällen**

Als Grundlage für die Erarbeitung von Vermeidungs-, Verminderungs- und Verwertungsstrategien führte der Kanton Zürich 1991/92 bei 5'000 Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben eine Erhebung durch. Das Datenmaterial wird mittels Hochrechnungen einerseits für die Beratung über die Möglichkeiten der Abfallverminderung und andererseits für eine gezielte Abfallplanung gemäss der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) eingesetzt werden können. Für die nächsten Jahre ist jedoch noch nicht mit einem signifikanten Rückgang der Sonderabfallmengen zu rechnen, da auch ein Teil der neu erfassten Altlasten als Sonderabfall zu entsorgen sein wird.

Die Abfallplanung des Kantons wird aufzeigen müssen, welche Anlagen für eine umweltgerechte Aufbereitung oder Entsorgung von Sonderabfällen notwendig sind. Auf Grund der bisher vorliegenden Daten sind im laufenden Richtplanverfahren des Kantons Zürich die Festsetzung der Sonderabfallbehandlungsanlage in Urdorf (SOBU), die Sonderabfall-Verbrennungsanlage in Winterthur (SABA) und die Sonderabfall-Sammelstellen in Winterthur, Hinwil und Horgen vorgesehen. Weiterhin bestehen bleibt die Sonderabfallsammelstelle in Zürich-Hagenholz.

## Sonderabfälle

*Behandlungsarten von Sonderabfällen in der Schweiz (BUWAL, 1989) und von aus dem Kanton Zürich direkt exportierten Sonderabfällen im Ausland (AGW, 1990)*

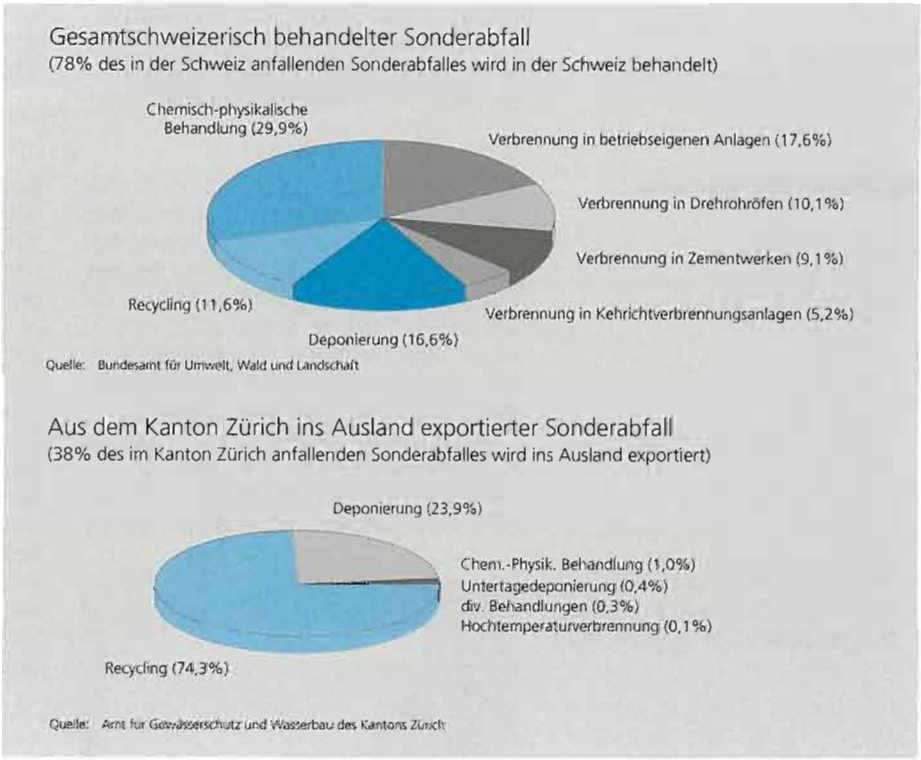


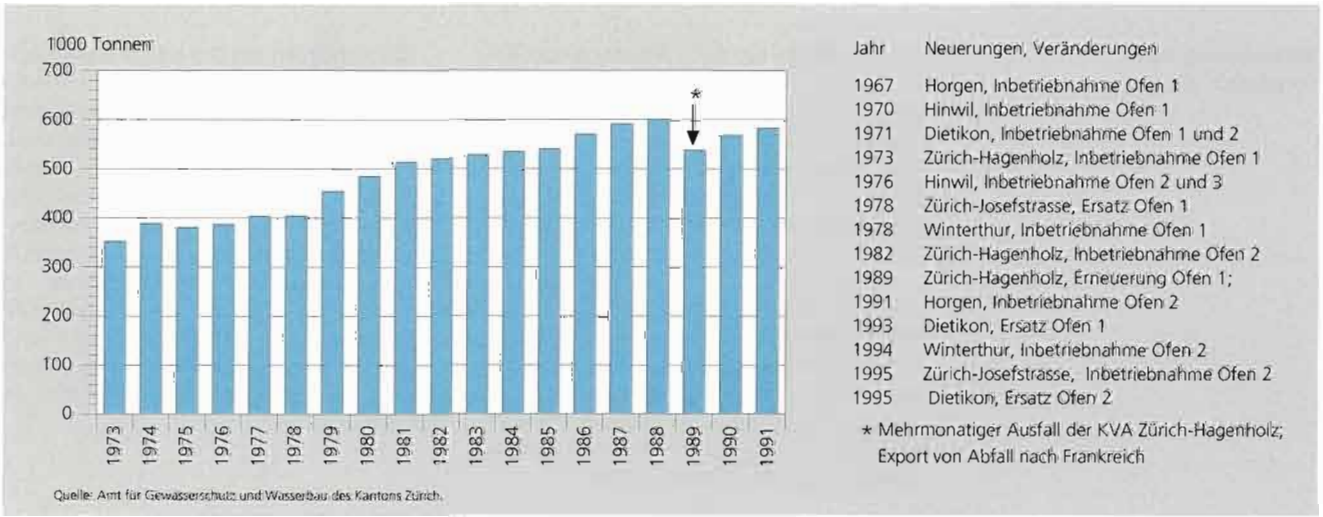

Abb. 47

# Abfallbehandlung

### Erst verbrennen, dann deponieren

*Total der in den zürcherischen KVA verbrannten Abfälle 1973 – 1991*

Seit Mitte 1992 gelangt fast der gesamte Hauskehricht des Kantons Zürich, das heisst alle brennbaren Siedlungsabfälle, die keiner Verwertung zugeführt werden können, in eine der sechs zürcherischen Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA). Eine Ausnahme bilden die Abfälle der Gemeinden Flurlingen und Feuerthalen, welche der Abfallbehandlungsanlage Beringen (SH) zugeführt werden, sowie der Siedlungsabfall aus dem Knonaueramt, der 1992 noch in der Reaktordeponie Tambrig in Obfelden abgelagert




| 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 |
| 1993 | Dietikon, Ersatz Ofen 1 |
| 1994 | Winterthur, Inbetriebnahme Ofen 2 |
| 1995 | Zürich-Josefstrasse, Inbetriebnahme Ofen 2 |
| 1995 | Dietikon, Ersatz Ofen 2 |

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

Abb. 48

# Abfallbehandlung

wurde. 1991 stammten zudem rund 37'000 Tonnen der im Kanton Zürich verbrannten Abfallmenge aus ausserkantonalen Gebieten (hauptsächlich Kanton Zug und Schaffhausen).

Die in den KVA des Kantons Zürich verbrannte Abfallmenge hat bis 1988 kontinuierlich zugenommen. Seither ist eine leichte Abnahme zu verzeichnen. Der deutliche Rückgang von 1989 beruht allerdings auf einem mehrmonatigen Ausfall der KVA Hagenholz und dem damit verbundenen Export eines Teils der Abfälle nach Frankreich.

Um die Hälfte abgenommen hat zwischen 1988 und 1991 das in Reaktordeponien eingebaute Material. Dabei ging der Anteil Bauabfälle seit 1988 um fast 60 % zurück. 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.

*In Reaktordeponien abgelagertes Material 1988 – 1991*

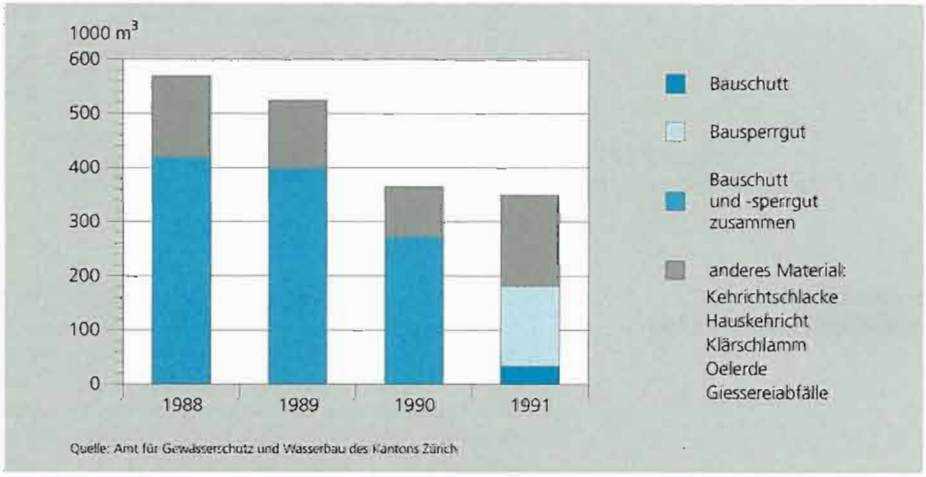


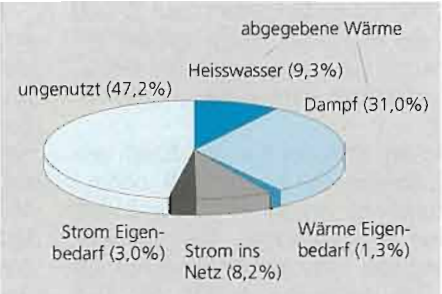

Abb. 49

**Ausrüstungsstand der Verbrennungsanlagen**

Eine zeitgemässe Kehrichtverbrennungsanlage muss, damit sie die Bestimmungen der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) erfüllt, mit Elektrofiltern (Entstaubung der Rauchgase) und mit Anlagen zur weitergehenden Rauchgasreinigung (WRR, Entfernung von Schwermetallen und Säuren) ausgerüstet sein. Zur Reduktion der Stickoxid-Emissionen werden die KVA bis 1994 mit sogenannten DENOX-Anlagen ausgerüstet sein müssen. Mit Ausnahme der bereits vollständig umgerüsteten KVA Josefstrasse (Stadt Zürich) sind 1992 die Anpassungsarbeiten teils in Planung, teils in Ausführung. Grosse Anstrengungen werden zudem unternommen, um die Rückstände aus der Rauchgasreinigung so zu behandeln, dass sie in einer Reststoffdeponie abgelagert werden können.

# Abfallbehandlung

## Produktion nutzbarer Energie




| Energie aus KVA (1991) | | MWh/Jahr |
|---|---|---|
| Wärmeabgabe an Dritte | Heisswasser | 134717 |
| | Dampf | 448535 |
| Wärme Eigenbedarf | | 18920 |
| Strom ins Netz | | 119166 |
| Strom Eigenbedarf | | 43196 |
| ungenutzte Wärme | | 684122 |

Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

*Energieproduktion und -verbrauch der KVA 1991*

Abb. 50

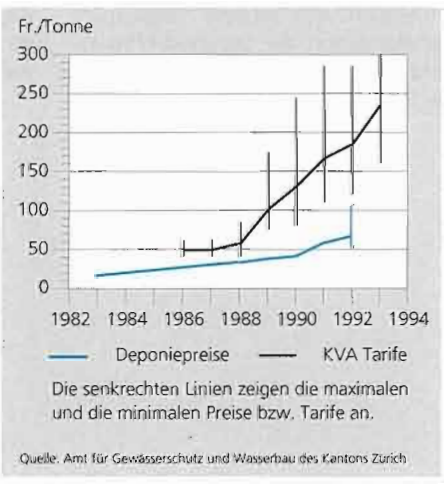
Bei der Verbrennung der Abfälle in der KVA wird Energie in Form von Wärme und Elektrizität erzeugt. Die von allen KVA im Kanton Zürich produzierte Gesamtenergie von 1,4 Mio. MWh entspricht in etwa dem Energieverbrauch von 41'000 Haushalten. (Der Energieverbrauch eines 4-Personen-Haushaltes in einer Mehrfamilienhauswohnung, inkl. Heizung, Warmwasser und einem Auto mit 15'000 km/Jahr Fahrleistung entspricht etwa 35 MWh/Jahr). Zum Vergleich: Die Stadt Winterthur hat rund 40'000 Haushalte und 87'000 Einwohner. Lediglich die Hälfte der Energieproduktion der KVA kann zur Zeit genutzt werden. Der grösste Teil davon wird in Form von Heisswasser oder Strom an Private (Betriebe, Haushaltungen) abgegeben, ein kleiner Teil wird für den Betrieb der Anlage selbst verwendet.

## Begrenzte Verbrennungskapazitäten

Der zunehmende Kunststoff- und Holzanteil bzw. der abnehmende Anteil an kompostierbarem Material im Kehricht erhöht dessen Heizwert und reduziert damit die Durchsatzkapazität der Verbrennungsöfen. In naher Zukunft ist noch nicht mit einer wesentlichen Heizwertverminderung des durchschnittlichen Kehrichts zu rechnen. Da aber seit Beginn der 90er Jahre sämtliche Anlagen im Kanton Zürich ohne Reservekapazitäten, welche im Falle von Havarien oder Revisionen notwendig sind, betrieben werden müssen, drängt sich der Ausbau der Verbrennungsanlagen durch die Installation zusätzlicher oder den Ersatz alter Öfen auf. Ausbauarbeiten sind in Dietikon und Winterthur im Gang, für die KVA Josefstrasse (Zürich) wurden sie 1991, in Hinwil 1992 beschlossen.

## Deponien und Deponieplanung

Zur Entsorgung unserer Abfälle sind heute gemäss der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) noch drei Deponietypen zugelassen. Erstens die Inertstoffdeponie (für gesteinsähnliche Abfälle), zweitens die Reststoffdeponie (für erzähnliche Abfälle) und drittens die Reaktordeponie (für Abfälle, welche noch ein chemisches Reaktionsvermögen aufweisen). Da diese Unterscheidung der Deponietypen offiziell erst seit Februar 1992 (Inkrafttreten der TVA) gemacht wird und im Kanton Zürich seither keine neuen Deponien errichtet wurden, sind praktisch alle bewilligten Deponien im Kanton Zürich dem Typ Reaktordeponie zugeordnet.




Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

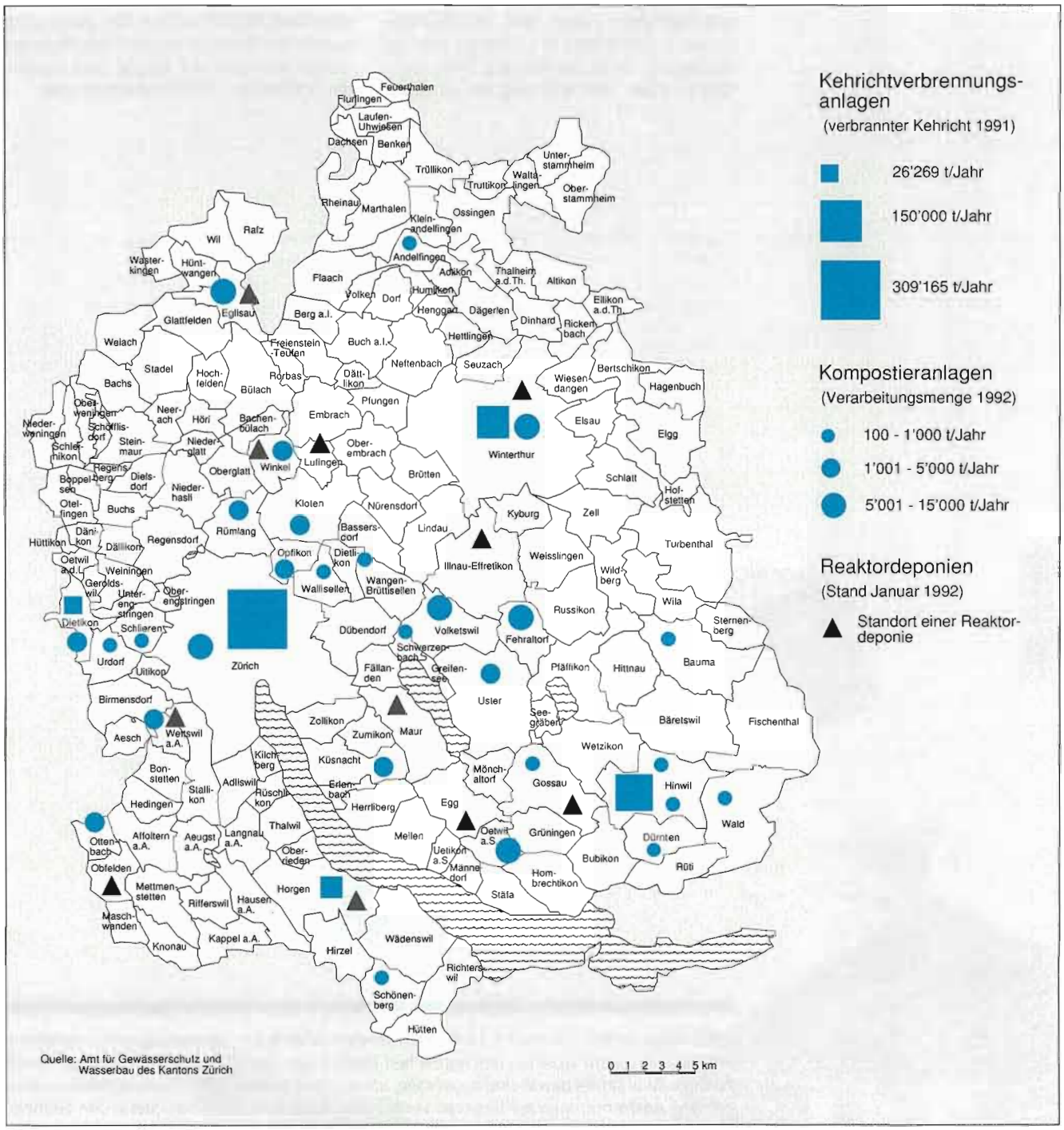
*Entwicklung der durchschnittlichen Deponiepreise für Bauschutt und durchschnittliche KVA-Tarife 1982 – 1993*

Abb. 51

Gemäss der TVA hat der Kanton den Bedarf an Deponievolumen für die nächsten 20 Jahre nachzuweisen und die notwendigen Deponiestandorte festzusetzen. Mögliche Standorte werden zur Zeit in einem mehrstufigen Verfahren geprüft und später in den kantonalen Richtplan aufgenommen.

Durch den knapper werdenden Deponieraum und infolge der strengen Umwelt-

# Abfallbehandlung




*Standorte der Kehrichtverbrennungsanlagen, der Kompostieranlagen und der Reaktordeponien 1991/1992* Karte 17

# Abfallbehandlung

schutzauflagen haben sich die Deponiekosten in den letzten 5–10 Jahren mehr als verdoppelt. Diese Entwicklung trägt ebenfalls zu einer Verminderung der zu deponierenden Abfallfraktionen bei, da aus ökonomischen Gründen bei der Produktion von Gütern vermehrt auf Menge und Qualität der anfallenden Abfälle geachtet wird.




*1990 fielen im Kanton rund 2,4 Millionen Tonnen Abfälle zur Verwertung und Entsorgung an. Dies entspricht einer durchschnittlichen Menge von über 2'000 kg pro Kopf der Bevölkerung. Zwei Drittel davon sind Bauabfälle, etwas mehr als ein Viertel Siedlungsabfälle. Trotz grossen Anstrengungen zur besseren Verwertung haben die Abfallmengen in den Gemeinden parallel zum Wirtschaftswachstum zugenommen. Das Ziel einer Stagnation oder Reduktion der gesamten Abfallmenge ist noch nicht erreicht.*

*Erst ein Teil der Kehrichtverbrennungs- und Deponieanlagen erfüllt die heutigen Umweltvorschriften. Ausbau- und Anpassungsarbeiten sorgen dafür, dass die gesetzlichen Vorschriften eingehalten werden. Im Rahmen der Abfallplanung wird unter anderem der zukünftige Bedarf an Behandlungsanlagen ermittelt, und im laufenden Richtplanverfahren werden die Standorte für zukünftige Behandlungsanlagen vorsorglich gesichert. Damit soll eine Behandlung und Entsorgung der anfallenden Abfälle, insbesondere auch der Sonderabfälle und der Rückstände aus den Kehrichtverbrennungsanlagen, innerhalb der Kantonsgrenzen mittelfristig besser gewährleistet werden.*

## Störfälle

Die Wahrscheinlichkeit von Unfällen mit erheblichen Einwirkungen nimmt in der Regel in dichter besiedelten Gebieten mit besonders intensiver Wirtschaftstätigkeit zu. Wie bedeutend dieses Risikopotential im Kanton Zürich ist, wird sich erst aufgrund von Erhebungen der Koordinationsstelle für Störfallvorsorge charakterisieren lassen. Durch den Vollzug der im April 1991 in Kraft getretenen Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV) sollen Bevölkerung und Umwelt vorsorglich vor schweren Schädigungen durch solche Ereignisse geschützt werden.

Störfälle im Sinne der StFV sind relativ selten. Gesamtschweizerisch können seit 1980 etwa zehn Ereignisse als Störfälle bezeichnet werden. Keines davon fand auf dem Gebiet des Kantons Zürich statt. Eine schwere Schädigung der Bevölkerung trat glücklicherweise nie auf. Eine Schädigung der Umwelt, wenn auch nicht nachhaltig und nicht irreversibel, musste hingegen in mehreren Fällen verzeichnet werden. Rund 80 % der transportierten Gefahrengüter bestehen aus Benzin, Kerosin (Flugzeugtreibstoff) und Heizöl. Entsprechend überwiegen auch Störfälle mit solchen Stoffen.

*Liste der Störfälle in der Schweiz 1980 – 1992*

| | | |
|---|---|---|
| **20. August 1982** | **Pratteln:** | Lagerhausbrand |
| **1. November 1986** | **Schweizerhalle:** | Grosser Lagerhausbrand |
| **19. September 1988** | **Au/SG:** | Grossbrand und Gewässerverschmutzung nach Entgleisen eines Güterzuges mit insgesamt 18 Kesselwagen (1,5 Mio. Liter) Kerosin |
| **21. Dezember 1989** | **Basel:** | Austritt von ca. zwei Tonnen Chlorsulfonsäure wegen Überfüllen eines Tanks |
| **2. Oktober 1990** | **Visp:** | Entweichen von mehreren zehn Kilogramm Chlorgas |
| **5. Januar 1991** | **Stein/Säckingen:** | Grossbrand und (eher geringfügige) Gewässerverschmutzung nach Entgleisen eines Güterzuges |
| **4. Februar 1991** | **St. Niklaus/VS:** | Boden- und Gewässerverschmutzung nach Entgleisen eines Heizölzisternenwagens |
| **14. Oktober 1991** | **Landquart:** | Kollision mit Güterzug, Grundwasserverschmutzung durch auslaufendes Benzin |
| **25. Januar 1992** | **Genf/Cointrin:** | Auslaufen von 500'000 Litern Kerosin aus einem Treibstofflager; Verschmutzung von Kläranlage und Rhone |
| **2. November 1992** | **Susten/BE:** | Schwere Explosion in einer Munitionskaverne; sechs Tote, hoher Sachschaden |

Tab. 5

## Unfälle

Im Kanton Zürich mussten in den Jahren 1990 bis 1992, also seit Arbeitsaufnahme der kantonalen Koordinationsstelle für Störfallvorsorge (KSF), im Bereich «Chemieereignisse» verschiedene grössere Unfälle verzeichnet werden. Zu den meisten mussten Chemieberater des Wissenschaftlichen Dienstes der Stadtpolizei Zürich aufgeboten werden. Den Einsatzkräften von Feuerwehr und Polizei gelang es allerdings immer, die Ereignisse rasch unter Kontrolle zu bringen.

*Liste grösserer Unfälle im Bereich der «Chemieereignisse» im Kanton Zürich (Auswahl) 1990 – 1992*

| | | |
|---|---|---|
| **9. Februar 1990** | **Uetikon:** | Ausfluss von 14'000 Litern eines Fällungsmittels in den Zürichsee |
| **11. Mai 1990** | **Zürich:** | Freisetzung von Ammoniak aus Kühlanlage |
| **6. Juni 1990** | **Zürich:** | Explosion in Chemielabor |
| **27. August 1990** | **Oberglatt:** | Auslaufen von Kerosin aus Zisternenfahrzeug |
| **5. Oktober 1990** | **Zürich:** | Auslaufen von 7'000 bis 8'000 Litern Benzin in Kanalisation und Kläranlage |
| **25. Oktober 1990** | **Zürich:** | 200 Liter Öl aus Ölschlauch eines Krans ausgelaufen, Kontamination des Erdreiches |
| **5. März 1991** | **Dielsdorf:** | Freisetzung von Ammoniak bei Kunsteisbahn |
| **22. März 1991** | **Meilen:** | Freisetzung von Ammoniak aus Kühlanlage |
| **18. Juni 1991** | **Zürich:** | Gasexplosion in Wohnhaus; drei Verletzte |
| **12. Juli 1991** | **Hegnau:** | Tankexplosion in Chemiebetrieb; ein Toter |
| **15. Juli 1991** | **Meilen:** | Ammoniakfreisetzung aus Kühlanlage |
| **14. August 1991** | **Schlieren:** | 2'000 Liter Heizöl in Limmat geflossen |
| **26. September 1991** | **Zürich:** | Freisetzung von Chlor aus Entgiftungsanlage |
| **29. Oktober 1991** | **Fehraltorf:** | Fischsterben nach Beschädigung des biologischen Teiles einer Kläranlage durch konzentriertes Reinigungs- und Dispergiermittel |
| **13. November 1991** | **Dietikon:** | 2'000 Liter Heizöl in Limmat ausgelaufen |
| **5. Dezember 1991** | **Winterthur:** | Gasexplosion in Reihenhaus; zwei Tote |
| **3. April 1992** | **Samstagern:** | Schädigung einer Kläranlage durch illegale Abwassereinleitung aus Verzinkerei |
| **18. Mai 1992** | **Zürich:** | Auslaufen von 1'800 Litern phosphorsäurehaltiger Flüssigkeit |
| **29. Juli 1992** | **Urdorf:** | Fischsterben nach Gewässerverschmutzung durch Photochemikalien |
| **1. August 1992** | **Dielsdorf:** | Freisetzung von Ammoniak bei Kunsteisbahn; zwölf Leichtverletzte |

Tab. 6

# BEANSPRUCHTE RESSOURCEN

# BEANSPRUCHTE RESSOURCEN

## Wasser und Gewässer


Funktionen des Wassers für den Menschen 89
Wasserverbrauch 90


## Luft


Zusammensetzung und Aufbau der Atmosphäre 93
Luftverbrauch durch den Menschen 94
Schadstoffe in der Atmosphäre 94
Überbelastung der natürlichen Reinigungssysteme 95
Das $CO_2$-Problem 96


## Boden/Flächennutzung


Bodenaufbau 99
Nutzung des Bodens durch den Menschen 100




# Funktionen des Wassers für den Menschen

Der Mensch nutzt das Wasser und die Gewässer nicht nur für unmittelbare biologische Bedürfnisse, sondern setzt sie in vielfältiger Weise für technische Anwendungen ein. Dadurch werden Wasser und Gewässer sowohl qualitativ als auch quantitativ beeinträchtigt.

Die wichtigsten Nutzungen des Wassers durch den Menschen sind:

- Trinkwasserversorgung und Hygiene
- Bewässerung
- Transport flüssiger und fester Abfälle
- Energiegewinnung
- Erholung und Sport
- Fischerei
- Schiffahrt
- Kühlung und Wärmegewinnung

Drei grundsätzlich verschiedene "Schicksale" von Stoffen in Gewässern bzw. Abwässern, welche in beschränktem Masse auch für andere Stoffe Gültigkeit haben, sollen an drei Beispielen erläutert werden.

*Stoffffluss bzw. Abbau von Stoffen in Kanalisation, Kläranlage und Gewässern*

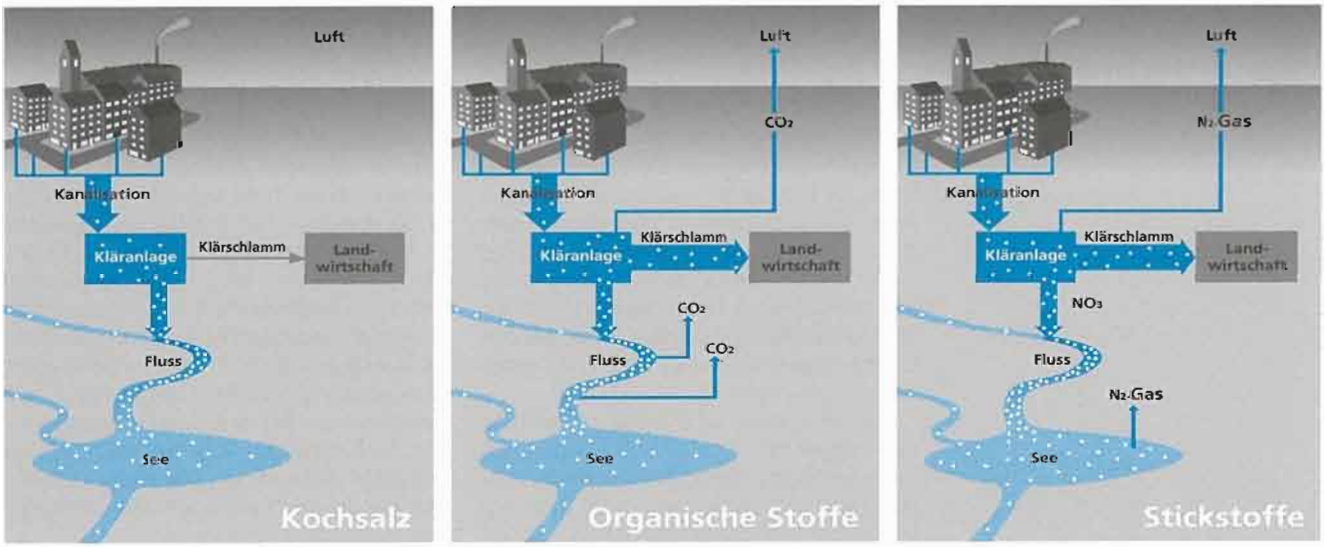



Abb. 52

**Transport von nicht abbaubaren Stoffen**

Die Abwässer aus den Siedlungsgebieten enthalten unter anderem Kochsalz (NaCl). Dieses gelangt in die Kläranlage, wird dort aber weder umgewandelt noch abgebaut und erreicht somit das Gewässer unverändert. Durch Verdünnung mit unbelastetem Wasser sinkt zwar die Salzkonzentration im Fluss und im See. Die gesamte Salzmenge wird jedoch bis ins Meer transportiert.

**Abbau von organischen Stoffen**

Täglich gelangen pro Einwohner rund 50 Gramm organische Stoffe via Kanalisation in die Kläranlage. Es handelt sich dabei sowohl um Naturstoffe wie Körperausscheidungen als auch um synthetische Produkte aus Wasch- und Reinigungsmitteln sowie andern Produkten aus Haushalt, Industrie und Gewerbe. Leicht abbaubare, organische Abwasserinhaltstoffe werden in der Kläranlage durch Mikroorganismen zu Kohlendioxid ($CO_2$) und Wasser abgebaut oder für das eigene Wachstum benötigt. Dadurch nimmt die Menge der Mikroorganismen, der Belebtschlamm, zu. Eine zusätzliche Abwasserreinigung erfolgt durch Anlagerung von Stoffen an die Schlammpartikel. Der überschüssige Belebtschlamm wird in Faulräumen zu Klärschlamm verarbeitet. Organische Stoffe, die in der Kläranlage nicht entfernt werden können, gelangen als Restverunreinigung in die Gewässer. Ein Teil davon wird im Fluss oder See durch die dort lebenden Mikroorganismen abgebaut, während schwerabbaubare Substanzen in verdünnter Konzentration bis ins Meer gelangen.

## Funktionen des Wassers für den Menschen

**Abbau von Stickstoffverbindungen**

In Form von Fäkalien gelangen pro Einwohner täglich rund 12 Gramm organische Stickstoffverbindungen und Ammonium ($NH_4$) in die Kläranlage. Spezialisierte Bakterien wandeln diese Stoffe in Nitrat ($NO_3$) um. Ein Teil des Stickstoffes wird im Klärschlamm fixiert und damit aus dem Abwasser entfernt. Unter anaeroben Betriebsbedingungen (ohne Sauerstoff) verarbeiten Mikroorganismen einen Teil des Nitrats zu gasförmigem Stickstoff ($N_2$). Mit dem gereinigten Abwasser gelangt das verbleibende Nitrat ins Gewässer. Insbesondere in nährstoffreichen Seen erfolgt eine ausgeprägte mikrobielle Umwandlung des Nitrats in Stickstoffgas ($N_2$), welches in die Atmosphäre entweicht. Dies bedeutet, dass die Gewässer selbst massgeblich für die Verringerung ihrer Stickstoffbelastung sorgen.

## Wasserverbrauch

Der mittlere spezifische Wasserverbrauch im Kanton Zürich stieg seit 1930 von rund 250 Litern pro Einwohner und Tag auf ein Maximum von 426 Litern in den 70er Jahren. Darin sind die Anteile der Industrie, des Gewerbes und der Landwirtschaft sowie die Verluste aus dem Leitungsnetz enthalten. 65% dieses Wassers werden heute aus den Grundwasserströmen (vgl. Seite 124, Grundwasser) gewonnen.

Während rund zehn Jahren schwankte der Wasserverbrauch um 420 Liter, und nahm erstmals anfangs der 80er Jahre leicht ab. Er liegt heute knapp unter 400 Litern pro Einwohner und Tag. Es scheint sich eine Stabilisierung auf diesem Niveau einzustellen. Die Trendwende anfangs der 80er Jahre erklärt sich durch die Verschärfung betrieblicher Vorschriften (z. B. Wasserrezirkulation in Industrie und Gewerbe) sowie aufgrund der in den letzten Jahren teilweise markant erhöhten Wassertarife. Da neben den noch immer ansteigenden Wassertarifen auch die Abwassergebühren vermehrt aufgrund des Trinkwasserverbrauchs in Rechnung gestellt werden, beginnen sich Sparanstrengungen für die Bezüger finanziell zunehmend auszuzahlen. Entsprechend ist auch zukünftig mit keinen entscheidenden Verbrauchssteigerungen mehr zu rechnen.

*Entwicklung des Wasserverbrauchs seit 1930*

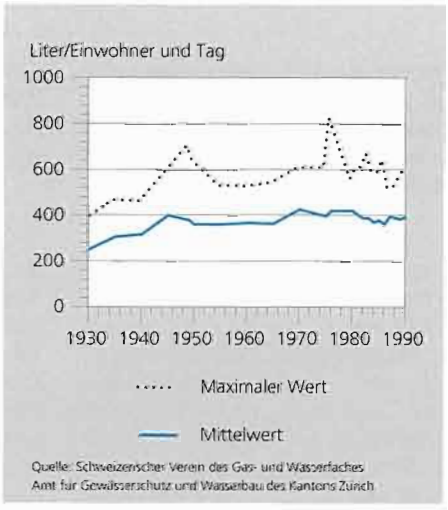
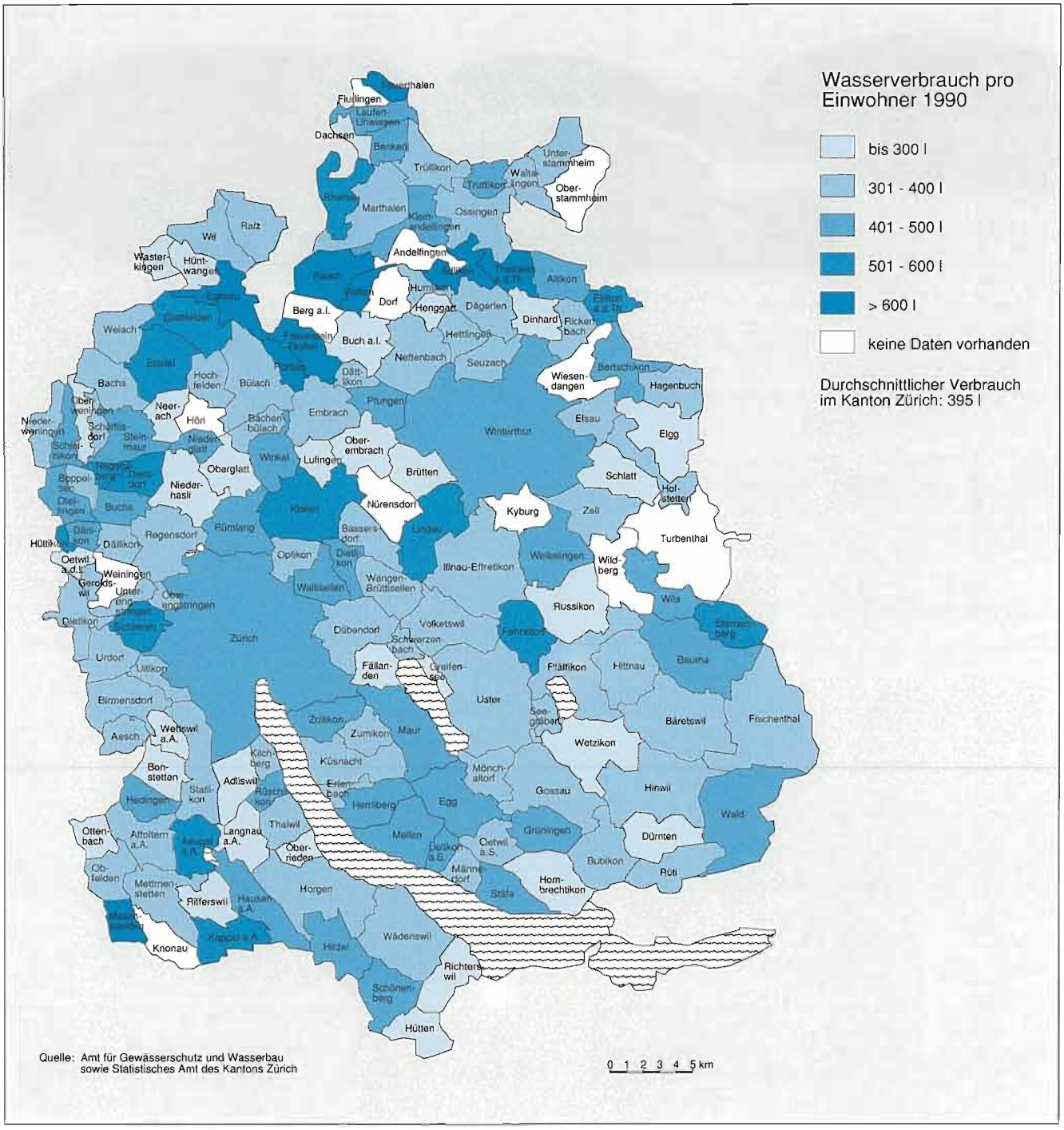
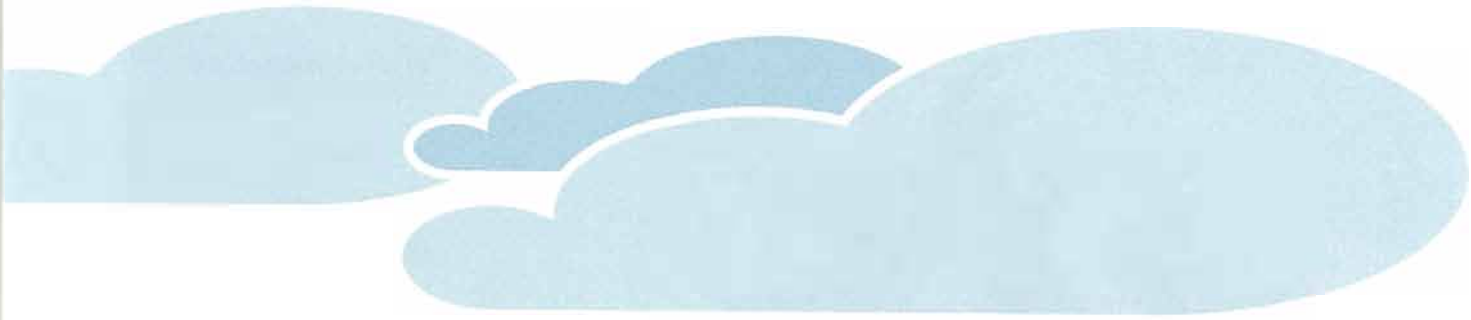



Abb. 53

# Wasserverbrauch




*Wasserverbrauch pro Einwohner 1990* Karte. 18



# Zusammensetzung und Aufbau der Atmosphäre

Die Atmosphäre, die als dünner Gasschleier unseren Planeten umspannt, bildet eine der Grundlagen für das Leben auf der Erde und bietet diesem gleichzeitig in verschiedenster Weise (z. B. Regulierung der Sonneneinstrahlung) Schutz. In ihr finden vielfältigste Stoff- und Energieflüsse statt, welche zum grössten Teil durch die Sonnenstrahlung angetrieben werden und sich in einem dynamischen Gleichgewicht halten.

Die Atmosphäre gliedert sich in Schichten («Stockwerke»), die sich hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung sowie der physikalischen Bedingungen unterscheiden. Das erdnächste Stockwerk ist die Troposphäre, in der sich das Wettergeschehen mit Winden, Wolken, Niederschlägen, Gewittern abspielt, aufgeteilt in die bodennahe Grenzschicht bis in eine Höhe von 1–2 km sowie die darüberliegende freie Troposphäre bis in eine Höhe von 8–12 km. Als Stratosphäre wird das darüberliegende Stockwerk bezeichnet. Es weitet sich bis in eine Höhe von ca. 50 km aus. Darin befindet sich, zwischen rund 15 und 30 km Höhe, der UV-Strahlung absorbierende Ozonschild. Er enthält über 90 % des gesamten in der Atmosphäre befindlichen Ozons.

*Zusammensetzung der atmosphärischen Luft*

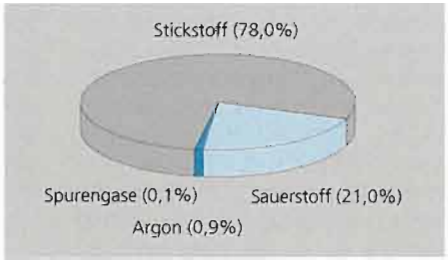



Abb. 54

*Die Stockwerkeinteilung der Erdatmosphäre und Entwicklung der durchschnittlichen Ozon-Konzentration: diese hat in den letzten Jahrzehnten in bodennahen Schichten zu-, in der Stratosphäre jedoch abgenommen.*

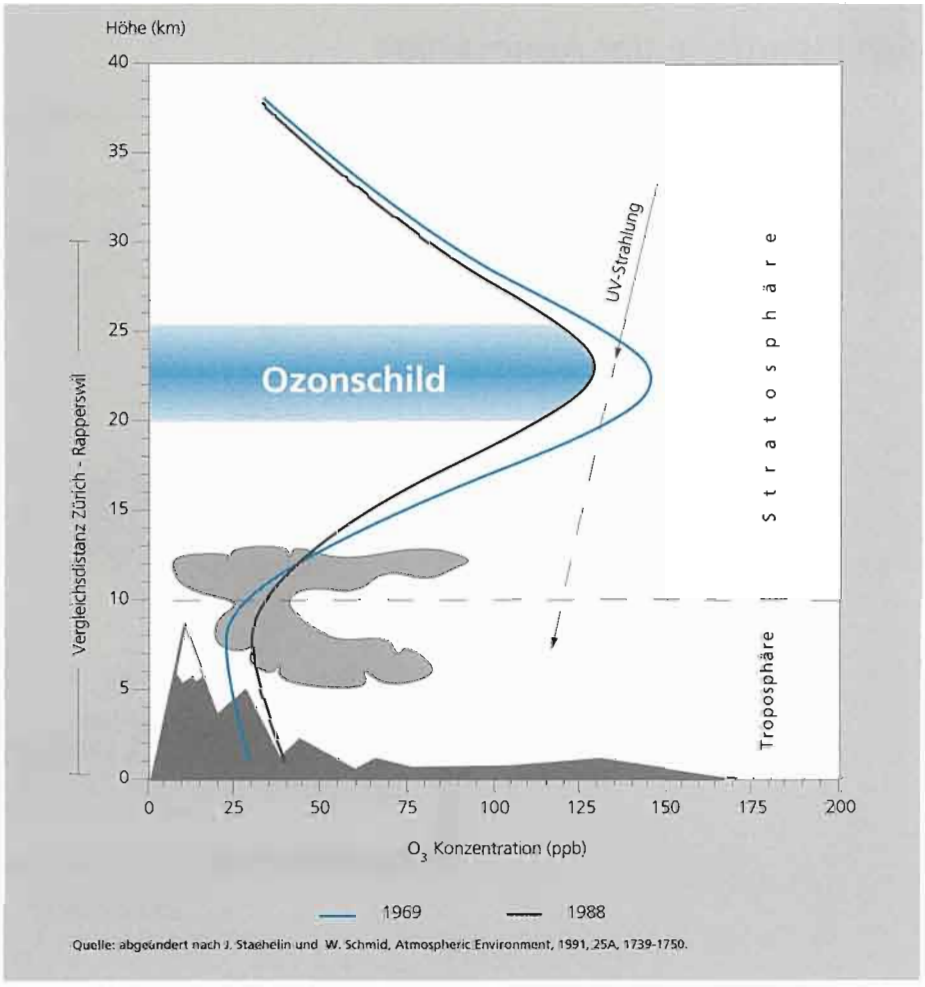



Abb. 55

## Luftverbrauch durch den Menschen

Als sauerstoffatmendes Lebewesen braucht der Mensch Luft zum Leben. Luft enthält den lebensnotwendigen Sauerstoff, der für die Zellatmung und damit zur Energiegewinnung durch Oxidation gebraucht wird. Darüberhinaus hat die Luft eine Reihe weiterer lebenswichtiger Funktionen: etwa für die Kommunikation (Übertragung der Schallwellen beim Reden) oder das Pflanzenwachstum (Transport von Pollen, Samen usw.).

Erwachsene mit einem durchschnittlichen Lungenvolumen von 4,5 Litern atmen unter Normalbelastung täglich etwa 8000 - 9000 Liter Luft. Beim Atemvorgang werden nur rund 23% des in der Atemluft enthaltenen Sauerstoffs durch den Kreislauf aufgenommen. Daraus lässt sich ein durchschnittlicher Sauerstoffbedarf von etwa 450 Litern oder 0,6 kg pro Tag, bzw. rund 220 kg pro Jahr und Person ableiten. Auf die Bevölkerung des Kantons Zürich umgelegt, ergibt das im Jahr einen Bedarf von über 250'000 Tonnen Sauerstoff. Dazu strömen jährlich insgesamt etwa 3,5 Mia. $m^3$ Atemluft durch die Lungen der Zürcher Bevölkerung.

Einen etwa zwölfmal höheren Sauerstoffumsatz erfordert im Vergleich dazu der durchschnittliche Betrieb eines Autos, nämlich etwa 5'500 Liter oder 7,7 kg täglich, bzw. gegen 2'800 kg pro Jahr (Annahme: jährliche Fahrleistung von 15'000 km und 8 l/100 km Benzinverbrauch). Ungefähr in der gleichen Grössenordnung liegt der Sauerstoffbedarf für den Betrieb einer durchschnittlichen Einfamilienhausheizung, welche pro Jahr etwa 1000 Liter Heizöl extraleicht benötigt.

## Schadstoffe in der Atmosphäre

*Emission, Transmission und Immission von Luftschadstoffen*

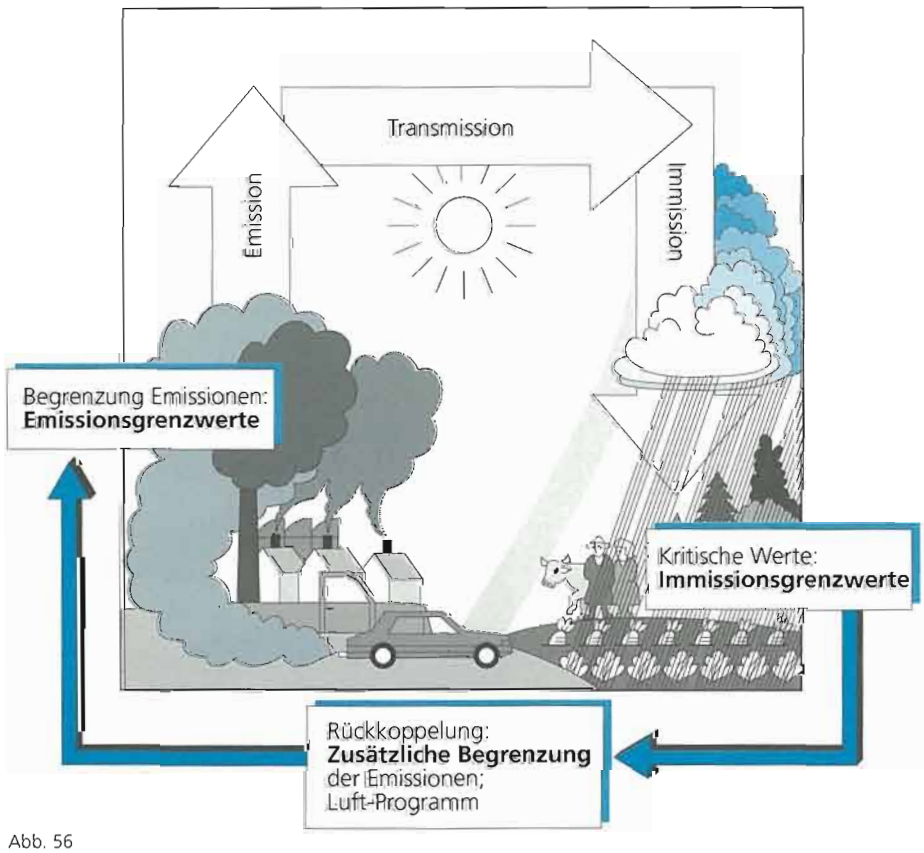



Abb. 56

## Schadstoffe in der Atmosphäre

Durch die vielfältige Nutzung der Luft gelangen aus natürlichen Quellen und durch menschliche Aktivitäten Schadstoffe in die Atmosphäre (Emission), in der sie durch den Wind transportiert und verdünnt werden und sich dabei teilweise chemisch umwandeln (Transmission, vgl. Abb. 56). Beim Übertritt (Immission) auf Empfänger, wie Menschen, Pflanzen, Tiere, Ökosysteme, Bauwerke und Materialien, lösen die in bestimmten Konzentrationen in der Luft eingelagerten Schadstoffe (vgl. Tab. 7 auf Seite 138) Belästigungen und Schädigungen aus. Viele dieser Schadstoffkreisläufe spielen sich aus klimatischen Gründen (beschränkter vertikaler Luftaustausch) nur in den untersten Luftschichten ab.

### Überbelastung der natürlichen Reinigungssysteme

In der Troposphäre sind natürliche «Luftreinigungssysteme» wirksam. Dazu gehören die komplexen Aktivitäten chemisch sehr reaktiver Substanzen wie Radikale (z. B. Hydroxylradikal) oder Ozon. Sie wandeln bestimmte Schadstoffe um und machen sie dadurch unschädlich. Als weitere Reinigungssysteme wirken Niederschläge (Regen, Schnee) sowie Ablagerungsmechanismen (Deposition, Staubniederschlag, Auskämmung).

Aufgrund der heutigen Luftverschmutzung sind diese natürlichen Systeme zunehmend überlastet. In industrialisierten Ländern ist der Mensch zu 90 % für die Schadstoffbelastung der Luft verantwortlich. Immer stärker bemerkbar werden zudem globale Auswirkungen, welche weniger durch die direkt gesundheitsschädlichen Stoffe, sondern durch klimawirksame oder ozonschildschädigende Spurengase verursacht werden.

# Das $CO_2$-Problem

## Der natürliche Treibhauseffekt

Die Temperatur an ihrer Oberfläche verdankt die Erde der Kombination von Sonneneinstrahlung und der besonderen Wirkungsweise der Atmosphäre in ihrer heutigen Zusammensetzung. Ohne diesen dünnen Gasschleier von der Stärke etwa eines Promilles des Erddurchmessers wäre die Erdoberfläche bei durchschnittlich rund minus 18 Grad Celsius permanent tiefgefroren und wie der Mond ohne Atmosphäre extremsten Temperaturverhältnissen unterworfen. Tatsächlich beträgt die mittlere Oberflächentemperatur der Erde aber ungefähr plus 15 Grad Celsius. Diesen Unterschied, der unsere Lebensformen überhaupt erst ermöglicht, ist dem natürlichen Treibhauseffekt der Erdatmosphäre zuzuschreiben. Die von der Sonne permanent eingestrahlte Energie wird von den oberen Schichten der Atmosphäre zu einem kleinen Teil reflektiert, zum grössten Teil aber ungehindert in Form kurzwelligen, sichtbaren Lichts zur Erdoberfläche durchgelassen. Weil die Erde sich im thermischen Gleichgewicht befindet, strahlt sie diese Energie in Form von Wärme im längerwelligen Infrarotbereich wieder ab. Für diese längerwellige Abstrahlung der Erde ist die Atmosphäre indes nurmehr teilweise durchlässig; ein beträchtlicher Teil wird absorbiert, die Atmosphäre wärmt sich auf. Vor allem der Wasserdampf, aber auch Spurengase in der Atmosphäre, wie Kohlendioxid ($CO_2$), Methan ($CH_4$) und andere, bewirken diese Wärmeabsorption. Würde die Atmosphäre sämtliche von der Erde abgestrahlte Wärmeenergie absorbieren, hätten wir eine gegenüber heute rund doppelt so hohe Durchschnittstemperatur (rund 31 Grad Celsius) an der Erdoberfläche. Die Spurengase in ihrer gegenwärtigen Zusammensetzung und Konzentration bewirken also nur eine teilweise Absorbtion der Wärmenergie; mit zunehmender Menge an Spurengasen steigt mithin auch die Absorbtionsleistung der Atmosphäre: der an sich natürliche Treibhauseffekt wird verstärkt.

## Anstieg des $CO_2$-Gehalts

Wie der Begriff es schon ausdrückt, sind die den natürlichen Treibhauseffekt regulierenden Spurengase in äusserst geringen Konzentrationen in der Atmosphäre enthalten. Schon eine mengenmässig bescheidene Zunahme beeinflusst deshalb das Absorptionsverhalten der Atmosphäre: sie wärmt sich zusätzlich auf. Als Folge menschlicher Aktivitäten werden verschiedene Spurengase wie Kohlendioxid ($CO_2$), Methan ($CH_4$), Lachgas ($N_2O$) und Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) in die Atmosphäre entlassen, wodurch ihr Gleichgewicht in Zusammensetzung und Konzentration gestört wird.

Das mengenmässig wichtigste Treibhausgas Kohlendioxid ($CO_2$) erfuhr im Laufe der Jahrmillionen mengenmässig markante Schwankungen, die, beispielsweise während der Eiszeiten, mit spürbaren Temperaturveränderungen gekoppelt waren. Nach einem Konzentrationsanstieg gegen Ende der letzten Eiszeit blieb der $CO_2$-Gehalt in der Atmosphäre relativ stabil und stieg erst zu Beginn des Industriezeitalters rasch an (vgl. Abb. 59). Heute liegt die $CO_2$-Konzentration um rund einen Viertel höher als vor 200 Jahren.

*Die wichtigsten Treibhausgase und ihr Beitrag zum künstlich forcierten Treibhauseffekt*

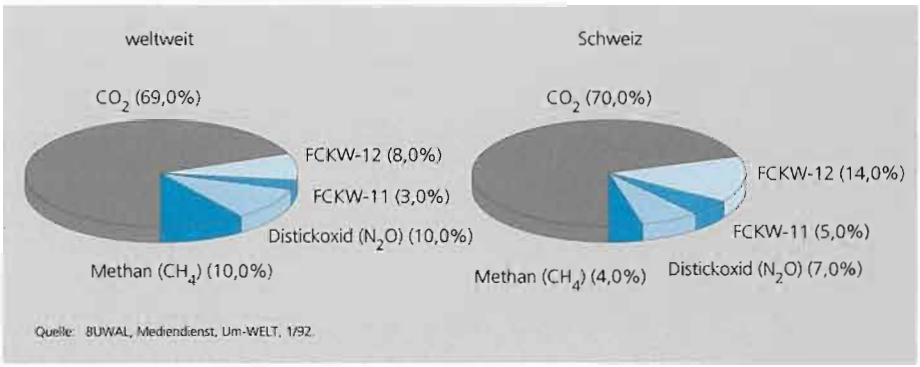
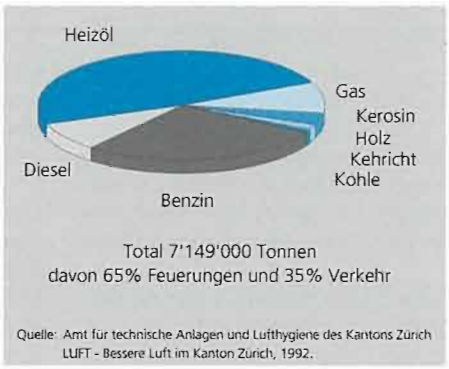



Abb. 57

# Das $CO_2$-Problem

## Fossile Brennstoffe als Hauptursache




*$CO_2$-Emissionen im Kanton Zürich aufgeteilt nach Energieträgern*

Abb. 58

Eine Hauptursache dieses $CO_2$-Anstiegs ist in der Nutzung von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdöl und Erdgas für Energiezwecke sowie als Treibstoff für Fahrzeuge zu suchen (vgl. Seite 55), da $CO_2$ eines der Hauptprodukte bei jeder Verbrennung darstellt. Global betrachtet werden bedeutende Mengen $CO_2$ ausserdem durch die intensive Land- und Forstwirtschaft (Brandrodung) freigesetzt.

Die fossilen Brennstoffe stellen zwar lediglich einen Vorrat von Kohlenstoff dar, der durch Pflanzen und Tiere einst aus $CO_2$ der Atmosphäre gebildet wurde. Die Bildung dieses Vorrats beanspruchte jedoch einen Zeitraum von Jahrmillionen, während sich die Verbrennung durch den Menschen innerhalb weniger Jahrzehnte vollzieht. Diese Übernutzung der fossilen Brennstoffe führt zu einem $CO_2$-Ausstoss in die Atmosphäre, welcher die natürlichen Systeme überfordert. Weder Pflanzen, die $CO_2$ für ihr Wachstum benötigen, noch Ozeane, die es in grossen Mengen zu speichern vermögen, können $CO_2$ im selben Tempo aufnehmen, wie es durch die Menschheit produziert wird. Als Folge davon steigt die Konzentration im Zwischenreservoir Atmosphäre kontinuierlich an.

## Auswirkungen

Der Anstieg der Spurengase in der Atmosphäre bewirkt direkt einen Anstieg der durchschnittlichen globalen Lufttemperatur. Dieser Anstieg beträgt aufgrund heutiger Kenntnisse 2 bis 3 Grad Celsius innerhalb der nächsten hundert Jahre, wobei nicht mit letzter Sicherheit gesagt werden kann, wieweit abschwächende oder verstärkende Prozesse (Rückkoppelungen) zum Tragen kommen. Ebenfalls noch nicht mit letzter Sicherheit lässt sich feststellen, ob die beobachtete Temperaturerhöhung der letzten hundert Jahre (vgl. Abb. 59) bereits eine Folge des künstlich forcierten Treibhauseffektes darstellt. In jedem Fall ist davon auszugehen, dass eine generelle Erwärmung der Erdatmosphäre von wenigen Zehntelsgraden pro Jahrzehnt zu gravierenden Auswirkungen auf die klimatischen Verhältnisse und damit für die Natur und die Gesellschaft führen wird.

*Entwicklung des $CO_2$-Gehaltes der Atmosphäre und Veränderung der globalen Temperatur seit Ende des letzten Jahrhunderts*

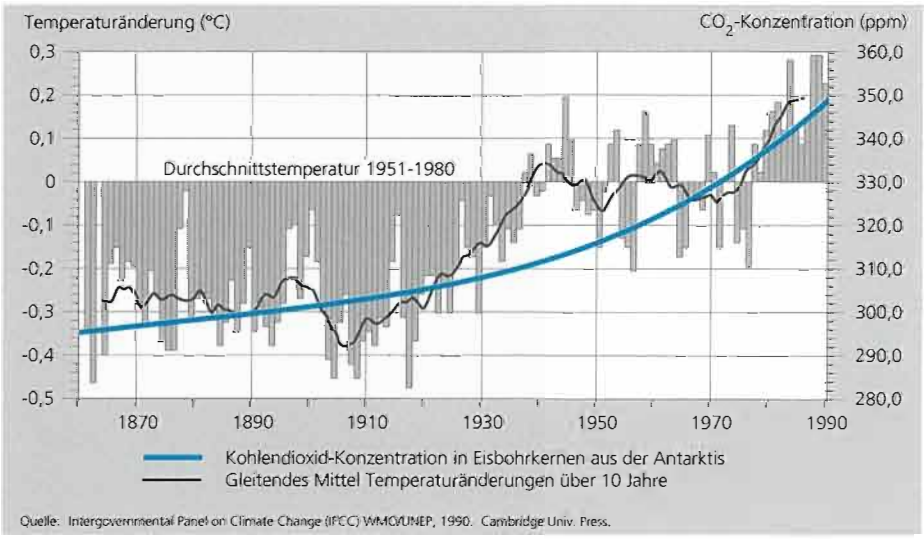



Abb. 59

# Das $CO_2$-Problem

**Regionale Unterschiede**

Erwartet werden als Folge der Erwärmung das Abschmelzen von Eisgebieten sowie ein Anstieg des Meeresspiegels, was insbesondere für dicht besiedelte Tieflandgebiete, wie z.B. Bangladesh oder die Niederlande, Probleme aufgeben wird. Eine Erwärmung der Atmosphäre bedeutet jedoch auch, dass deren Energieinhalt steigt und sich damit die Intensität von Wetterereignissen verstärken wird.

Das Ausmass der Veränderungen ist allerdings kaum abzuschätzen. Hinzu kommt, dass regional unterschiedliche, unter Umständen gar gegenläufige Entwicklungen stattfinden werden. So wird erwartet, dass die Erwärmung an den Polen stärker ausfallen wird als in der Nähe des Äquators und sich dadurch wichtige globale Zirkulationssysteme grundsätzlich ändern könnten. Für die Schweiz ist unter anderem der Rückzug der Gletscher und das Auftauen des Permafrostes im Gebirge von Bedeutung, wodurch die Abschwemmung von Gehängeschutt begünstigt und die Wasserabflussverhältnisse gestört werden.

Als einschneidend erweist sich zudem die Geschwindigkeit, mit welcher sich diese generelle Erwärmung vollzieht. Obwohl die Pflanzenwelt grundsätzlich von einem erhöhten $CO_2$-Pegel profitieren könnte, wird es Fauna und Flora nur sehr begrenzt möglich sein, sich den rasch ändernden Umweltbedingungen anzupassen. Rasche Anpassungen werden auch in der Landwirtschaft erforderlich sein, wo man sich im Pflanzenbau regional neuen Anbaukulturen wird zuwenden müssen.

**Massnahmen**

Um den Treibhauseffekt zu verlangsamen beziehungsweise aufzuhalten, sind sehr umfassende Massnahmen zur Verminderung der den Treibhauseffekt verstärkenden Spurengase notwendig. Im Bereich der FCKW wurden bereits internationale Abkommen getroffen. Um die $CO_2$-Konzentration auf dem heutigen Stand zu stabilisieren, ist eine Emissionsreduktion von mindestens 80 % erforderlich. Dies verlangt in der Schweiz eine starke Reduktion des Verbrauchs an Öl, Benzin und Gas, d.h. in erster Linie Massnahmen im Energie- und Verkehrsbereich (vgl. Seite 56 bzw. 139).

# Bodenaufbau

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

Ein Boden besteht aus einer Bodenmatrix von organischen und mineralischen Feststoffen sowie aus einem Porensystem, in welchem 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.

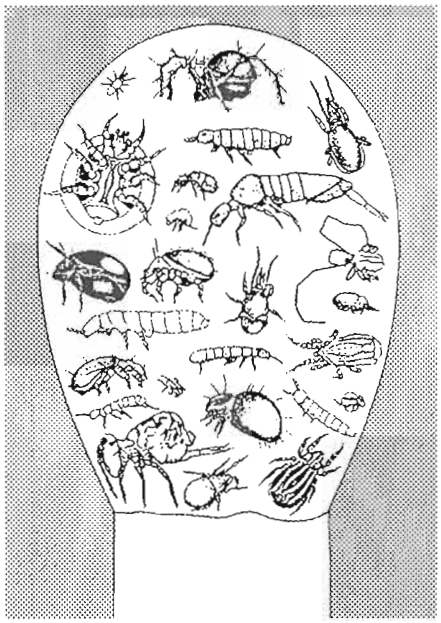


Abb. 60 Quelle: Schweizer Naturschutz, Nr. 4/85

*Eine Vielzahl von Kleinlebewesen bevölkert den Boden und nimmt wichtige ökologische Funktionen wahr; allein im Volumen eines Streichholzkopfes haben über hundert Milben und Springschwänze Platz*

# Nutzung des Bodens durch den Menschen

*Flächennutzung im Kanton Zürich aufgrund der Arealstatistik 1979/1985*

Der Boden stellt eine vielfältige Lebensgrundlage des Menschen dar. Als Baugrundfläche dient er der Erstellung von Siedlungen, Verkehrswegen und anderen Anlagen auch ausserhalb der Siedlungsgebiete. Von der Gesamtfläche des Kantons Zürich von 172'875 Hektaren entfallen 24% auf Gewässer, Siedlungsgebiete und Verkehrsflächen. Der Grossteil der Bodenfläche dient jedoch nach wie vor als Grundlage für die Nahrungsmittelproduktion durch die Landwirtschaft sowie der Forstwirtschaft. Diesen Nutzungsarten wird ein Teil der Fläche jeweils vorübergehend für den Materialabbau und die Bereitstellung von Deponieraum entzogen (vgl. auch Seite 82).

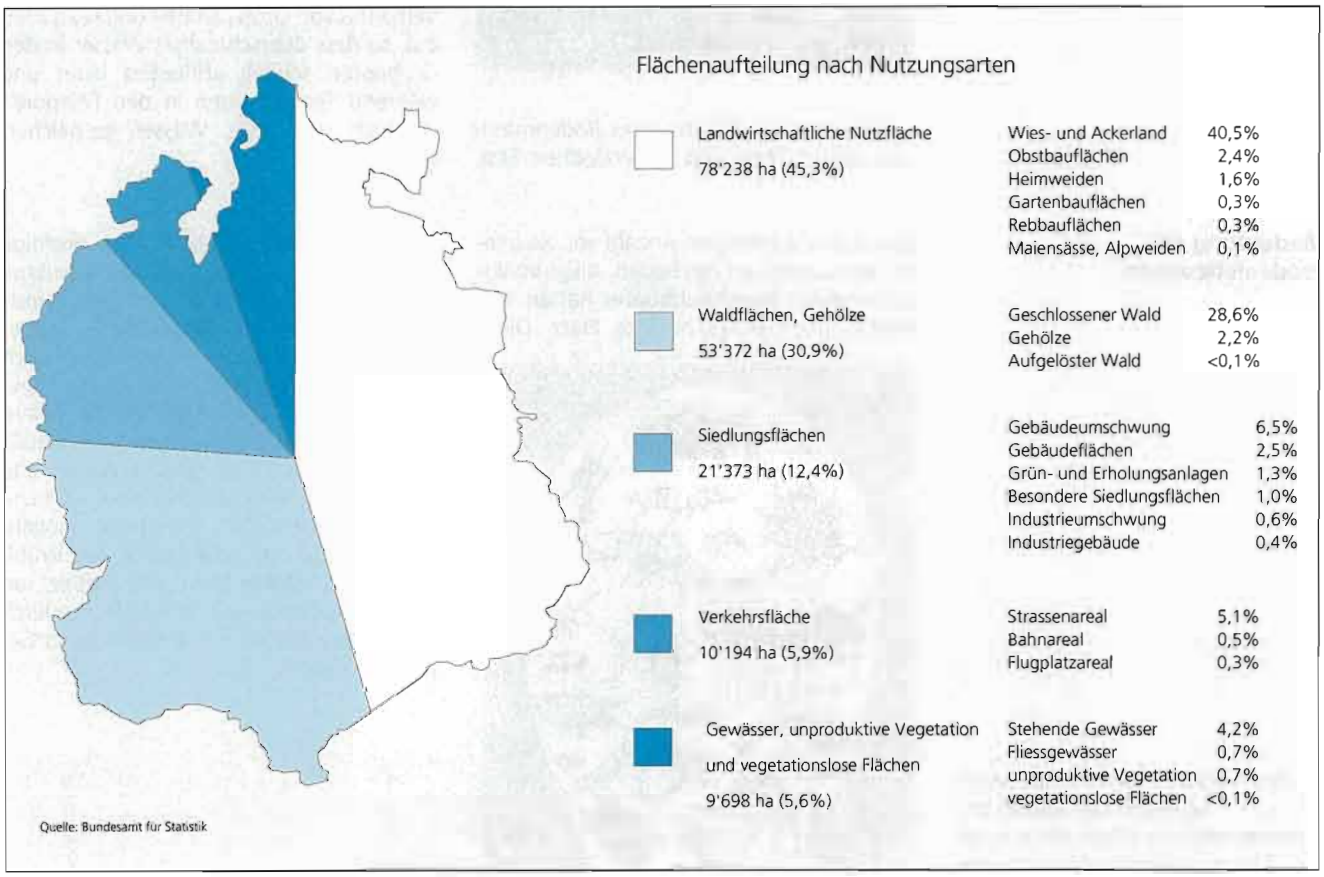



Abb. 61

**Rohstoffe/Kiesabbau**

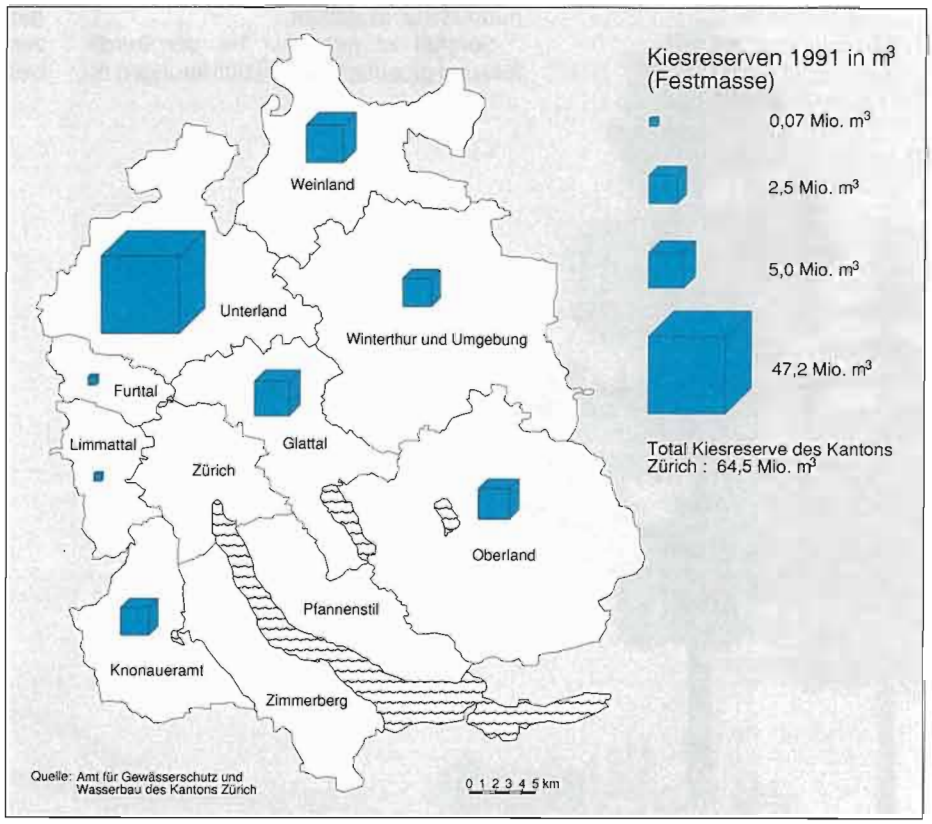
Lehm, Kies, Kalkstein und Glimmersand sind die wenigen anorganischen Rohstoffe, die im Kanton Zürich abgebaut werden. Während Lehm und Glimmersand in einigen wenigen Gruben in Rafz, Eglisau, Lufingen und Neftenbach in eher begrenzten Mengen gewonnen werden, stellt Kies den einzigen im Kanton in grösserer Menge verfügbaren Rohstoff dar. Er wurde von den Gletschern der letzten Eiszeit abgelagert und wird heute an verschiedenen Orten des Kantons Zürich abgebaut. Je nach Abbauort sind Kiesvorkommen unterschiedlicher Qualität vorhanden. 73 % der gesamten im Kanton vom Kiesabbau richtplanmässig festgelegten Flächen liegen in der Abbauregion Zürcher Unterland. Dort, hauptsächlich im Rafzerfeld, können grosse Mengen Kies bester Qualität abgebaut werden.

# Nutzung des Bodens durch den Menschen

**Beschränkte Kiesreserven**

Rund 80 % des 1991 im Kanton gewonnenen Kieses stammt aus dem Zürcher Unterland. Ein Kiesabbau mit weiträumig erheblichen Folgen für die Landschaft setzte erst nach dem zweiten Weltkrieg, vor allem seit den 60er Jahren ein. Von den gesamten bisher im Rafzerfeld festgelegten Abbaugebieten mit einem Kiesvorkommen von 65 bis 70 Mio. $m^3$ wurden bereits rund 50 Mio. $m^3$ abgebaut. Das in den festgelegten Abbaugebieten des Zürcher Unterlandes bewilligte Kiesabbauvolumen betrug 1991 noch 16,3 Mio. $m^3$, die gemäss kantonalem Richtplan für diese Region ausgewiesene totale Kiesreserve 47,2 Mio. $m^3$. Die Kiesvorkommen alleine im Rafzerfeld werden noch auf rund 540 – 580 Mio. $m^3$ geschätzt. Jedoch nur rund 90 Mio. $m^3$ davon liessen sich nach heutigen Kriterien mit vertretbarem Aufwand und tolerierbaren Umweltauswirkungen abbauen.

*Im kantonalen Richtplan festgelegte Kiesreserven des Kantons Zürich 1991*




Karte 19

Neue Kiesnutzungsgebiete werden nur bewilligt, wenn die entsprechenden Gebiete im kantonalen Richtplan eingetragen sind. Zudem muss ein kantonaler Gestaltungsplan vorliegen, in welchem unter anderem die Massnahmen zur späteren Rekultivierung aufgezeigt werden.

Da es sich bei Kies um ein begrenzt verfügbares Gut handelt, ist ein bewusster und zurückhaltender Umgang notwendig. Möglichkeiten zur Schonung dieser Ressource ergeben sich durch die Verwendung von Kiesersatzmaterialien aus sortierten und aufbereiteten Bauschuttfraktionen sowie Asphalt- und Betonbelägen (vgl. Seite 78).

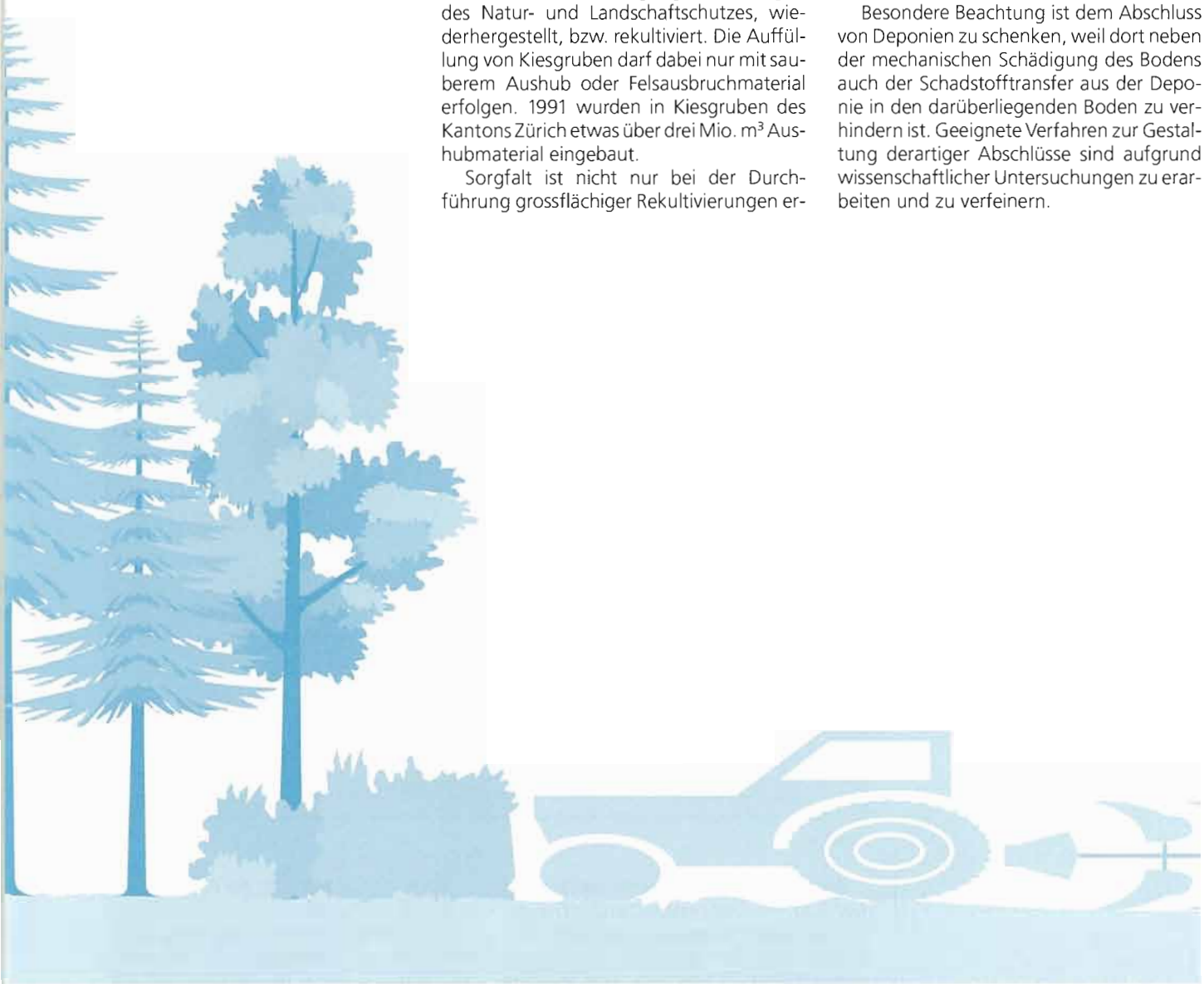
# Nutzung des Bodens durch den Menschen

**Rekultivierung**

Ist der Abbau von Kies und Lehm abgeschlossen bzw. eine Deponie aufgefüllt, wird das Terrain in der Regel in geeigneter Weise, in erster Linie im Hinblick auf die land- und forstwirtschaftliche Nutzung sowie unter Berücksichtigung der Anliegen des Natur- und Landschaftschutzes, wiederhergestellt, bzw. rekultiviert. Die Auffüllung von Kiesgruben darf dabei nur mit sauberem Aushub oder Felsausbruchmaterial erfolgen. 1991 wurden in Kiesgruben des Kantons Zürich etwas über drei Mio. $m^3$ Aushubmaterial eingebaut.

Sorgfalt ist nicht nur bei der Durchführung grossflächiger Rekultivierungen erforderlich. Auch bei geringen Terrainveränderungen im Landwirtschaftsgebiet und im Wald sind Rekultivierungen fachgerecht durchzuführen, damit gesunder und fruchtbarer Boden wieder hergestellt werden kann.

Besondere Beachtung ist dem Abschluss von Deponien zu schenken, weil dort neben der mechanischen Schädigung des Bodens auch der Schadstofftransfer aus der Deponie in den darüberliegenden Boden zu verhindern ist. Geeignete Verfahren zur Gestaltung derartiger Abschlüsse sind aufgrund wissenschaftlicher Untersuchungen zu erarbeiten und zu verfeinern.

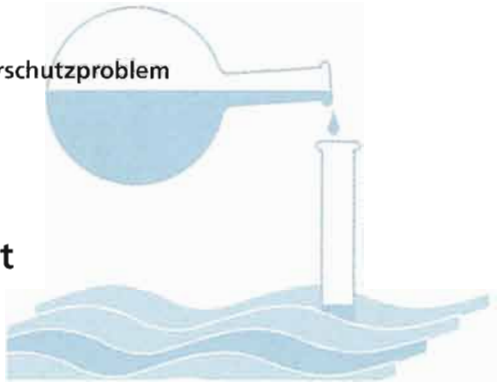


*Der Boden beschränkt sich keineswegs auf die Oberfläche, die das Auge wahrnimmt. Vielmehr handelt es sich dabei um einen vielfältigen Lebensraum, dessen Unversehrtheit von entscheidender Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit und damit für die Nutzung des Bodens durch Land- und Forstwirtschaft ist. Diese Funktion kann der Boden langfristig nur dann erfüllen, wenn er vor schädlichen Einflüssen wie Stoffeinträgen und Übernutzung geschützt wird. Der zunehmende Bodenverbrauch für die Siedlungsentwicklung (Bauten, Verkehrsflächen usw.) überlagert diese qualitativen Aspekte des Bodenschutzes: Jahr für Jahr wird dadurch der Lebensraum Boden in bedeutendem Umfang und in einschneidender Weise von den natürlichen Wechselwirkungen abgekoppelt.*

# ZUSTAND DER UMWELT

# ZUSTAND DER UMWELT

## Wasser und Gewässer: Emissionen




Schadstoffeinträge als Gewässerschutzproblem 105
Kläranlagen 106
Diffuse Schadstoffeinträge 110
Kontrollen und Schadenfälle 112


## Wasser und Gewässer: Zustand und Qualität


Oberflächengewässer 114
Grundwasser 124


## Luft: Emissionen


Luftschadstoff-Emissionen 127


## Luft: Immissionen


Luftschadstoff-Immissionen 129
Immissionssituation 133


## Luft: Auswirkungen


Auswirkungen auf die Gesundheit 136
Auswirkungen auf Pflanzen: Flechtenuntersuchungen 136
Kosten der Luftverschmutzung 138


## Luftreinhaltestrategie


Luftreinhalteverordnung 139
Luft-Programm des Kantons Zürich 139
Erfolgskontrolle des Luft-Programms 140
Saubere Luft in Sicht ? 141


## Boden




Einwirkungen auf den Boden 143
Bodenbeobachtung 144
Chemische Belastung 145
Beobachtete chemische Belastungen 146
Altlasten 152
Mechanische Einwirkungen 153


## Lärm




Strassenverkehrslärm 155
Eisenbahnlärm 158
Fluglärm 159
Schiesslärm 162


## Lebensräume und Landschaft


Situation bei Tier- und Pflanzenarten 165
Zustand der Lebensräume 169
Zustand der Landschaft 179
Inventare und Schutzmassnahmen 181

# 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 Kläranlagen durch Mikroorganismen vollständig in die natürlichen Ausgangsstoffe ($CO_2$, Wasser) zurückgeführt werden. Andere Verbindungen widerstehen dem Abbau in den Kläranlagen mindestens teilweise. Sie verlassen die Kläranlagen 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 Kläranlage bzw. der Umwelt sind deshalb diejenigen Verbindungen, welche in erheblichen Mengen im Abwasser anfallen und/oder deren Verhalten (Abbaubarkeit, Toxizität) in den Kläranlagen oder in der Umwelt schädlich respektive geklärt 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 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 Vorbehandlungsanlagen müssen sie verhindern, dass übermässige Schadstoffmengen in die Kanalisation gelangen.

## Spezifisches Problem NTA und EDTA

NTA (Salz der Nitrilotriessigsäure) und EDTA (Salz der Ethylendiamintetraessigsäure) kommen seit dem Phosphatverbot für Textilwaschmittel von 1986 als Wasserenthärter in grösseren Mengen zum Einsatz: NTA in Waschmitteln, EDTA vor allem in gewerbli-

*Eintrag und Elimination von EDTA und NTA in Kläranlagen des Kantons Zürich (Stichproben) 1989*

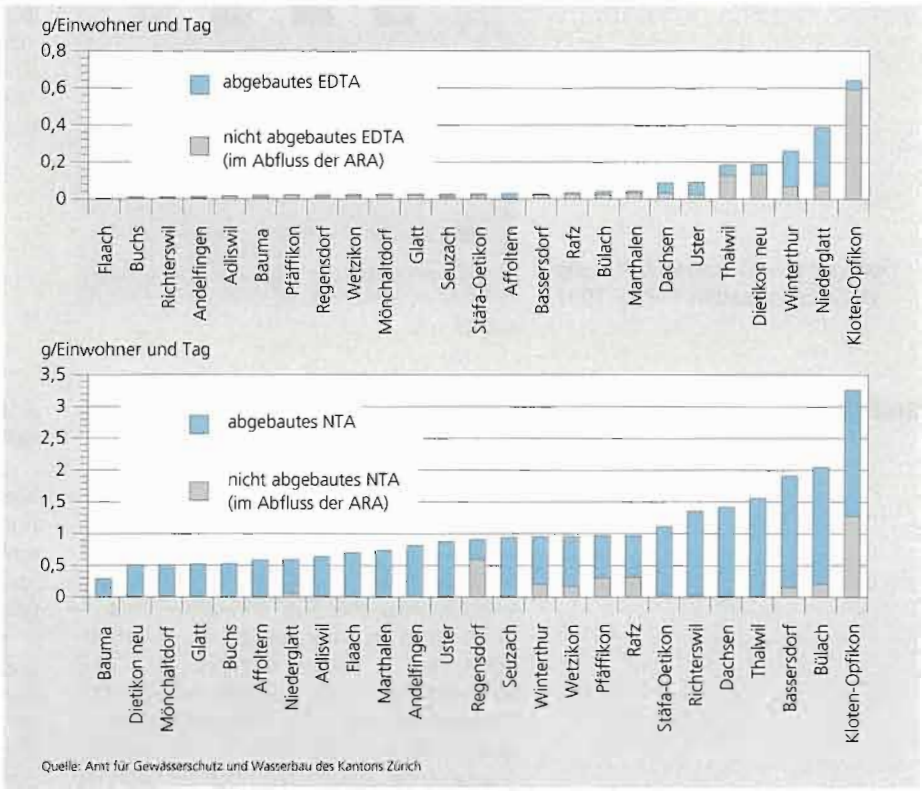



Abb. 62

## Schadstoffeinträge als Gewässerschutzproblem

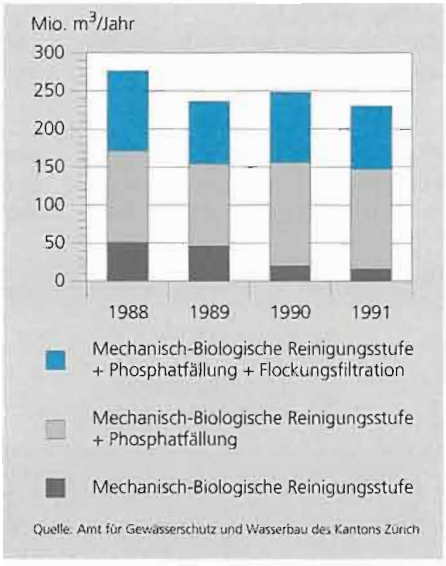
chen Reinigungsmitteln und weiteren gewerblichen Produkten.

Für NTA konnte trotz der Verbrauchszunahme in den Gewässern keine deutliche Konzentrationszunahme festgestellt werden. In den meisten Kläranlagen wird NTA ausgezeichnet eliminiert und verursacht kaum Gewässerprobleme. Reduziert ist die Eliminationsleistung lediglich bei Anlagen, die ohnehin schon stark mit Schmutzstoffen belastet sind.

EDTA ist in den Gewässern im allgemeinen in höherer Konzentration anzutreffen als NTA. EDTA wird hauptsächlich aus Industrie und Gewerbebetrieben eingeleitet. Deshalb sind die Unterschiede in der Fracht, je nach Wirtschaftsstruktur in den Einzugsgebieten der Kläranlagen, von Anlage zu Anlage gross. Verglichen mit NTA sind die Eliminationsleistungen der Kläranlagen für EDTA weit geringer. Entsprechend sind bei EDTA Massnahmen an der Quelle erforderlich. Dies heisst, dass EDTA durch Verzicht auf EDTA-haltige Stoffe oder durch Abwasservorbehandlung in den Betrieben von der Kanalisation ferngehalten werden muss.

# Kläranlagen

### Stand der Abwasserbehandlung




*Gereinigte Abwassermengen und Behandlungsarten 1988 – 1991*

Abb. 63

In den kommunalen Kläranlagen (Abwasserreinigungsanlagen ARA) des Kantons Zürich wurden 1991 rund 230 Mio. m³ Abwasser gereinigt. Schwankungen der Abwassermengen von Jahr zu Jahr ergeben sich in erster Linie aufgrund der unterschiedlichen jährlichen Niederschlagsmengen. Heute sind alle Anlagen mit einer mechanischen (Vorklärung) und einer biologischen («Biologie») Reinigungsstufe ausgerüstet. 94 % des Abwassers erfährt eine Phosphatfällung und rund 45 % wird über eine Flockungsfiltration geleitet (weitergehende Abwasserreinigung).

### Stoffflüsse in Kläranlagen

Als wichtigste Elemente fallen in den Kläranlagen Kohlenstoff (C) Stickstoff (N) sowie Phosphor (P) an. Diese drei Elemente, die in zahllosen chemischen Verbindungen auftreten, zeigen in Kläranlagen völlig unterschiedliches Verhalten:

Unlösliche Kohlenstoffverbindungen werden grösstenteils im Vorklärbecken ausgefällt und im Faulraum zu einem erheblichen Teil in Biogas Methan ($CH_4$) und Kohlendioxid ($CO_2$) umgewandelt. Der Hauptanteil wird in der biologischen Reinigungsstufe durch Mikroben in $CO_2$ und Biomasse umgewandelt. Nur noch ein geringer Anteil der Kohlenstoffverbindungen, weniger als 15 %, verlässt die Kläranlage.

Die Stickstoffverbindungen fallen vor allem als Ammoniak/Ammonium ($NH_3$, $NH_4$) und Eiweisse an. Diese gelangen zu rund einem Drittel in den Faulschlamm. Der Rest verlässt die Kläranlage als Ammonium ($NH_4$) oder als Nitrat ($NO_3$).

Vor allem aus Fäkalien sowie Reinigungsmitteln wie Geschirrspülmitteln, welche vom Phosphatverbot nicht erfasst werden, gelangen nach wie vor Phosphate ($PO_4$), in die Kläranlage. Diese können aus dem Abwasser eliminiert werden, indem sie

# Kläranlagen

durch Zusatz von Metallsalzen chemisch ausgefällt werden (3. Reinigungsstufe). Wird das Abwasser danach zusätzlich einer Flokkungsfiltration (4. Reinigungsstufe) unterzogen, kann der Gehalt an Phosphorverbindungen um bis zu 98 % reduziert werden.

*Stoffffluss einer Kläranlage mit Phosphatfällung und Nitrifikation am Beispiel von Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) und Phosphor (P).*

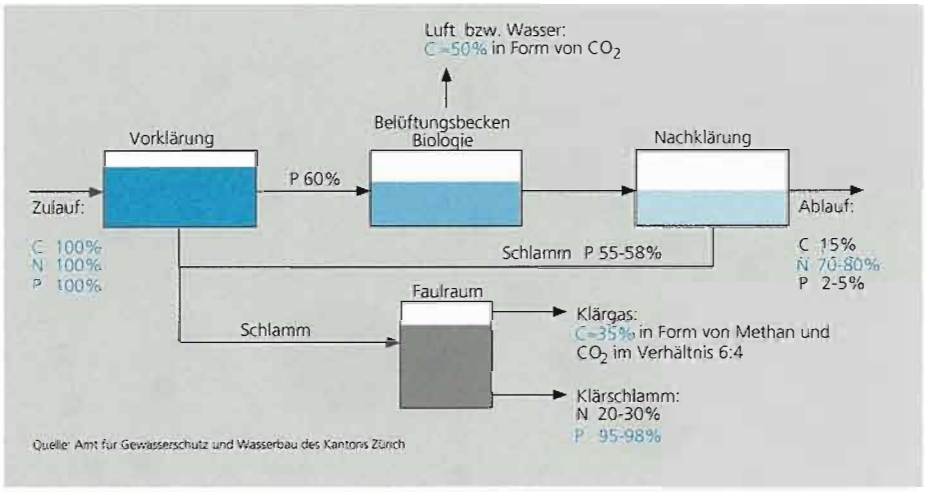



Abb. 64

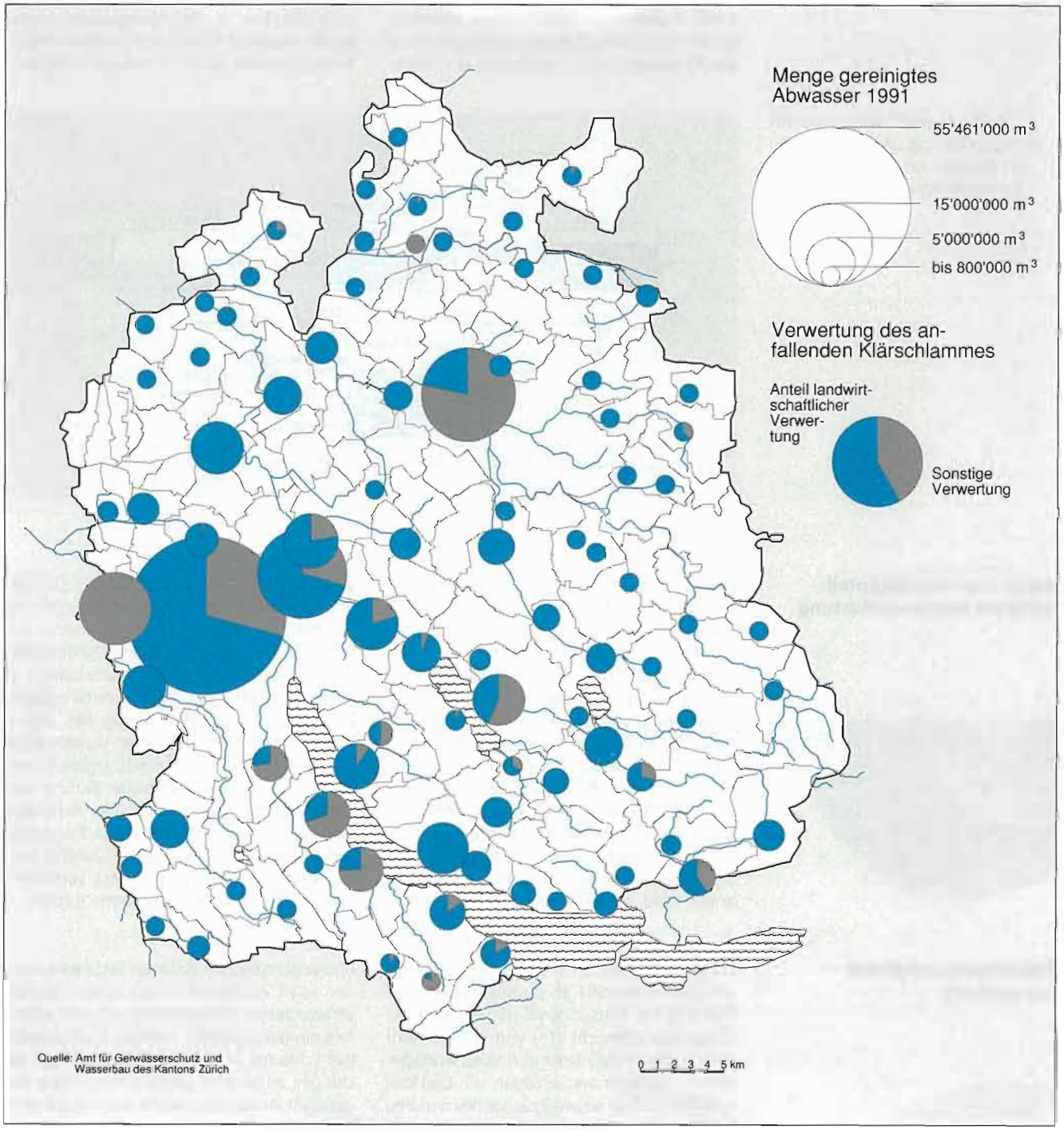
## Hoher Fremdwasseranteil reduziert Reinigungsleistung

Fremdwasser ist unverschmutztes Wasser, welches den Kläranlagen 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, welches durch undichte Stellen der Kanalisation eindringt, vor allem aber auch Niederschlagswasser, welches von Dächern, Strassen oder versiegelten Vorplätzen in die Kanalisation geleitet wird. Gesamtschweizerisch dürfte der Anteil an Fremdwasser am gesamten Abwasseranfall rund 40 % betragen. Eine Untersuchung im Kanton Zürich, welche 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. Das neue Gewässerschutzgesetz verlangt, dass der regelmässige Zufluss von Fremdwasser in die Kanalisation verhindert wird. Mittelfristig ist daher eine Trennwasserkanalisation zu realisieren, welche sauberes Abwasser getrennt erfasst, versickern lässt oder direkt den Gewässern zuführt.

## Klärschlammanfall und -verwertung

Durch die Abwasserbehandlung in den Kläranlagen fielen 1991 im Kanton Zürich rund 600'000 m³ Klärschlamm mit einem Trokkensubstanzgewicht (TS) von 32'000 Tonnen an. Davon wurde rund ein Viertel in speziellen Verbrennungsanlagen in Dietikon und Winterthur sowie in ausserkantonalen und ausländischen Anlagen verbrannt. Von den rund 70 % des in der Landwirtschaft verwendeten Klärschlamms musste ebenfalls ein Teil exportiert werden. Dies, obwohl der Schlamm in der Landwirtschaft gut als Dünger eingesetzt werden kann. Nur ein geringer Anteil wird heute noch deponiert.

## Schadstoffeinträge als Gewässerschutzproblem




*Abwasserreinigungsanlagen und Klärschlamm-Verwertung 1991* Karte 20

# Kläranlagen

*Klärschlammanfall und -verwertung in den Kläranlagen 1985 – 1991*

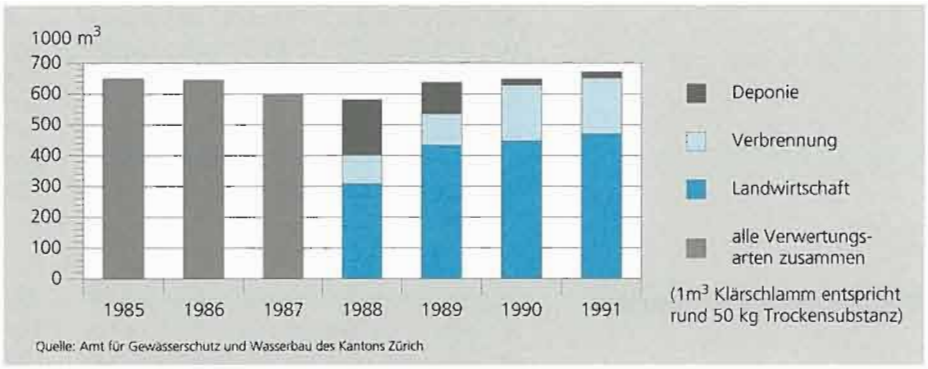



Abb. 65

**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. In der Landwirtschaft eingesetzter Klärschlamm wird dazu auf seinen Nährstoffgehalt sowie den Gehalt an Schwermetallen kontrolliert. Hierzu dienen Routineproben sowie Sonderkontrollen des Kantons.

Bei insgesamt 224 Routineproben musste 1991 lediglich im Schlamm einer einzigen Kläranlage die Überschreitung eines Schwermetallgrenzwertes festgestellt werden. Auffallend dabei sind die mittleren Gehalte der 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 wesentlich unter dem Grenzwert der Klärschlammverordnung; normalerweise können auch die strengeren Werte der neu gültigen Stoffverordnung (StoV) eingehalten werden. Als Verursacher überhöhter Chromwerte konnte in einem Fall eine metallverarbeitende Firma ausfindig gemacht werden. In den meisten Fällen lag der Cadmiumwert jedoch deutlich unter dem Grenzwert von 30 mg/kg Trockensubstanz. Eine tendenzielle Abnahme ist bei der Bleibelastung festzustellen, was vor allem auf den reduzierten Verbrauch bleihaltiger Treibstoffe zurückzuführen ist. Die Nickelbelastung stammt in erster Linie aus den metallverarbeitenden Betrieben und zeigte in den letzten Jahren kaum Veränderungen.

*Blei, Cadmium, Kupfer und Zink im Klärschlamm in Prozent des Grenzwertes 1991*

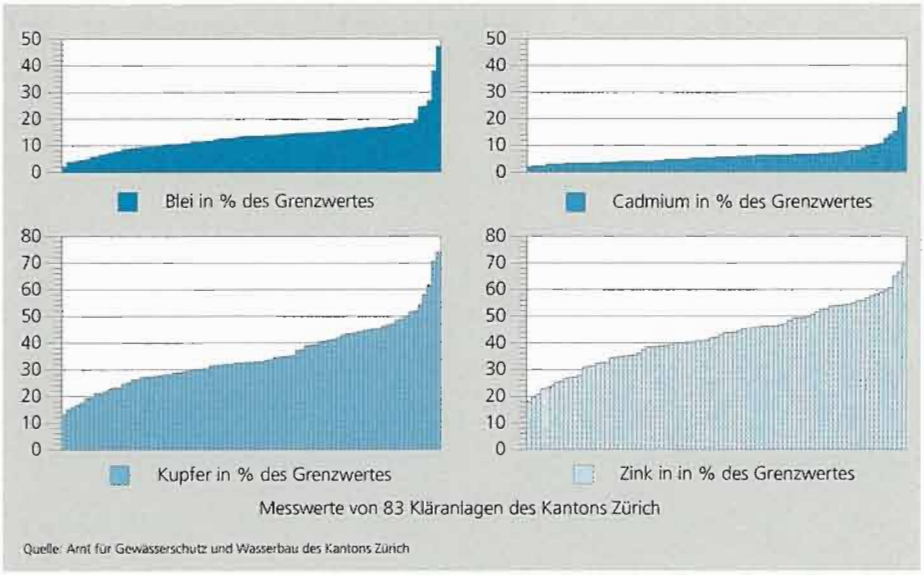



Abb. 66

# Diffuse Schadstoffeinträge

Schadstoffe gelangen nicht nur via Kanalisation und Kläranlage in die Gewässer. Sie gelangen auch diffus in kleinen Konzentrationen aus einer Vielzahl von Quellen aus der Atmosphäre, dem Boden oder aus Siedlungs-, Industrie- und Landwirtschaftsgebieten in die Oberflächengewässer und ins Grundwasser.

Der Anteil diffuser Einträge an der Gewässerbelastung hat in den letzten Jahren vor allem auf Grund intensivierter Landwirtschaft an Bedeutung zugenommen, weil gleichzeitig die Belastung durch Kläranlagen infolge verbesserter Reinigungsleistungen sank.

## Einträge aus der Atmosphäre

Aus der Atmosphäre sind es Luftschadstoffe, welche zur Gewässerbelastung beitragen (vgl. Seite 129). Sie gelangen direkt oder durch den Boden in die Gewässer. Gase und Partikel werden zum Teil in Form von Trokkendeposition an der Erdoberfläche abgelagert. Ein anderer Teil erreicht die Erdoberfläche als saurer Regen (Nassdeposition). So weisen Nebel- und Regenwasser erhöhte Konzentrationen an Stickstoffverbindungen (Ammoniak $NH_3$, Stickoxide $NO_2$ und $NO_3$) und Schwefelsäure auf, wobei die Stickstoffverbindungen je zur Hälfte aus der Landwirtschaft sowie aus Industrie, Haushalt und Verkehr stammen.

## Einträge aus der Landwirtschaft

Aus intensiv genutztem Kulturland gelangen hauptsächlich Nährstoffe wie Phosphate ($PO_4$) und Nitrate ($NO_3$) in die Gewässer. Besonders gross ist der Eintrag aus offenen Ackerflächen sowie aus übermässig gedüngten Flächen, während aus Gebieten mit einem ausgeglichenen Nährstoffhaushalt der Eintrag gering ist. Es lassen sich zwei Transportwege unterscheiden: Nitrate gelangen in erster Linie durch den Boden ins Grundwasser und in die Oberflächengewässer; Phosphate werden dagegen von der Bodenoberfläche in die Gewässer abgeschwemmt oder ausgewaschen (Erosion).

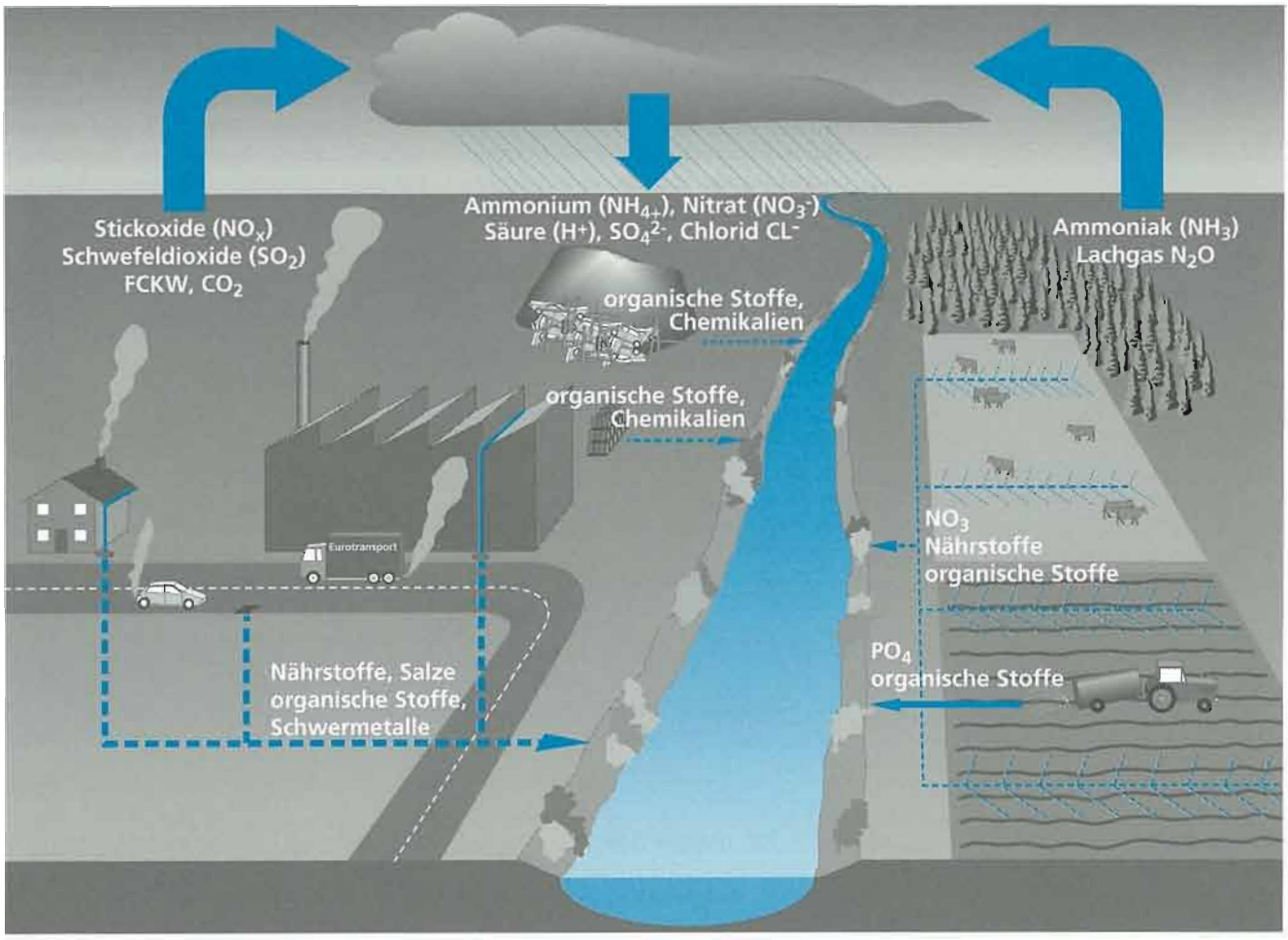
## Andere Einträge

Auch von Mensch und Tier verursachte Direkteinträge führen zur Belastung der Gewässer. Aus Strassenentwässerungen, Drainagen und Direkteinleitungen stammen vorwiegend Nährstoffe, Salze und organische Stoffe, aber auch Schwermetalle. Unterschiedlichste Chemikalien können dagegen durch Unfälle direkt oder indirekt in die Gewässer gelangen.

Die Böden unter vielen alten oder ehemaligen Industriebetrieben, aber auch unter alten Abfalldeponien sind oft mit Stoffen verschiedenster Art belastet. Solche Altlasten (vgl. Seite 152) bergen noch nach Jahrzehnten unberechenbare Reservoirs an Schadstoffen, die in Grund- und Oberflächengewässer ausrinnen können.

Schliesslich stellt auch das Kanalisationsnetz dichtbesiedelter Gebiete eine mögliche Quelle von Gewässerbelastungen dar: Durch Leckstellen in Kanälen können Abwässer ins Grundwasser oder via Drainagen in Oberflächengewässer gelangen.

## Diffuse Schadstoffeinträge




*Diffuse Einträge in Gewässer* Abb. 67

# Kontrollen und Schadenfälle

## Kontrolle von Betrieben

Von den rund 60'000 im Kanton ansässigen Betrieben verwenden gegen 23'000 Firmen Stoffe, die Gewässerprobleme verursachen können. Jedoch erst bei 5'300 Betrieben konnten bis Ende 1991 die Abwasserverhältnisse kontrolliert und allfällige Sanierungsmassnahmen angeordnet werden. Über die verbleibenden etwa 18'000 Betriebsstätten liegen noch keine Informationen vor.

Lediglich in vier Branchen waren Ende 1991 bei mehr als der Hälfte der Betriebe die Abwasserverhältnisse bekannt. Bei den restlichen Branchen liegen im Durchschnitt nur bei 13% der Betriebe genaue Angaben vor.

*Abwasserrelevante Betriebe nach Branchengruppen und Stand der gewässerschutztechnischen Kontrollen Ende 1991*

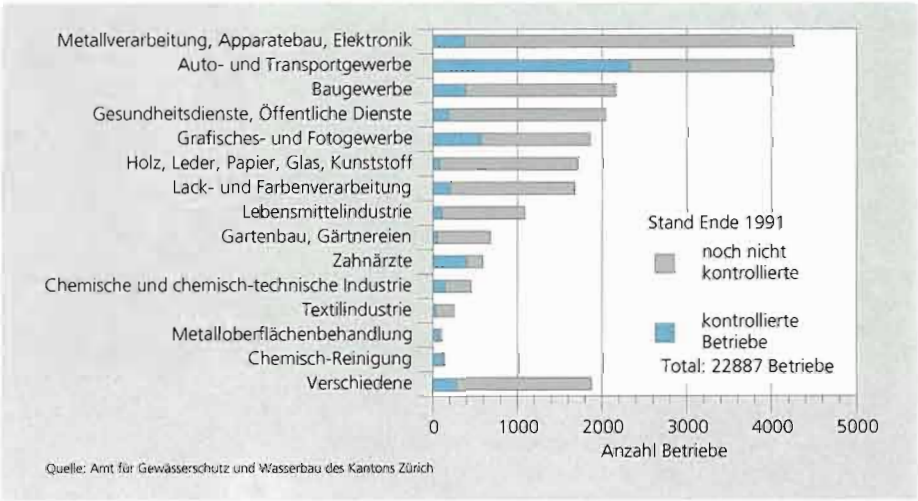



Abb. 68

## Schadenfälle

Angesichts der grossen Anzahl von Industrie-, Gewerbe- und Landwirtschaftsbetrieben gibt es vielfältige Möglichkeiten für Unfälle und Betriebsstörungen, die zu Gewässerverschmutzungen führen können; oft sind diese mit Fischsterben verbunden und deshalb auch von Laien feststellbar.
Viele Gewässerverschmutzungen, welche die Kleinlebewesen im Wasser schädigen, bleiben jedoch unerkannt, da solche Ereignisse selbst für den Fachmann schwierig zu entdecken sind. Letztlich haben aber auch sie Auswirkungen auf die Fische.

Gesamthaft wurden 1991 116 Fälle von Gewässerverschmutzungen festgestellt. In den Vorjahren wurden 120 (1990), 146 (1989) und 154 (1988) Fälle registriert. Ölunfälle verursachen dabei über 50% der Verunreinigungen. Die gemeldeten Chemieunfälle stiegen von 10 (1990) auf 17 (1991).

*Statistik der Gewässerverschmutzungen 1991*

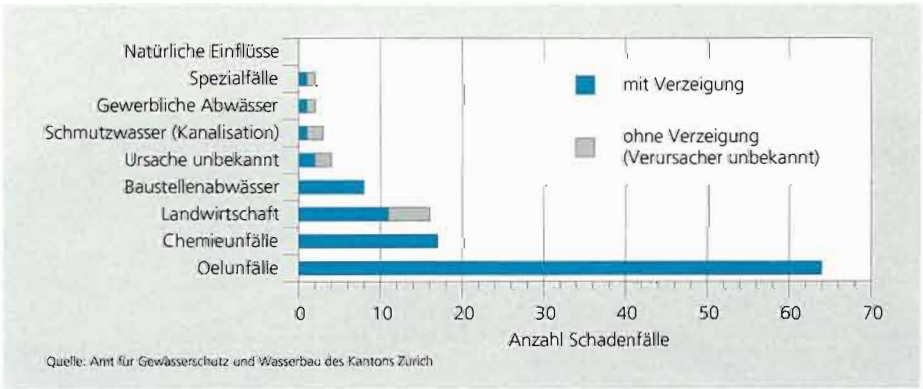
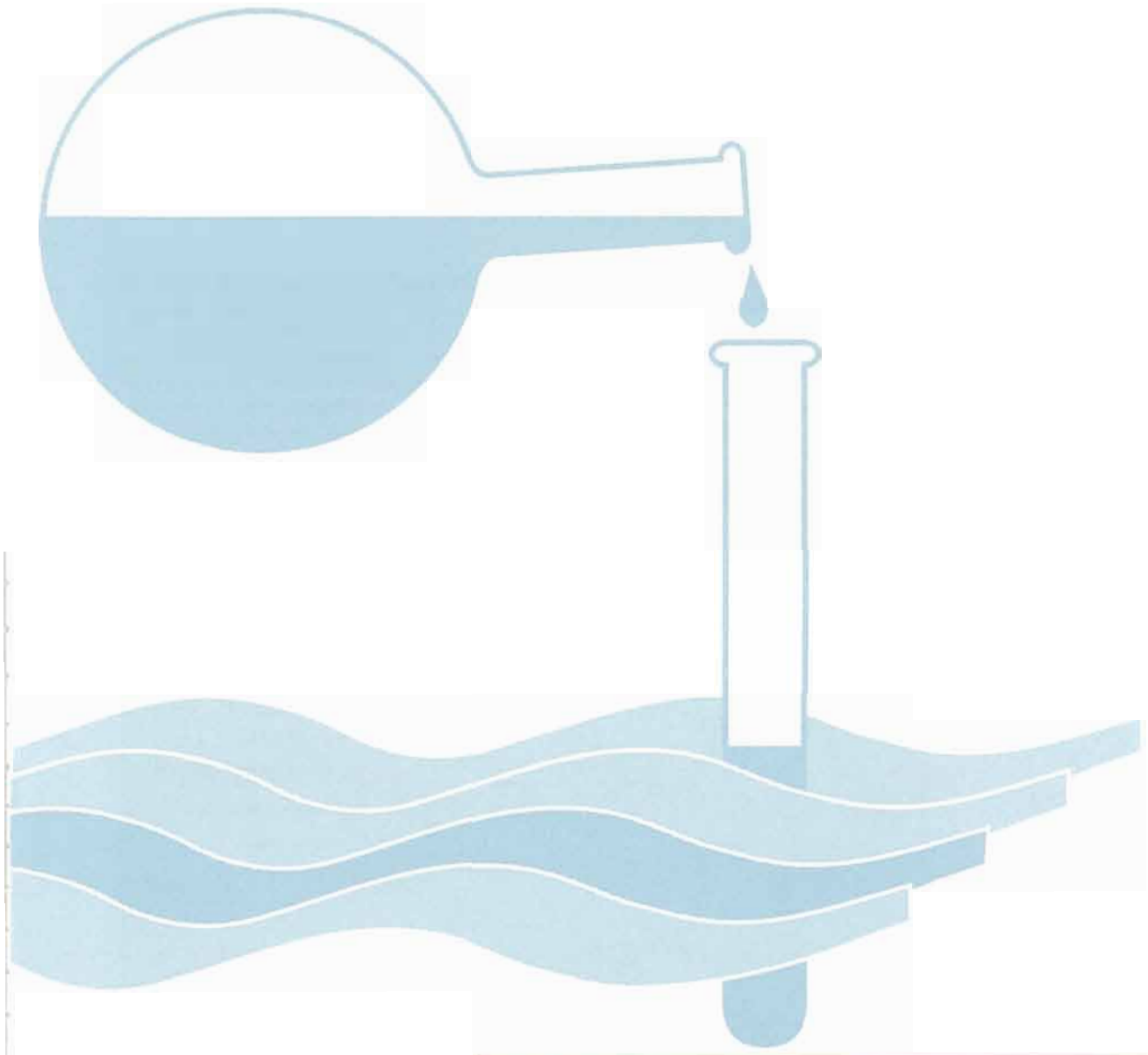



Abb. 69

## Kontrollen und Schadenfälle



*Der Stand der technischen Gewässerschutzmassnahmen im Kanton Zürich ist hoch. Trotz grossen Anstrengungen seitens der Kläranlagenbetreiber werden die Gewässer durch die Einleitungen des gereinigten Abwassers noch massgeblich belastet, wie dies in einem dicht besiedelten Gebiet nicht anders erwartet werden kann. Zwar kann die Leistung der Kläranlagen in begrenztem Rahmen noch gesteigert und damit die Restfracht weiter reduziert werden; doch das technisch sinnvoll Machbare («end of pipe») ist bei der Abwasserreinigung nahezu erreicht.*

*Es gilt, in Zukunft die Kläranlagen und das Kanalsystem optimal zu betreiben und gut zu unterhalten. Zunehmend an Bedeutung gewinnt die Schadstofffracht aus diffusen Quellen (Regen, Oberflächenabschwemmung, Drainagen usw.) sowie aus Schadenfällen. Vermehrt muss deshalb die Schadstoffelimination bereits an der Quelle, sei es in der Industrie, im Haushalt oder in der Landwirtschaft, einsetzen.*

*Lenkungsabgaben auf gewässergefährdenden Stoffen oder ähnliche verursachergerechte ökonomische Instrumente sind dabei effiziente umweltpolitische Massnahmen, um den Einsatz schadstoffhaltiger Produkte zu vermindern.*

# Oberflächengewässer

## Messprogramm für Fliessgewässer

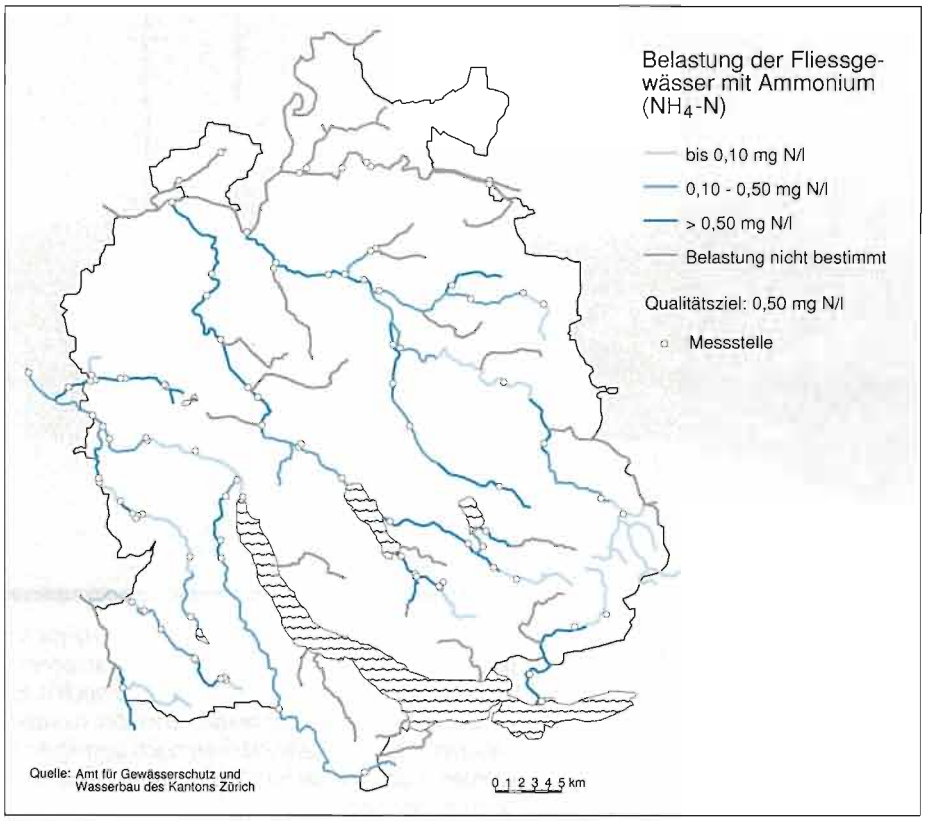
Zur Erfassung des qualitativen Zustandes der Fliessgewässer wurde der Kanton Zürich in drei Messregionen aufgeteilt (vgl. Karte 22). Innerhalb dieser Regionen werden die Gewässer jeweils während zweier Jahre monatlich untersucht. Entsprechend wird eine Region nur alle vier Jahre genauer untersucht. Der Aufwand, alle Gewässer im gleichen Jahr zu untersuchen, wäre zu gross.

Zusätzlich werden an sogenannten Hauptmessstellen täglich Wasserproben gesammelt. Anhand der Untersuchungen wird überprüft, ob die in der eidgenössischen Verordnung über Abwassereinleitungen festgelegten Qualitätsziele eingehalten werden. Die hier dargestellten Ergebnisse basieren auf den monatlichen Untersuchungen aus den Jahren 1986 bis 1991.

## Ammoniumbelastung

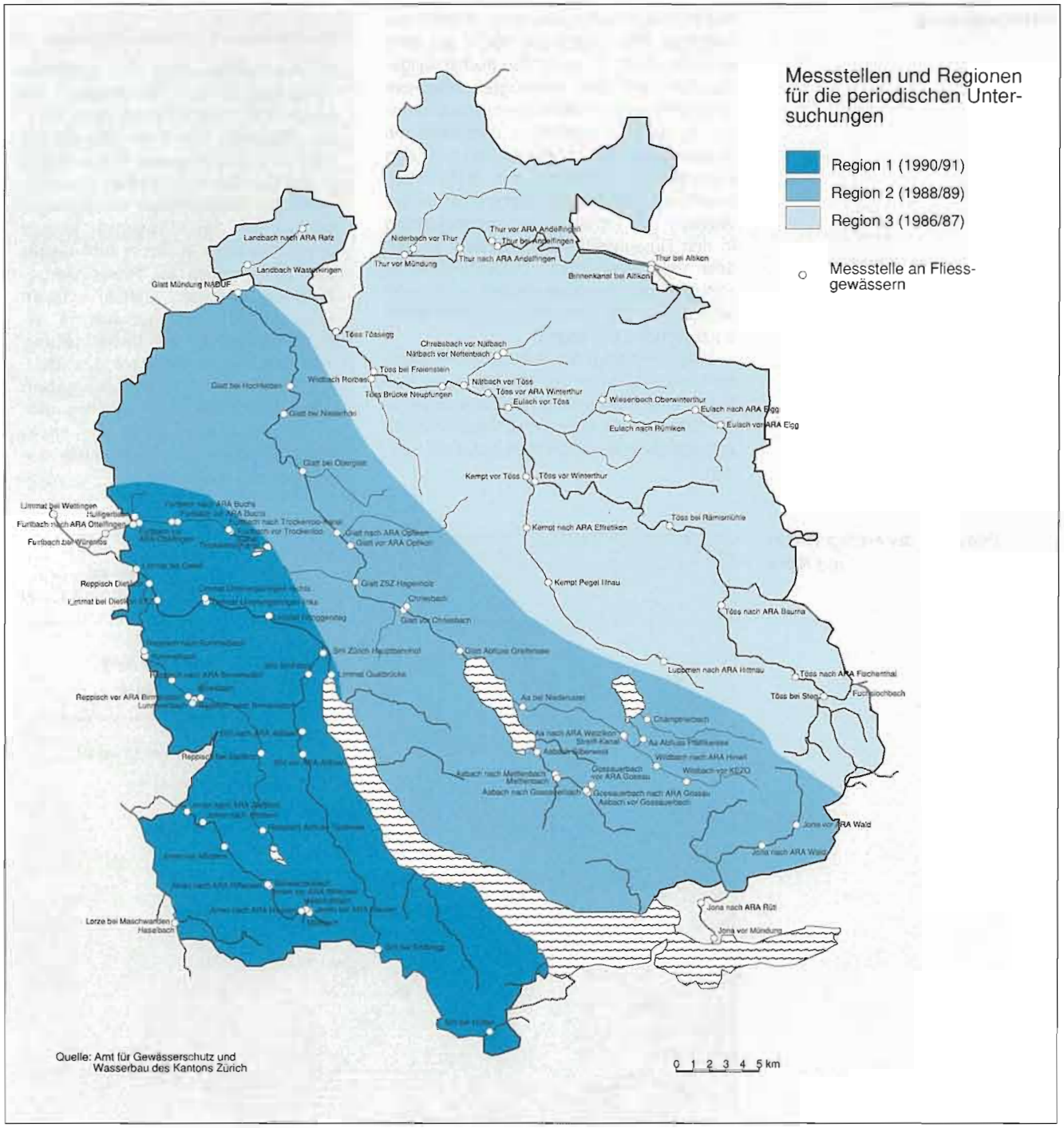
Die Stickstoffverbindung Ammonium ($NH_4$) tritt in grossem Mass als Düngerbestandteil, in Gülle, und im Abwasser auf. Im Gegensatz zu Nitrat ist Ammonium recht stabil an die Bodenpartikel gebunden, so dass die Verluste aus der Landwirtschaft – von oberflächlichen Abschwemmungen abgesehen – gering sind. In überlasteten oder nichtnitrifizierenden Kläranlagen kann das Ammonium nicht ausreichend zu Nitrat umgewandelt werden und belastet damit massgeblich die Gewässer. Leitet die Kläranlage das gereinigte Abwasser zudem in ein kleines Fliessgewässer ein, wird das Qualitätsziel häufig verfehlt. So werden die hohen Ammoniumbelastungen in den dargestellten Gewässern ausnahmslos durch ungenügend arbeitende Kläranlagen verursacht (vgl. Seite122 Verdünnungsverhältnisse).

*Belastung der Fliessgewässer mit Ammonium*




Karte 21

## Oberflächengewässer




*Messstellen und -regionen für die periodische Untersuchung der Gewässer* Karte 22

# Oberflächengewässer

## Nitratbelastung

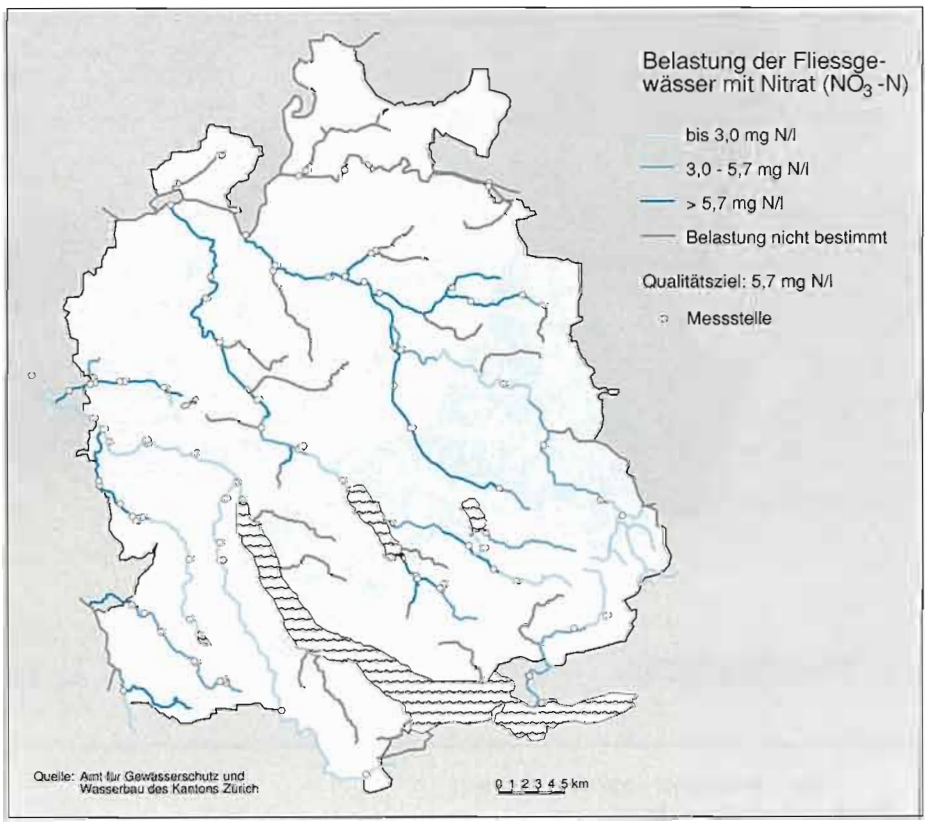
Im Gegensatz zu Ammonium wird Nitrat, ein wichtiger Pflanzendünger, leicht aus dem landwirtschaftlich genutzten Boden ausgewaschen. Mit dem gereinigten Abwasser gelangt Nitrat aus Kläranlagen in die Gewässer. Je nach Einzugsgebiet überwiegt die Belastung aus der Landwirtschaft oder den Kläranlagen. Aufgrund der Nitrifikation erhöht sich die Nitratkonzentration in Gewässern mit hoher Ammoniumbelastung in den Flussunterläufen zusätzlich. In den Seen wird Nitrat durch Denitrifikation zu Stickstoffgas ($N_2$) 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 in der Schweiz mit einer Denitrifikationsstufe können diese Nitratfrachten reduziert werden.

**Nitrifikation und Denitrifikation**

**Im Normalfall wird der gesamte Stickstoff in den Kläranlagen zu kaum mehr als 30% aus dem Wasser entfernt. Der Rest gelangt als Ammonium ($NH_4$) oder Nitrat ($NO_3$) in die Gewässer. Mit einer Erweiterung der biologischen Reinigungsstufe kann das Klärwasser länger und intensiver belüftet und damit das Ammonium zu Nitrat umgewandelt werden (Nitrifikation). Eine weitere Reinigungsstufe erlaubt schliesslich die Umwandlung von Nitrat zu Stickstoffgas ($N_2$), welches an die Luft abgegeben wird (Denitrifikation). Mittels dieser Massnahmen kann der Stickstoffgehalt im gereinigten Abwasser reduziert werden.**

*Belastung der Fliessgewässer mit Nitrat*




Karte 23

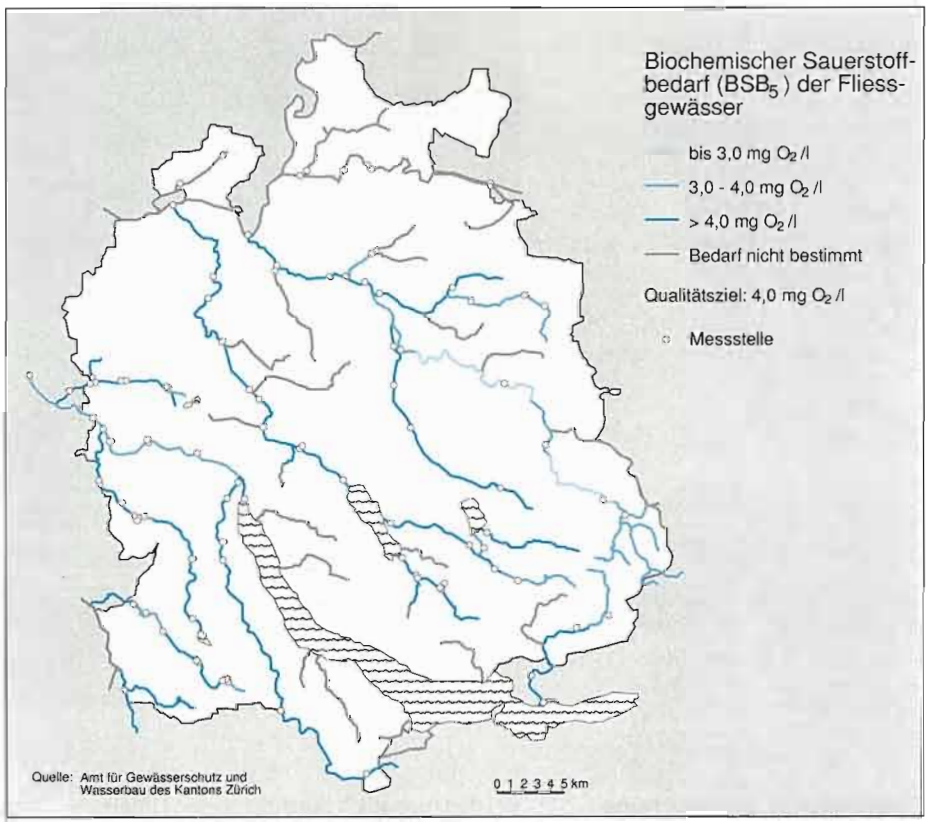
# Oberflächengewässer

**Biochemischer Sauerstoffbedarf**

Der biochemische Sauerstoffbedarf ($BSB_5$) gibt an, wieviel Sauerstoff in einem Gewässer für den mikrobiellen Abbau organischer Substanzen verbraucht und damit dem entsprechenden Lebensraum entzogen wird. Der $BSB_5$ dient als Mass für die Belastung eines Gewässers mit abbaubaren organischen Verbindungen. Die hohe Belastung des Furtbaches ist auf die starke Überlastung der Kläranlage Regensdorf zurückzuführen.

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 $BSB_5$ jedoch nicht zwischen solchen «natürlichen Belastungen» und Verunreinigungen durch Kläranlagen. Zur Bewertung sind deshalb weitere Kenntnisse über das Einzugsgebiet erforderlich.

*Biochemischer Sauerstoffbedarf der Fliessgewässer*



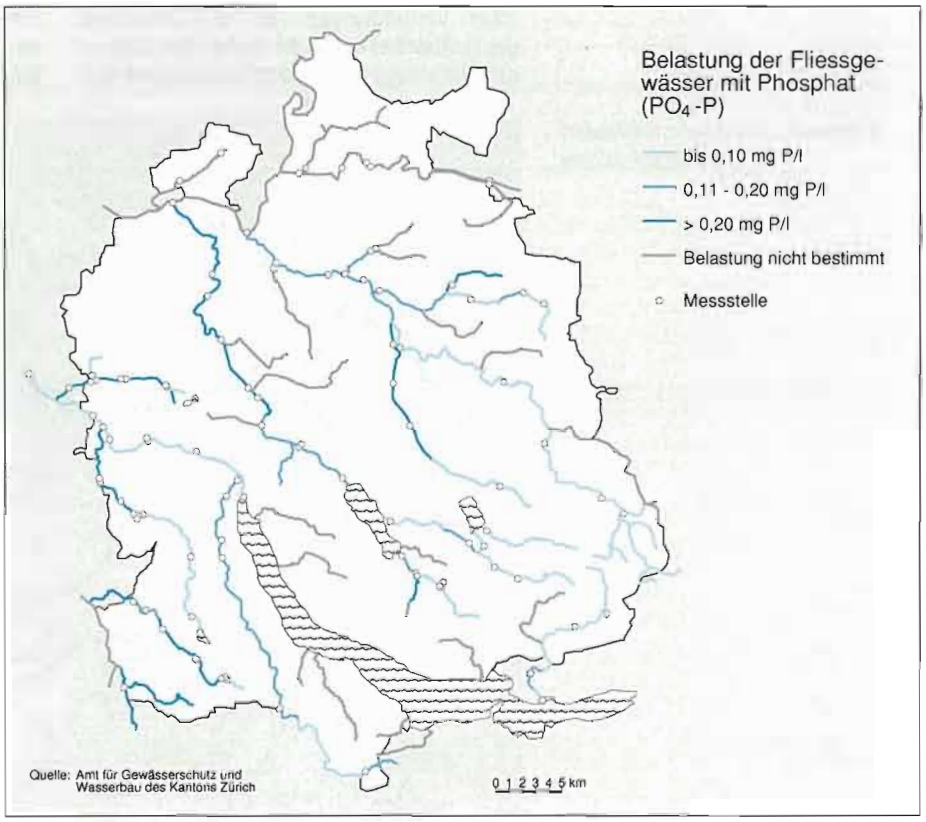

Karte 24

# Oberflächengewässer

## Phosphatbelastung

Phosphat 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 Phosphatelimination sowie Abschwemmungen aus dem Landwirtschaftsgebiet während starker Regenfälle.

*Belastung der Fliessgewässer mit Phosphat*




Karte 25

## Regelmässige Untersuchung der Seen

Bei den monatlich durchgeführten Untersuchungen in den Zürcher Seen werden mehrere chemische und biologische Parameter erfasst, die dem Spezialisten eine genaues Bild über deren Zustand vermitteln. Zur groben Beschreibung des Zustandes genügen die zwei Messparameter Sauerstoff und Phosphat; deren Konzentrationen in den Seen unterliegen jahreszeitlichen Schwankungen. In einem Meter Wassertiefe sind in der Regel bei allen Seen des Kantons genügend grosse Sauerstoffkonzentrationen vorhanden. Lediglich im Winter, wenn sauerstoffarmes Wasser aus der Tiefe durch den Einfluss von Stürmen an die Oberfläche gebracht wird (Zirkulation), kommen in der obersten Wasserschicht kurze Phasen mit geringeren Sauerstoffkonzentrationen vor. Gleichzeitig werden jedoch die tieferen Schichten wieder mit sauerstoffreicherem Wasser versorgt. Im Laufe des Sommers und des Herbstes, wenn die im See zuvor gewachsenen Algen absterben und auf den Seegrund sinken, wird der Sauerstoff über dem Gewässergrund durch die sauerstoffverbrauchende Abbautätigkeit der Mikroorganismen wieder aufgebraucht; der Sauerstoffgehalt kann dann sogar auf Null sinken. Um die auf dem Seegrund bereits früher abgelagerten organischen Stoffe (Algen oder andere Biomasse) abzubauen, sind grosse Mengen Sauerstoff notwendig. Beim Türlersee wird dieser Prozess durch eine Zirkulationsunterstützung im Winter beschleunigt, wodurch der Zielwert von vier Milligramm (mg) Sauerstoff pro Liter Wasser wenigstens zeitweise erreicht oder übertroffen werden kann. Im Pfäffikersee ist der Betrieb einer ähnlichen Anlage ab Winter 1992 vorgesehen. Die Sauerstoffkonzentra-

## Oberflächengewässer

tion des Wassers über Seegrund wird sich jedoch erst verbessern, wenn am Grund noch vorhandenes organisches Material abgebaut sein wird; es sollten deshalb möglichst geringe Mengen neu produzierter Biomasse hinzukommen. Das ist nur durch Reduzierung der Nährstoffzuflüsse in den See (insbesondere Phosphat) zu erreichen.

Dass die Anstrengungen zur Reduktion der Phosphate (P-Verbot in Waschmitteln und P-Fällung in Kläranlagen) allmählich zum Erfolg führen, ist an der Phosphatkonzentration in den Gewässern abzulesen. In den meisten Seen hat die P-Konzentration in den letzten zehn Jahren um etwa die Hälfte abgenommen. Im Greifensee und im Pfäffikersee sind die P-Konzentrationen heute jedoch noch doppelt so hoch wie in den anderen hier vorgestellten Seen. Da die Seesedimente Phosphate speichern, kann das Ziel (30 µg P/l) bei einzelnen Seen erst nach Jahrzehnten oder nur mit technischen Mitteln, wie sie in verschiedenen Schweizer Seen angewendet werden (Belüftung, Tiefenwasserableitung), erreicht werden. Der Greifensee und der Pfäffikersee sind noch erheblich von diesem Zielwert entfernt, so dass dort neben Anstrengungen bei den Kläranlagen auch Massnahmen zur Verminderung diffuser Phosphateinträge aus übermässig gedüngten, landwirtschaftlichen Nutzflächen getroffen werden müssen.

**Sanierung des Türlersees**

Am Beispiel des Türlersees wird die Entwicklung der letzten zehn Jahre dargestellt (vgl. Abb. 71). Dabei gilt es zu beachten, dass seit November 1987 jeweils in den Wintermonaten eine Anlage zur Zirkulationsunterstützung betrieben wird. Sie fördert die natürliche Durchmischung des Wassers und erhöht die Sauerstoffaufnahme aus der Atmosphäre.

Nach Inbetriebnahme der Anlage zur Zirkulationsunterstützung konnten beim Türlersee markante Veränderungen beobachtet werden. Wies das Tiefenwasser, unterhalb 7,5 Metern Tiefe, zuvor jeweils von April bis Oktober keinen Sauerstoff mehr auf, erreichte der See dank der verstärkten Sauerstoffaufnahme im März 1991 einen Gesamtsauerstoffinhalt von 80,5 Tonnen. Infolge von Sanierungsmassnahmen rund um den See war der Phosphorinhalt bereits zwischen 1981 und 1987 von rund 600 kg auf etwa 400 kg gesunken. Die Zirkulationsunterstützung führte zu einem weiteren Rückgang auf rund 150 kg. Zumindest während der Frühjahrszirkulation erreicht die Phosphorkonzentration dadurch einen günstigen Wert von 25 µg P/l. Noch deutlicher sind die erzielten Verbesserungen beim Ammonium ($NH_4$). 1987 wurden in den 6,5 Mio. $m^3$ Wasser noch über fünf Tonnen Ammonium festgestellt, 1991 lag das Maximum bei rund einer Tonne. Eine eindeutige Reduktion der Biomasseproduktion zeichnet sich noch nicht ab, doch scheinen die markanten Produktionsspitzen im Frühjahr nach Inbetriebnahme der seeinternen Sanierungsmassnahmen nur noch vermindert aufzutreten.

# Oberflächengewässer

*Zustand der Zürcher Seen 1982 – 1992*

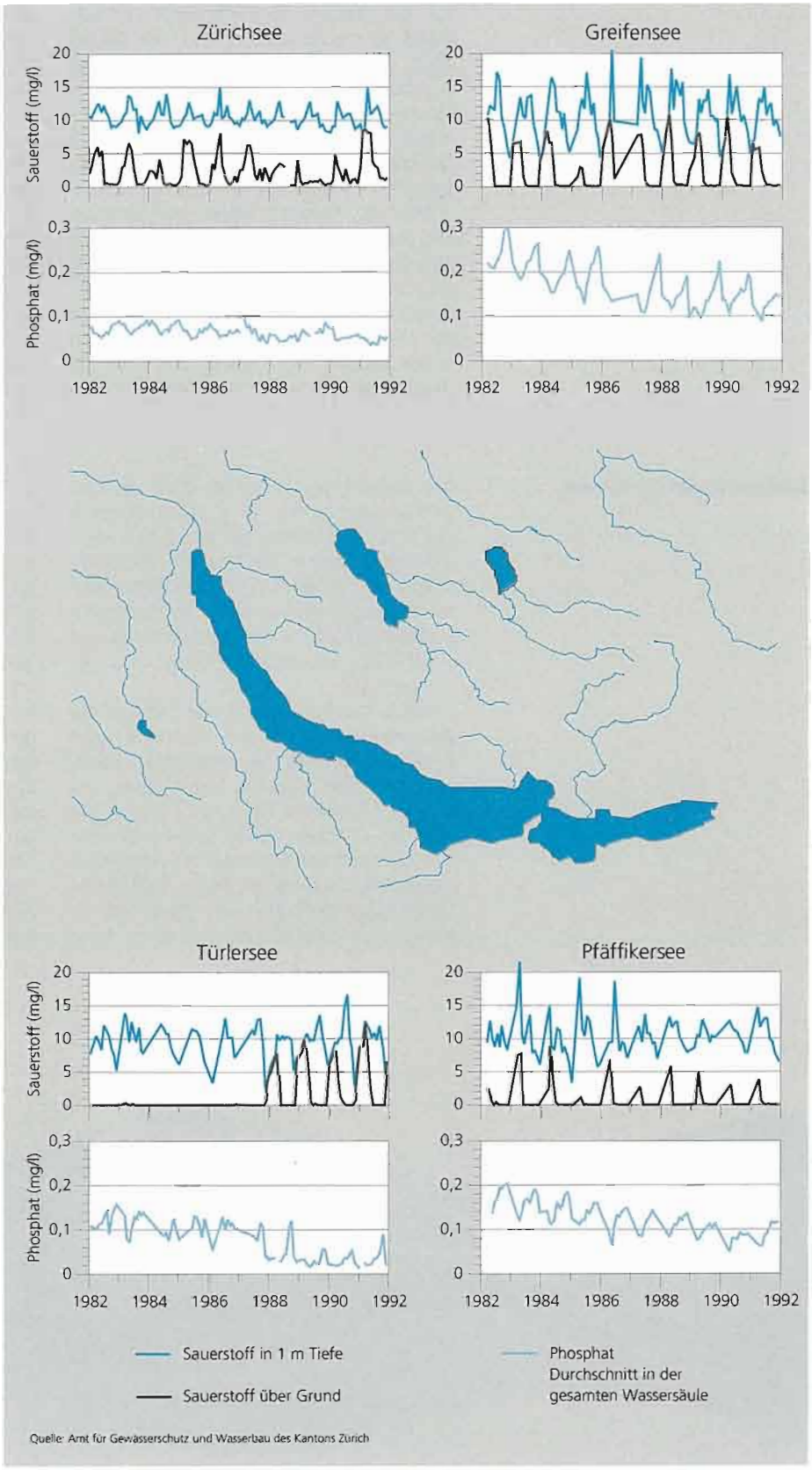



Abb. 70

## Oberflächengewässer

*Sauerstoff-, Phosphat-, Ammonium- und Phytoplanktonkonzentration im Türlersee 1981 – 1991*

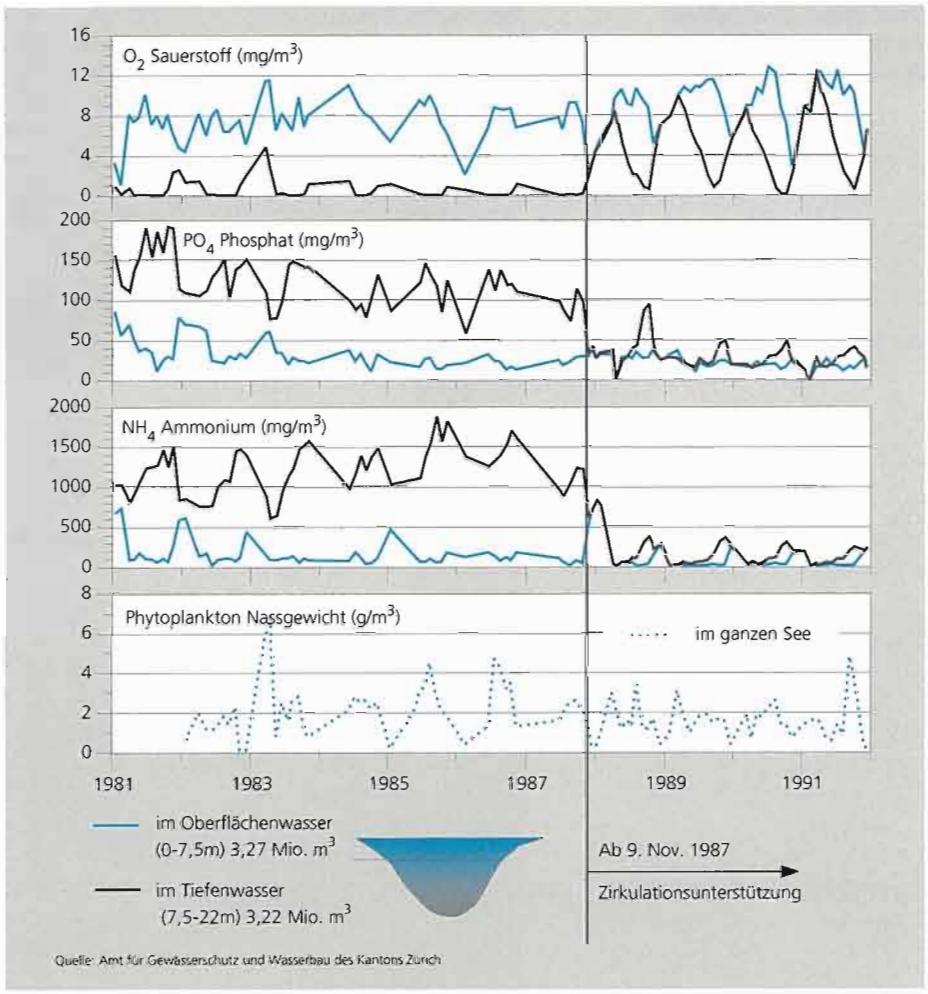
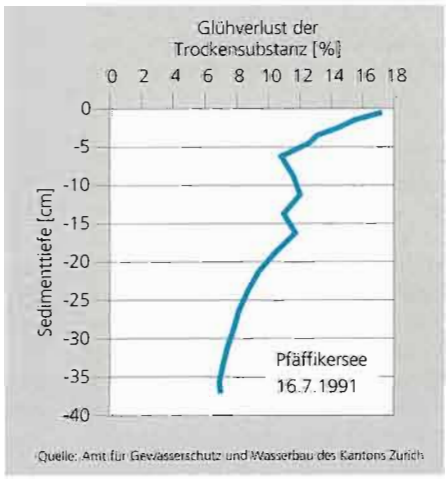



Abb. 71

### Sedimentuntersuchungen im Pfäffikersee

Die Seesedimente zeigen die bisherige Belastung eines Gewässers an. Tote pflanzliche und tierische Biomasse sinkt auf den Seegrund, wo Bakterien die organischen Reste weiter abbauen. Dazu wird Sauerstoff aus dem Tiefenwasser verbraucht. Wieviel noch abzubauende organische Stoffe im Seegrund vorhanden sind, kann mit der Messung des Glühverlustes von Seesedimenten ermittelt werden (je grösser der Glühverlust, desto grösser ist der Gehalt an organischer Substanz). Untersuchungen im Pfäffikersee machen deutlich, dass viel organisches Material in den oberen und damit jüngeren Schichten vorhanden ist. Dessen Abbau wird noch sehr viel Sauerstoff benötigen und damit die Wasserqualiät auch in Zukunft erheblich beeinträchtigen. Eine Seesanierung muss deshalb darauf hinzielen, nicht nur das Wasser mit Sauerstoff zu versorgen, sondern auch das Sauerstoffdefizit in den Sedimentschichten zu decken, was meist langfristige Massnahmen erfordert.




*Glühverlust der Sedimente des Pfäffikersees in Prozent der Trockensubstanz 1991*

Abb. 72

# Oberflächengewässer

**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 ideale 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, welche durch Massnahmen bei der Kläranlage erreicht werden können.

*Verdünnungsverhältnisse von gereinigtem Abwasser zu Flusswasser 1990*

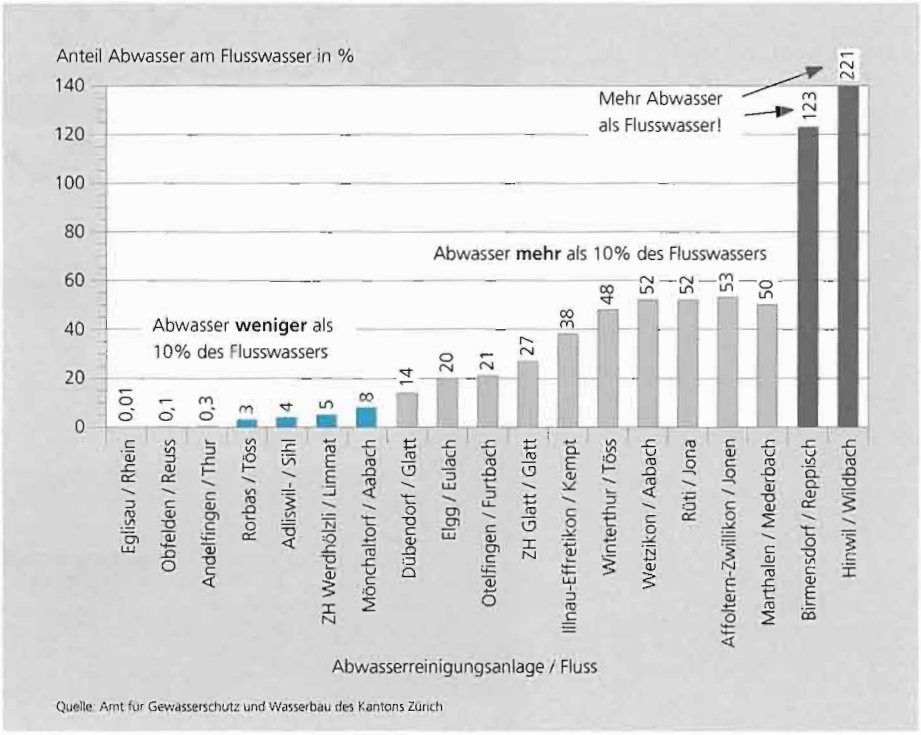



Abb. 73

**Temperatureinflüsse**

Die Ende 1991 im Kanton Zürich konzessionierten Wärmeentnahmen (Wärmepumpen) und Wärmeeinleitungen (Kühlwasser) bewirken bei den genutzten Gewässern selbst bei ungünstigsten Verhältnissen (max. Nutzung bei Minimalwasserführung) in der Regel keine messbaren Abkühlungen bzw. Erwärmungen. Auch die Einleitung aus den Kläranlagen führen in den Fliessgewässern zu keinen relevanten Erhöhungen der Wassertemperatur.

**Naturnähe der Fliessgewässer**

Noch zu Beginn des Jahrhunderts war der Kanton Zürich eine Landschaft, in der unzählige grosse und kleine natürliche Bäche die Niederungen durchzogen. Hochwasserschutzmassnahmen, Trockenlegung von Sumpf- und Feuchtgebieten, Meliorationen und die Siedlungsentwicklung führten dazu, dass die meisten Fliessgewässer begradigt oder eingedolt (verrohrt) wurden. Dadurch wurde der Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten stark eingeschränkt oder zerstört. Die Gewässer als vielgestaltige Elemente der Landschaft wurden zu trostlosen Kanälen umgebaut, was auch zu einer erheblichen Veränderung des Wasserhaushaltes (Verminderung des Rückhaltevermögens und der Grundwasseranreicherung) führte.

Daher werden Gewässer seit einigen Jahren im Rahmen notwendiger wasserbaulicher Massnahmen dem natürlichen Vorbild entsprechend naturnah gestaltet. Demzufolge hat heute auch der Gewässerunterhalt natur- und landschaftsgerechter zu erfol-

## Oberflächengewässer

*Erteilte wasserbaupolizeiliche Bewilligungen für die Öffnung und naturnahe Gestaltung von ehemals eingedolten Gewässern 1988 – 1991*

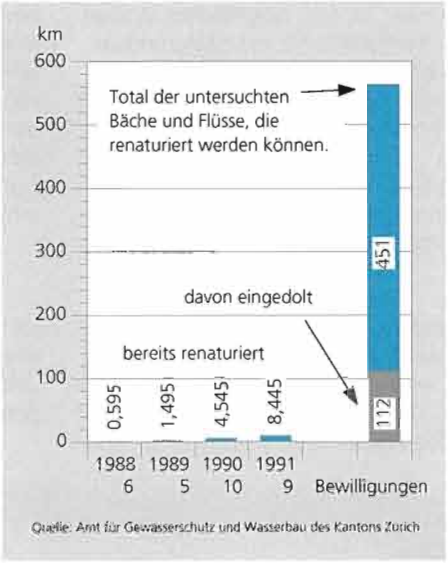
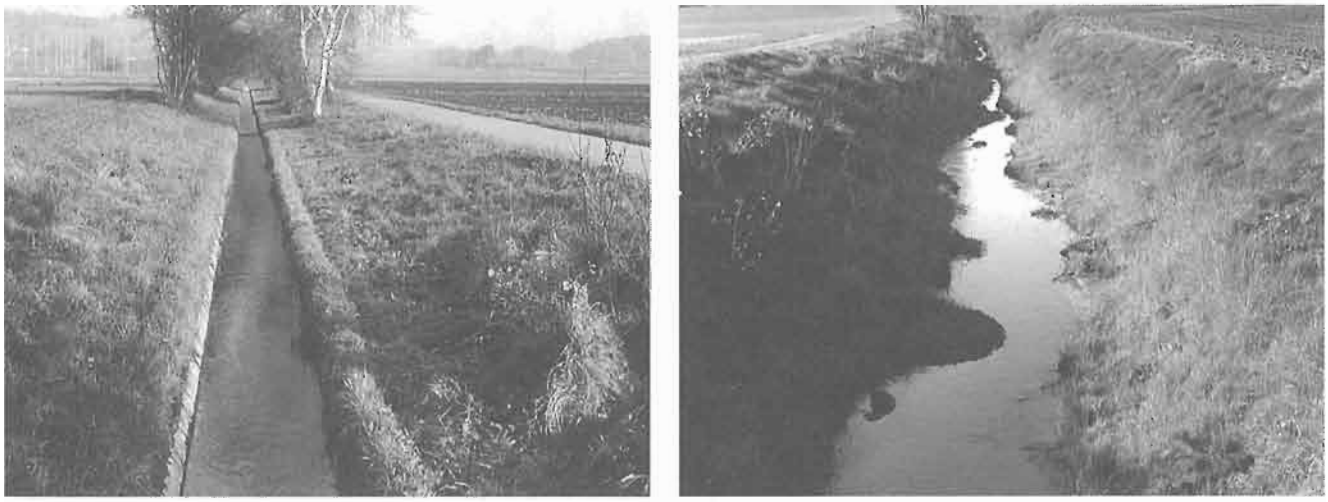



Abb. 74

gen. Mit dem kantonalen Programm zur Wiederbelebung (Renaturalisierung) der Fliessgewässer soll die Situation bei den verbauten Gewässern in den kommenden Jahrzehnten verbessert werden.

Seit einigen Jahren wird zudem eine Verbesserung der Restwassersituation bei den zur Energiegewinnung genutzten Gewässerstrecken angestrebt. An der Sihl und an der Glatt wurden bereits erste Verbesserungen durch Rückkauf oder Einschränkung der Wasserrechte erzielt.



*Beispiel einer durchgeführten Revitalisierung eines Bachlaufes*

Abb. 75

*Um eine gute Wasserqualität in unseren Fliessgewässern zu erhalten, wurden Grenzwerte für einzuleitende Abwässer festgelegt. Für diese Einleitungsgrenzwerte geht der Gesetzgeber häufig von einer Verdünnung des gereinigten Abwassers mit Flusswasser von durchschnittlich 1:10 aus. Die ungünstigeren Verhältnisse in den meisten Flüssen und Bächen widerspiegeln die hohe Bevölkerungsdichte im Kanton Zürich. Damit wird offensichtlich, dass die heute gültigen chemischen und physikalischen Qualitätsziele nur mit überdurchschnittlichen Anstrengungen erreicht werden können.*

*Für die in Gewässern lebenden Pflanzen und Tiere ist es darüberhinaus besonders wichtig, dass sauberes Wasser nicht kanalisert abfliesst, sondern natürliche Verhältnisse vorliegen, bei denen vielfältige Wechselwirkungen zwischen dem Medium Wasser und den darin lebenden Organismen stattfinden können. Die Wasserqualität ist somit eine grundlegende ökologische Voraussetzung für vielfältiges Leben im Wasser, die aber erst zum Tragen kommen kann, wenn der Lebensraum Bach, Fluss oder Seeufer auch naturnah gestaltet ist.*

# Grundwasser

Grundwasser ist frei bewegliches Wasser, welches die Hohlräume im Untergrund ausfüllt. Es entsteht durch Versickern von Niederschlagswasser («echtes» Grundwasser) und durch Infiltration aus Oberflächengewässern (Infiltrationsgrundwasser). Die Grundwasserneubildung ist wesentlich vom Witterungsverlauf und der Jahreszeit abhängig. Wegen der erhöhten Verdunstung bewirken hohe Sommerniederschläge keine markanten Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel, während ihn hohe Winterniederschläge ansteigen lassen. Wie rasch ein Grundwasserspiegel auf Witterungsänderungen reagiert, ist unter anderem vom Flurabstand, der Mächtigkeit der Bodenschicht über dem Grundwasser, abhängig.

## Echtes Grundwasser

Das Grundwasservorkommen im Rafzerfeld ist beispielsweise ein «echtes» Grundwasser mit einem Flurabstand von rund 50 Metern. Der Grundwasserspiegel reagiert auf starke Winterniederschläge (z. B. Winter 1981/82) oder auf Trockenperioden (z. B. Winter 1984/85) mit rund einem halben Jahr Verzögerung. Grössere Schwankungen werden dadurch stark gedämpft.

*Veränderungen des Grundwasserspiegels im Rafzerfeld sowie Niederschlagsverhältnisse in Wil (ZH) 1977 – 1990*

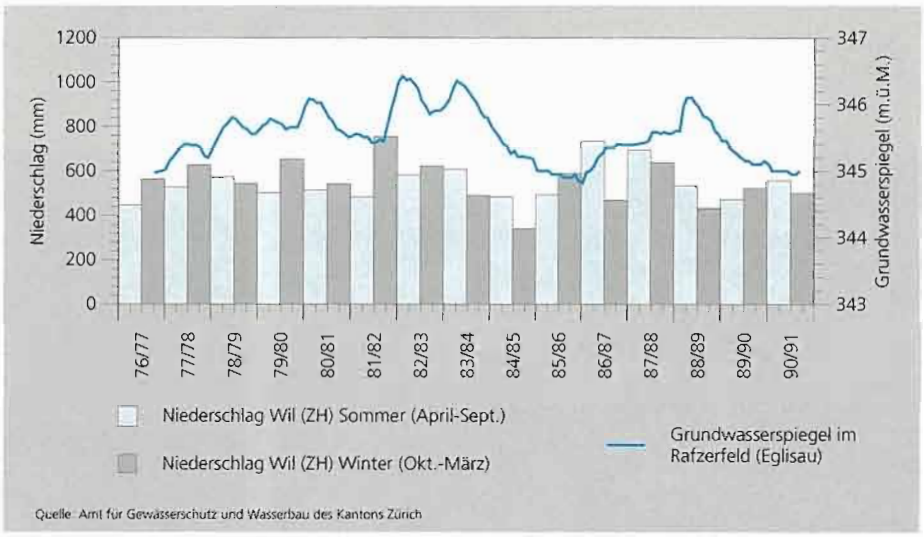



Abb. 76

## Infiltrationsgrundwasser

Die Neubildung von Infiltrationsgrundwasser kann nur stattfinden, wenn die Sohle der Flüsse und Bäche durchlässig ist. Dies ist dort erfüllt, wo bei Hochwasserführung die Flusssohle 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 wie Quantität von Infiltrationsgrundwasser ist in hohem Mass vom infiltrierenden Gewässer abhängig. Der Grundwasserstrom im Tösstal ist beispielsweise eng mit der Töss verbunden. In Abhängigkeit von der Wasserführung der Töss erfährt der Grundwasserspiegel grosse Schwankungen, die zwischen den Extremwerten bis zu sieben Metern ausmachen können.

# Grundwasser

*Veränderungen des Grundwasserspiegels im Tösstal sowie Niederschlagsverhältnisse in Bauma 1977 – 1990*

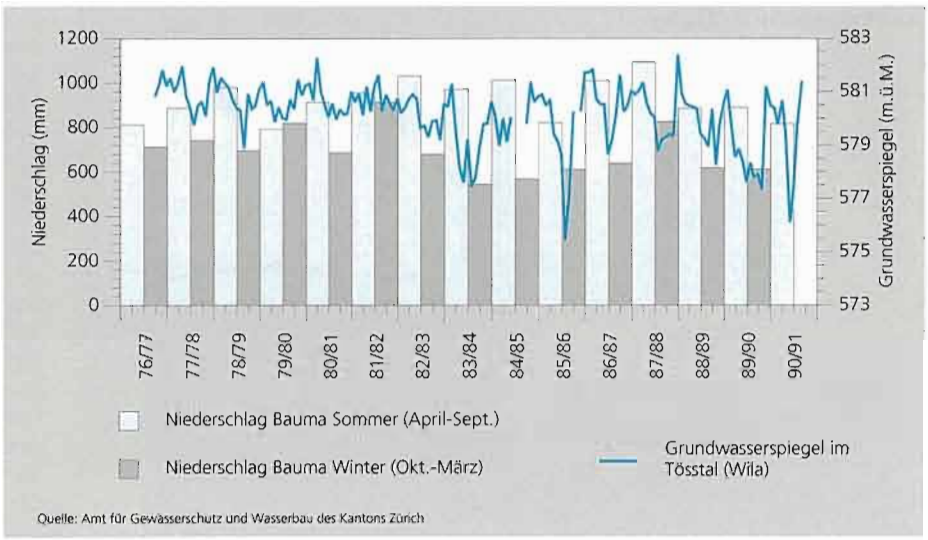



Abb. 77

**Massnahmen zur Grundwasserneubildung**

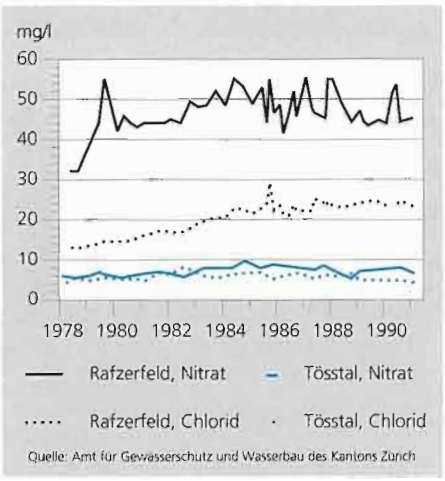
Aufgrund der zunehmenden Versiegelung des Bodens in den Siedlungsgebieten sowie der Verdichtung der landwirtschaftlich genutzten Böden (vgl. Seite 153; Bodenverdichtung) fliesst das Niederschlagswasser oberflächlich immer rascher ab. Als Folge davon steigen die Spitzenwerte der Hochwasserführung der Fliessgewässer, während die Niedrigwasserführung sowie die Speisung des Grundwassers abnehmen. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, sind Massnahmen zum Rückhalt (Retention) und zur Regulierung des Hochwasserabflusses sowie zur Versickerung des Niederschlagwassers notwendig. Eine Förderung solcher Massnahmen findet im Kanton Zürich schon seit längerer Zeit statt, ihre Realisierung ist mit dem neuen Gewässerschutzgesetz vorgeschrieben. Zu beachten sind dabei die Einflüsse der Luftverschmutzung, welche sich bei Versickerungsanlagen ohne ausreichende Bodenfiltration auch im Grundwasser bemerkbar machen. Diese Aspekte sind Gegenstand spezieller Untersuchungen.

**Natürliche Qualitätsunterschiede**

Echte Grundwasservorkommen wie beispielsweise im Rafzerfeld, die fast ausschliesslich durch die direkte Versickerung der Niederschläge gespeist werden, zeichnen sich als Folge kalkreicher Böden durch einen hohen Mineralisierungsgrad (hohe Wasserhärte) aus. Demgegenüber weisen Grundwasservorkommen im Infiltrationsbereich grösserer Flüsse (Limmat, Thur, Töss und Rhein) weniger mineralisiertes, weicheres Wasser auf. Dort sind oft deutliche, von der Abflussmenge abhängige und zum Teil jahreszeitliche Schwankungen im Grundwasserchemismus zu beobachten. Bei Infiltrationsgrundwasser ist in den letzten Jahrzehnten kaum eine signifikante trendmässige Qualiätsveränderung erkennbar. Echte Grundwasservorkommen hingegen zeigen solche Veränderungen, welche auf Einflüsse durch den Menschen zurückzuführen sind (z. B. Nitrat).

# Grundwasser

## Anthropogene Einflüsse




*Chlorid- und Nitratbelastung des Grundwassers im Tösstal (Wila) und im Rafzerfeld (Eglisau) 1978 – 1991*

Abb. 78

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 wie das Tösstal weisen diesbezüglich deutlich bessere Bedingungen auf als intensiv landwirtschaftlich genutzte Regionen wie das Rafzerfeld mit hoher Nitratauswaschung oder überbaute Gebiete mit undichten Kanalisationen und Belastungen aus Industrie und Gewerbe. Beispielsweise ist der Einfluss der Städte Zürich und Winterthur im Chemismus der Grundwasserströme des Limmat- und Eulachtales deutlich erkennbar.

## Nitratbelastung

Seit den sechziger Jahren ist in den landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten fast immer ein Anstieg der Nitrat- und Chloridgehalte im Grundwasser festzustellen. In den letzten Jahren scheint sich eine Stabilisierung auf hohem Niveau, teilweise ein Rückgang abzuzeichnen. In manchen Grundwasserfassungen liegt der Nitratgehalt im Bereich der Toleranzgrenze von 40 mg/l. Durch geeignete Massnahmen in den Wasserversorgungen (Mischung von Wasser) ist eine einwandfreie Trinkwasserversorgung jederzeit möglich.

## Belastung mit Schwermetallen und Kohlenwasserstoffen

Im Jahre 1989 wurden in rund 100 Trinkwasserfassungen im Kanton Zürich die Schwermetall- und Kohlenwasserstoffgehalte gemessen. Fast alle untersuchten Schwermetallgehalte liegen unter der analytischen Nachweisgrenze, während die Belastung mit flüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen entweder nicht nachweisbar ist oder deren Summengehalt weit unter dem zulässigen Höchstwert liegt.

*Rund 65% des im Kanton Zürich verbrauchten Wassers wird als Grund- und Quellwasser gewonnen. Es ist eines der Ziele der Gewässerschutzgesetzgebung, dieses Wasser ohne weitere Aufbereitung als Trinkwasser zu verwenden. Von Einzelfällen abgesehen, ist dies heute noch weitgehend möglich. Insbesondere die Trinkwasserfassungen der Städte, welche den Grossteil der Bevölkerung versorgen, halten die Qualitätsanforderungen einwandfrei ein. Probleme bietet der Nitratgehalt, der in einigen Gegenden über dem Toleranzwert liegt. Das Einhalten der Qualitätsziele für Trinkwasser bezüglich Nitrat, Pflanzenbehandlungs- und Lösungsmittel (z. B .flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe) bedarf weiterer grosser Anstrengungen, wobei zu berücksichtigen ist, dass die schweizerischen Qualitätsziele im Sinne der Vorsorge sehr streng und oft nicht toxikologisch begründet sind.*

## Luftschadstoff-Emissionen

*Quellen und Emissionen von Luftschadstoffen*

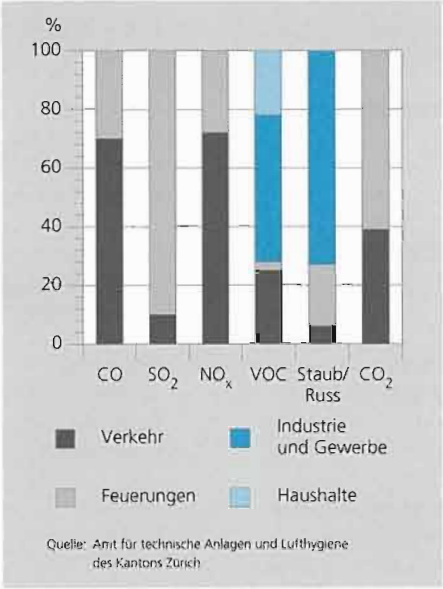



Abb. 79

Bei den meisten Luftschadstoffen war bis Mitte der 80er Jahre eine Zunahme der Emissionen zu verzeichnen. Seither konnten als Folge der neuen Umweltschutzgesetzgebung (Vollzug der Luftreinhalte-Verordnung, verschärfte Abgasvorschriften für Motorfahrzeuge) zum Teil massgebliche Reduktionen realisiert werden. Allerdings sind diese Reduktionen noch nicht ausreichend, um den lufthygienischen Zielen zu genügen. Insbesondere hinsichtlich der Stickoxide ($NO_x$) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) als Verursacher des Sommersmogs sind weiterhin wesentliche Anstrengungen notwendig. Damit die Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) im Kanton Zürich eingehalten werden können, müssen die $NO_x$-Emissionen auf weniger als 8'000 Tonnen/Jahr reduziert werden (vgl. Abb.80). Bei den VOC besteht ein zusätzlicher Sanierungsbedarf von rund 25'000 Tonnen pro Jahr. Zur Stabilisierung des durch den Menschen verstärkten Treibhauseffekts ist eine Reduktion der $CO_2$-Emissionen um mindestens 80% nötig.

*Entwicklung der Stickstoffoxid ($NO_x$)-Emissionen im Kanton Zürich*

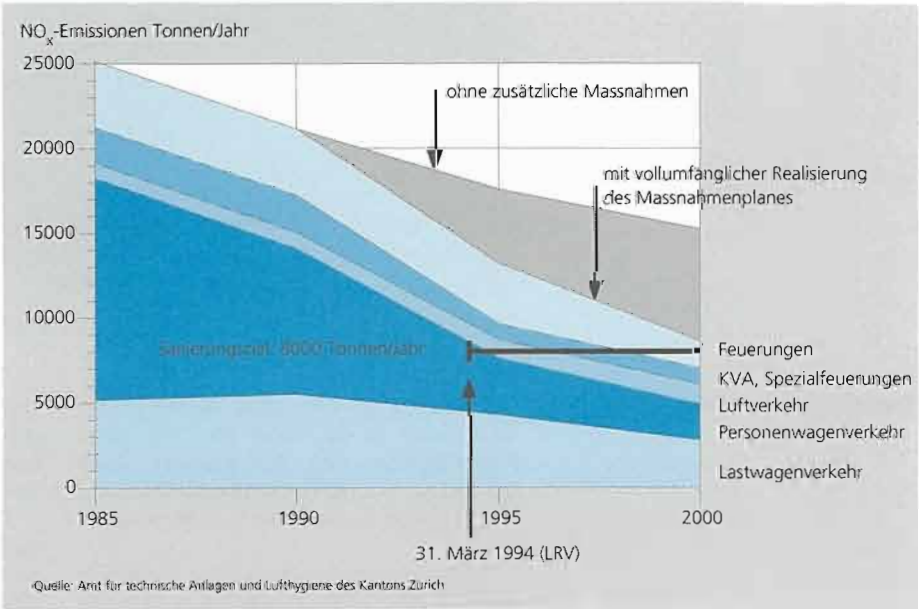



Abb. 80

# Luftschadstoff-Emissionen

*Quellen und Emissionen von Luftschadstoffen und $CO^2$ im Kanton Zürich*

| Schadstoff | Hauptquellen 1990 | | Gesamtemission in Tonnen (ca.) | |
|---|---|---|---|---|
| **Kohlenmonoxid** (CO) | PW-Verkehr<br>Schwerverkehr<br>Motorräder/Mofas<br>Feuerungen | ca. 54%<br>ca. 8%<br>ca. 8%<br>ca. 30% | 1980:<br>1985:<br>1990: | 100'000<br>87'000<br>70–75'000 |
| **Schwefeldioxid** ($SO_2$) | Feuerungen<br>Motorfahrzeuge (v.a. Lastwagen) | 90%<br>10% | 1980:<br>1985:<br>1990: | 20'000<br>15'000<br>10–12'000 |
| **Stickoxide** ($NO_x$ = NO und $NO_2$) | PW-Verkehr<br>Schwerverkehr<br>Luftverkehr<br>Feuerungen | ca. 41%<br>ca. 26%<br>ca. 5%<br>ca. 28% | 1980:<br>1985:<br>1990: | 23'000<br>25'000<br>20–22'000 |
| **Flüchtige organische Verbindungen** (VOC = volatile organic compounds) | Industrie und Gewerbe<br>Verkehr<br>übrige (Haushalt, Natur etc.)<br>Feuerungen | ca. 50%<br>ca. 25%<br>ca. 22%<br>ca. 3% | 1980:<br>1985:<br>1990: | 45'000<br>51'000<br>30–40'000 |
| **Staub/Russ** | Industrie und Gewerbe<br>Hausfeuerungen<br>Verkehr | ca. 73%<br>ca. 21%<br>ca. 6% | 1980:<br>1985:<br>1990: | 4'500<br>3'500<br>3–3'500 |
| **Blei** | Motorfahrzeuge (bleihaltiges Benzin, rückläufig)<br>Industrie<br>KVA | | 1980:<br>1985:<br>1990: | 180<br>95<br>70–75 |
| **Kohlendioxid ($CO_2$)** | **Feuerungen**<br>davon Öl<br>Gas<br>Holz<br>KVA<br>Kohle | **65%**<br>81%<br>15%<br>3%<br>1%<br>< 1% | 1980:<br>1985:<br>1990: | 6'800'000<br>7'000'000<br>7'150'000 |
| | **Verkehr**<br>davon Benzinfahrzeuge<br>Dieselfahrzeuge<br>Luftverkehr | **35%**<br>70%<br>21%<br>9% | | |

Tab.7

Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft

**Emissionskontrollen**

Seit anfangs der 70er Jahre werden in den Gemeinden in der Regel alle zwei Jahre Feuerungskontrollen durchgeführt. Auch bei Industrie- und Gewerbebetrieben sind regelmässige Emissionskontrollen vorgesehen.

Im Rahmen der abgasseitigen Sanierung werden die Kehrichtverbrennungsanlagen bis Ende 1994 mit Einrichtungen zur kontinuierlichen Emissionsmessung ausgerüstet. Diese dienen der Dauerüberwachung LRV-geregelter Emissionen und der Funktionskontrolle von Einrichtungen der Abgasnachbehandlung.

Bei den Personen- und Lieferwagen werden die Emissionskontrollen durch periodische Abgastests sichergestellt. Die jährliche Abgaswartung bei diesen Fahrzeugen ist seit 1985 vorgeschrieben. Bei Lastwagen wird sie demnächst eingeführt.

# Luftschadstoff-Immissionen

## Immissionsmessungen

Das Vorhandensein von Luftschadstoffen in der Atmosphäre wird mittels Konzentrationen (Masse pro Volumen) oder mittels Volumenanteilen (Teilchendichte) angegeben. Bei den üblicherweise beobachteten Schadstoffkonzentrationen handelt es sich trotz ihrer erheblichen Bedeutung für Mensch und Umwelt um sehr geringe Mengen. Zur Veranschaulichung: 30 Mikrogramm (µg) Stickstoffdioxid ($NO_2$) in einem Kubikmeter Luft entsprechen etwa dem Verhältnis von 90 Einzelpersonen zur gesamten Weltbevölkerung.

Die Messung von Luftschadstoffen erfordert sehr viel Sorgfalt. Angesichts der geringen Mengen wird bei entsprechenden Nachweismethoden von Spurenanalytik gesprochen. Die dazu notwendigen Messgeräte sind hochempfindlich und verlangen eine intensive, regelmässige Wartung und Kontrolle. Durch Eichungen mit Probegas bekannter Konzentration und durch Vergleichsmessungen mit mehreren Geräten (Ringmessung) wird die ausreichende Qualität dieser Messungen gewährleistet.

*Immissionswerte im Kanton Zürich 1991*

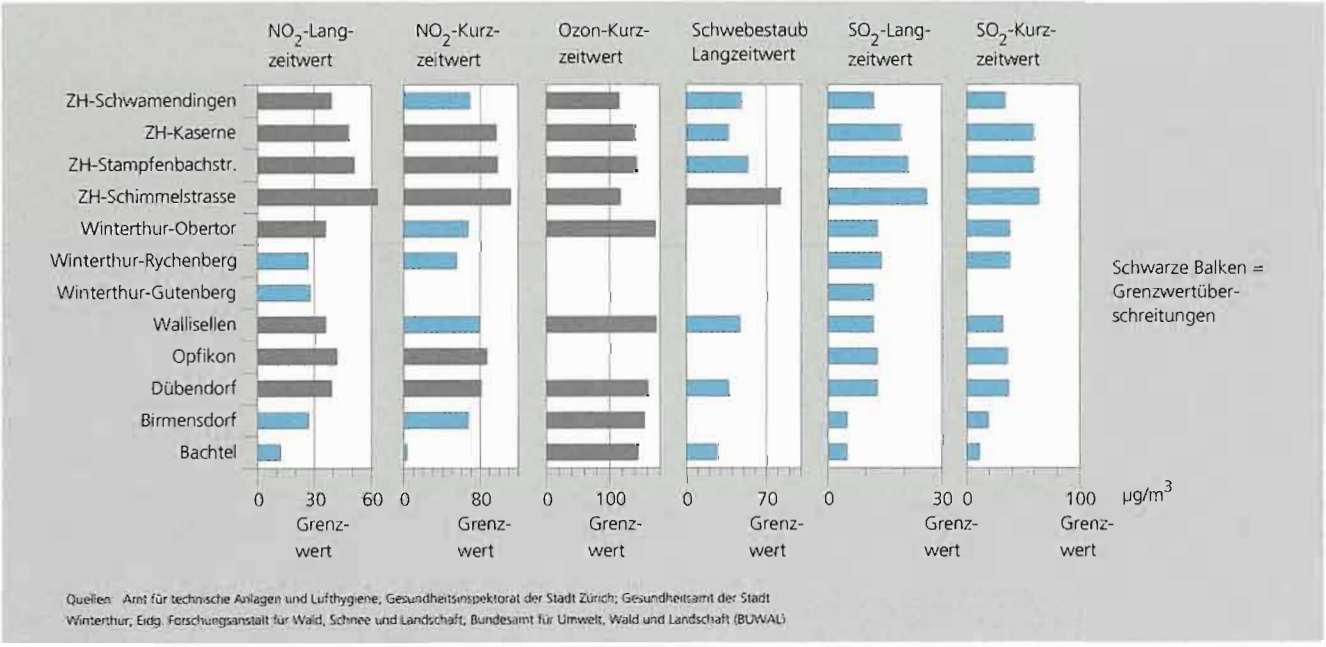



Abb. 81

## Das Messnetz des Kantons Zürich

Vom Amt für technische Anlagen und Lufthygiene (ATAL), dem Bund sowie den Städten Zürich und Winterthur werden im Kanton Zürich gegenwärtig an 12 festen Standorten gasförmige Luftschadstoff-Immissionen gemessen. Mit mobilen Stationen werden an verschiedenen Standorten ergänzende Messungen durchgeführt. Einzelne Gemeinden nehmen zudem Erhebungen mittels Passivsammlern, meist zur Bestimmung der $NO_2$-Belastung, vor.

Zur Beobachtung der Schwebestaubbelastungen betreiben das ATAL, der Bund und die Stadt Zürich auf Kantonsgebiet insgesamt 7 Messstationen. 20 Messgeräte werden zur Erfassung des Staubniederschlags eingesetzt.

Das Messnetz für die Luftschadstoff-Immissionen des Kantons 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 relative 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.

# Luftschadstoff-Immissionen




*Immissionsmessstationen Stand Mitte 1992* Karte 26

# Luftschadstoff-Immissionen

*Immissionswerte 1991*

| Standort<br>L = Langzeitwert<br>K = Kurzzeitwert | CO mg/m³ | $SO_2$ µg/m³ | | $NO_2$ µg/m³ | | $O_3$ µg/m³ | Schwebestaub µg/m³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | K | L | K | L | K | K | L |
| **LRV-IGW** | **8** | **30** | **100** | **30** | **80** | **100** | **70** |
| ZH-Schwamendingen | - | 12 | 34 | 39 | 69 | 115 | 48 |
| ZH-Kaserne | - | 19 | 59 | 48 | 97 | 140 | 41 |
| ZH-Stampfenbachstr. | 3,8 | 21 | 59 | 51 | 98 | 143 | 54 |
| ZH-Schimmelstrasse | 4,6 | 26 | 64 | 63 | 112 | 117 | 82 |
| Winterthur-Obertor | - | 13 | 38 | 36 | 67 | 173 | - |
| Winterthur-Rychenberg | - | 14 | 38 | 27 | 55 | - | - |
| Winterthur-Töss | - | 12 | - | 28 | - | - | - |
| Wallisellen | - | 12 | 32 | 36 | 79 | 174 | 47 |
| Opfikon | - | 13 | 36 | 42* | 87* | - | - |
| Dübendorf | - | 13 | 37 | 39 | 81 | 161 | 41 |
| Birmensdorf | - | 5 | 19 | 27 | 67 | 155 | - |
| Bachtel | - | 5 | 11 | 12 | 3 | 145 | - |
| Bachtel-Ost | - | - | - | - | - | - | 27 |

Tab. 8 Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich

**LRV-IGW** = Immissionsgrenzwert der Luftreinhalte-Verordnung; unterstrichene Werte zeigen Grenzwertüberschreitungen an.

**L** = Langzeitwert: (Arithmetischer) Jahresmittelwert

**K** = Kurzzeitwert CO: Höchster Tages-Mittelwert eines Jahres

Kurzzeitwert $SO_2$, $NO_2$, Schwebestaub: 95 % aller gemessenen Halbstundenwerte eines Jahres liegen unter dem in der Tabelle angegebenen Wert

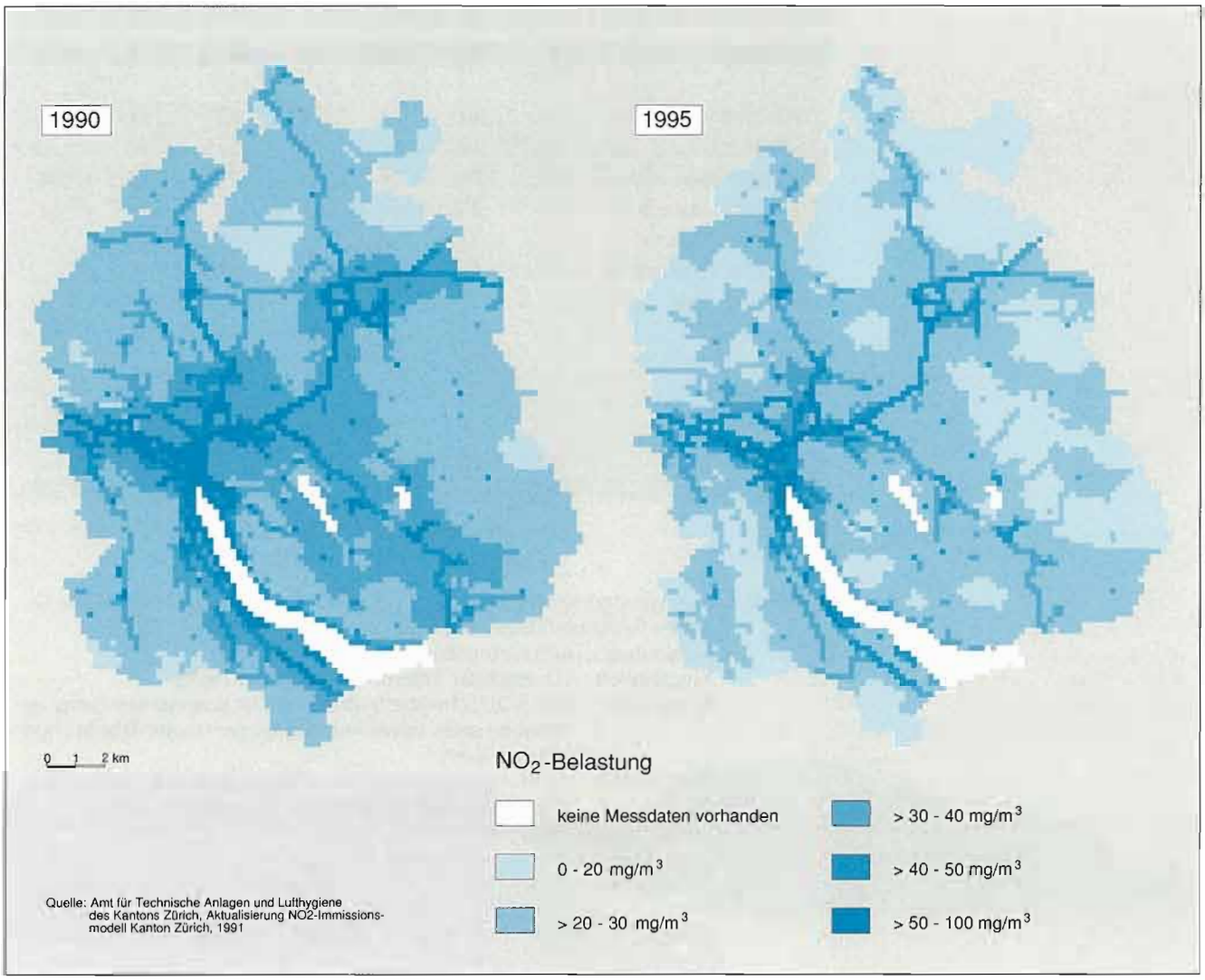
Kurzzeitwert $O_3$: 98 % aller gemessenen Halbstundenwerte eines Jahres liegen unter dem in der Tabelle angegebenen Wert

* = unvollständige Messreihe

# Luftschadstoff-Immissionen

**Immissionsberechnungen und -prognosen**

Ergänzt werden die Schadstoffmessungen durch Immissionsberechnungen. Diese basieren auf den Daten über die emittierten Schadstoffmengen und ermöglichen die flächenmässige Darstellung der Schadstoffbelastung.




*Berechnete $NO_2$-Belastung 1990 und Prognose 1995* Karte 27

# Immissionssituation

### Schwefeldioxidbelastung ($SO_2$)

Die $SO_2$-Belastung blieb 1991 an allen Standorten des Kantons deutlich unter den LRV-Grenzwerten. Obwohl die Heizgradtagzahl, bedingt durch die sehr kalten Monate Februar und Mai, um einen Fünftel höher lag als im Vorjahr, waren die Messwerte nicht höher als 1990. Für diese seit Jahren rückläufige Entwicklung sind der Wechsel zu immer schwefelärmeren Brennstoffen sowie deren effizientere und damit sparsamere Verwendung massgebend.

*$SO_2$-Jahresmittelwerte 1977 – 1991*

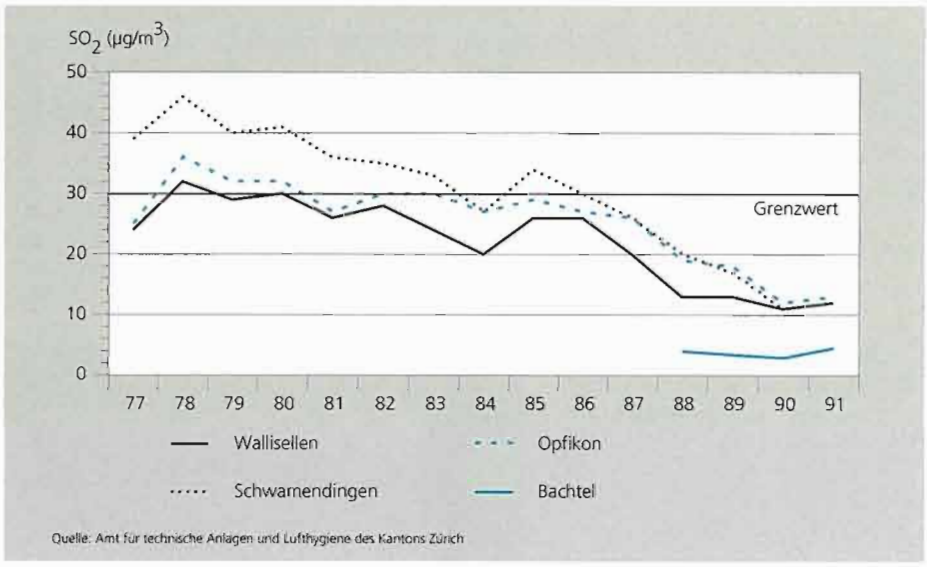



Abb. 82

### Stickoxidbelastung ($NO$, $NO_2$)

Auch 1991 mussten in den meisten Fällen immer noch zu hohe Stickoxid-Belastungen festgestellt werden. Die massgeblichen Grenzwerte werden in der Agglomeration Zürich weiterhin deutlich überschritten und vorerst nur in ländlichen Gebieten, beispielsweise auf dem Bachtel, eingehalten. Die Belastung in Winterthur und Birmensdorf liegt im Bereich der Grenzwerte. Da der Verkehr noch zu rund 70 % für die Emission der $NO_x$ verantwortlich ist (Stand 1991), werden entlang der Hauptachsen des Motorfahrzeugverkehrs die höchsten Konzentrationen gemessen.

Die Belastung mit $NO_2$ sank 1990 auf den Stand von 1984 und lag damit um einen Drittel tiefer als die Höchstwerte von 1986/87. Sowohl die Jahresmittelwerte als auch die Kurzzeitwerte von 1991 sind praktisch identisch mit jenen von 1990.

Eine deutliche Abnahme ist bei NO, dem Vorläuferschadstoff von $NO_2$, festzustellen. Für diesen existiert kein Grenzwert. Indirekt bestätigt sich damit aber der Trend der letzten Jahre, welcher auf einen allmählichen Rückgang der Gesamtstickstoffbelastung hinweist. Zweifellos liegt der Grund dafür auch hier in den bereits getroffenen Luftreinhalte-Massnahmen.

*$NO_2$-Jahresmittelwerte 1984 – 1991*

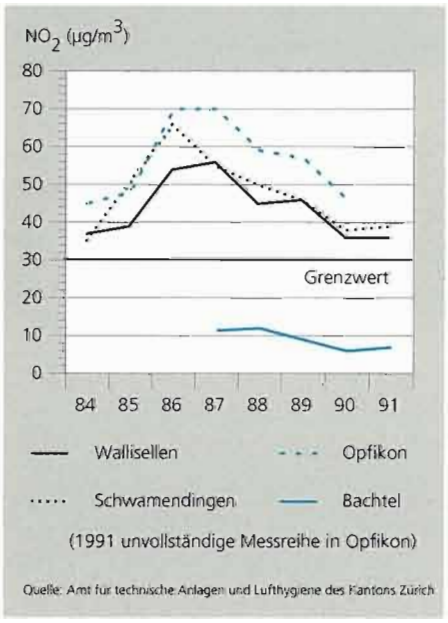



Abb. 83

# Immissionssituation

**Ozon ($O_3$)**

Ozon ist der wichtigste Bestandteil des Sommersmogs. Das aggressive Gas bildet sich unter Einwirkung des Sonnenlichts aus Luftsauerstoff. Stickoxide ($NO_x$) und flüchtige organische Verbindungen (VOC) spielen bei diesem Prozess eine wichtige Rolle und sind massgebend für die hohen Ozonkonzentrationen. Nach Sonnenuntergang tragen Stickoxide allerdings auch zum Ozonabbau bei. In den städtischen Gebieten, wo $NO_x$ 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.

Beim Ozon war 1991 eine interessante Entwicklung zu beobachten. Der monatliche Kurzzeitwert von 100 µg/m³ wurde wiederum im ganzen Kantonsgebiet deutlich überschritten, in Wallisellen um bis zu 74 %, auf dem Bachtel bis 45 % und in Schwamendingen um 11 %. Während jedoch an stadtnahen Standorten der Ozonpegel stagnierte oder nur schwach abnahm, konnte auf dem Bachtel ein deutlicher Rückgang festgestellt werden. Dass trotz Wetterbedingungen, welche die Ozonbildung an sich begünstigen, eher ein Rückgang denn ein weiterer Anstieg der Ozonbelastung beobachtet wurde, lässt darauf schliessen, dass die bisher getroffenen Anstrengungen auch hinsichtlich der Ozonbelastung zu wirken beginnen.

*Tagesgang NO, $NO_2$, $O_3$ (Ozon) auf dem Bachtel und in Wallisellen, 28. August 1991*

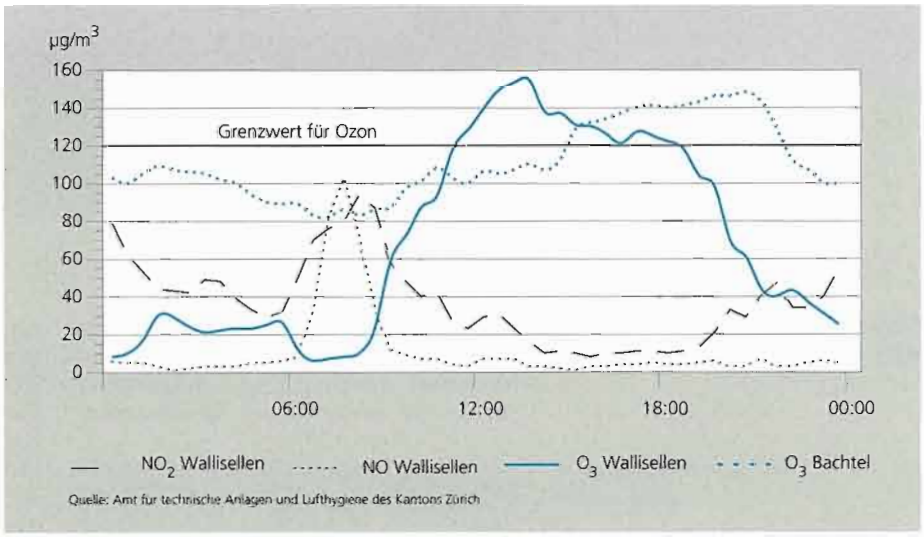



Abb. 84

Erfreulich ist die Tatsache, dass die Abnahme der $NO_x$ zu keiner Erhöhung der Ozonspitzenwerte geführt hat, obwohl dies immer wieder befürchtet wurde. Hingegen nahm die Häufigkeit der Grenzwertüberschreitungen in Wallisellen, Winterthur und der Stadt Zürich zu. Um die Ozonbelastung auf das Niveau der beiden von der LRV vorgegebenen Grenzwerte zu senken, sind aber weitere Massnahmen zur Reduktion der Emission flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) notwendig.

## Immissionssituation

*Ozon-Kurzzeitwerte (98%) in Wallisellen und am Bachtel 1985 – 1991*

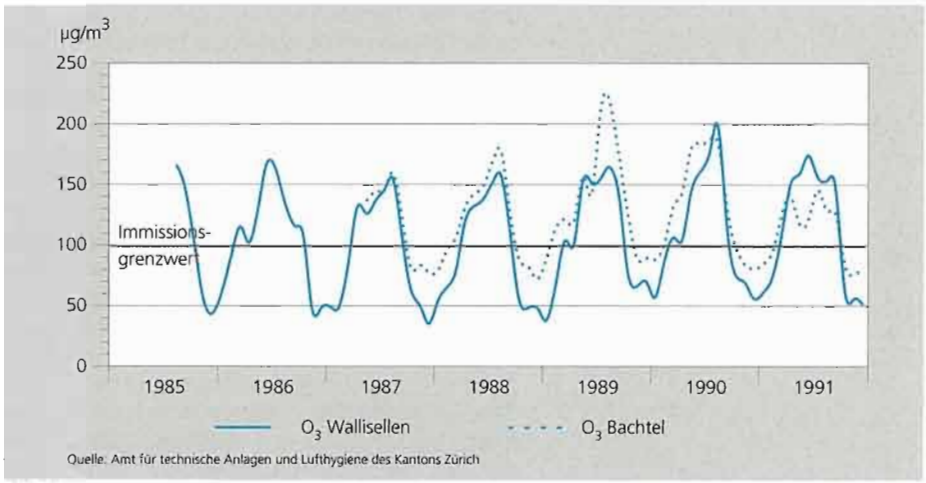



Abb. 85

**Staubimmissionen**

Hohe Schwebestaubbelastungen werden vor allem an innerstädtischen Standorten mit hohem Verkehrsaufkommen erreicht. An einem der verkehrsreichsten Messstandorte, an der Schimmelstrasse in Zürich, lag die ermittelte Belastung über dem massgeblichen Grenzwert. Die Analyse der an den Schwebestaub gebundenen Schwermetalle ergab an derselben Messstelle eine Überschreitung des Grenzwertes für Blei und Zink. Mit Ausnahme dieses Messstandortes lagen 1991 alle Staubniederschlag-Messwerte deutlich unter den Grenzwerten der LRV.

*Luftschadstoff-Belastung (Immission) im Vergleich mit den jeweiligen LRV Grenzwerten 1991*

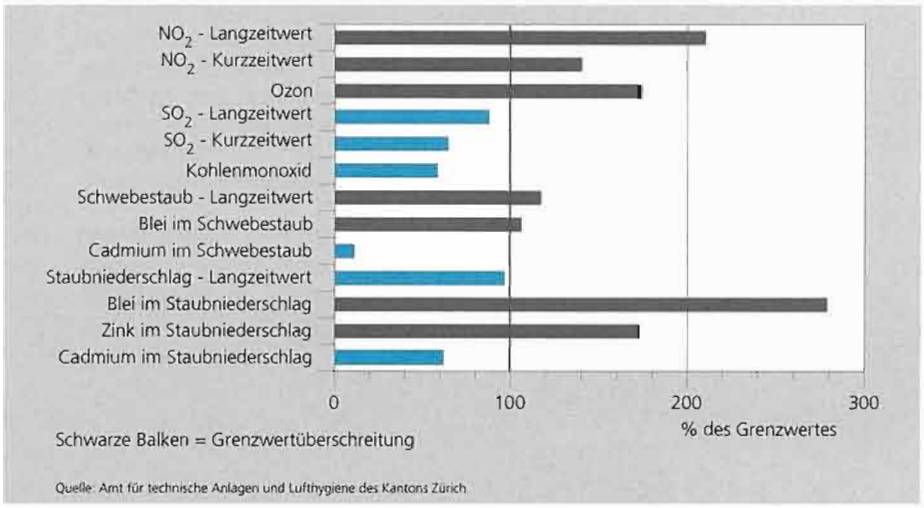



Abb. 86

*Die Luftbelastung 1991 ist trotz Verbesserungen gegenüber den Vorjahren immer noch deutlich zu hoch. Dies gilt vor allem für das Stickstoffdioxid und für das Ozon, bei dem die Grenzwerte nicht nur an einem Extremstandort, sondern grossflächig überschritten werden. Grosse Bedeutung ist auch der weiteren Reduktion der Schwermetallbelastung beizumessen, da diese Substanzen sich im Boden anreichern und so langfristig zu einer übermässigen Belastung der Bodenökosysteme führen können.*

## Auswirkungen auf die Gesundheit

Unter dem Namen SAPALDIA (Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults) wird im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 26 (Mensch, Gesundheit, Umwelt) eine dreijährige Studie über Luftverschmutzung und Atemwegserkrankungen bei Erwachsenen durchgeführt. Sie findet gleichzeitig in sieben Regionen der Schweiz statt. Im Kanton Zürich nahmen 1991 über 1'500 Einwohner der Gemeinden Wald und Dürnten daran teil. Die lokale Luftschadstoffbelastung wird durch das ATAL beim Spital Wald gemessen.

Neueste Forschungen deuten darauf hin, dass Luftschadstoffe, nebst anderen Faktoren, das Auslösen von Atemwegsallergien wie Heuschnupfen begünstigen können (vgl. BUWAL: Luftverschmutzung und Gesundheit, Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 87/1988 und Nr. 134/1990). Die Häufigkeit der am meisten auftretenden Allergie, der Pollenallergie, hat sich in den letzten 60 Jahren verzehnfacht. 10 – 15 % der Schweizer Bevölkerung sind heute davon betroffen. Anhand von Blutuntersuchungen konnte durch SAPALDIA festgestellt werden, dass jedoch 30 % der Schweizer Bevölkerung grundsätzlich eine genetische Veranlagung für Atemwegsallergien aufweisen. Damit es aber zum Ausbruch von allergischen Atemwegserkrankungen kommt, ist die Wirkung auslösender Faktoren notwendig. Die heute vorliegenden Daten sind zwar vorsichtig zu interpretieren, aufgrund der klinischen und tierexperimentellen Beobachtungen müssen die Luftschadtoffe jedoch als wichtige Faktoren für das Auftreten von Atemwegsallergien betrachtet werden.

## Auswirkungen auf Pflanzen: Flechtenuntersuchungen

Die Beobachtung von Pflanzen oder Tieren, deren Reaktion auf einzelne oder mehrere Arten von Umwelteinwirkungen untersucht und bekannt ist, ermöglicht mit wenig technischem Aufwand eine flächendeckende Umweltbeobachtung. Je einfacher sich der Zusammenhang zwischen Umwelteinwirkung und Reaktion der Lebewesen darstellt, desto aussagekräftiger werden die Beobachtungen.

Bei Flechten erfolgt die Nährstoff- und Wasseraufnahme praktisch ausschliesslich aus der Luft. Aufgrund dieser speziellen Lebensweise reagieren Flechten überaus empfindlich auf Luftschadstoffbelastungen, so dass sich Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen von Flechtenarten und der lufthygienischen Gesamtbelastung an einem Ort nachweisen lassen. Die Flechtenbeobachtung ermöglicht deshalb, die kombinierte Wirkung verschiedener Luftschadstoffbelastungen zu beurteilen. Winterthur hat im Jahre 1989 die Gesamtschadstoffbelastung der Luft flächendeckend für das gesamte unbewaldete Stadtgebiet anhand von Flechten erhoben (vgl. Abb. 87)



## Auswirkungen auf Pflanzen: Flechtenuntersuchungen

*Luftgütekarte der Stadt Winterthur, erstellt aufgrund einer Flechtenkartierung 1989*

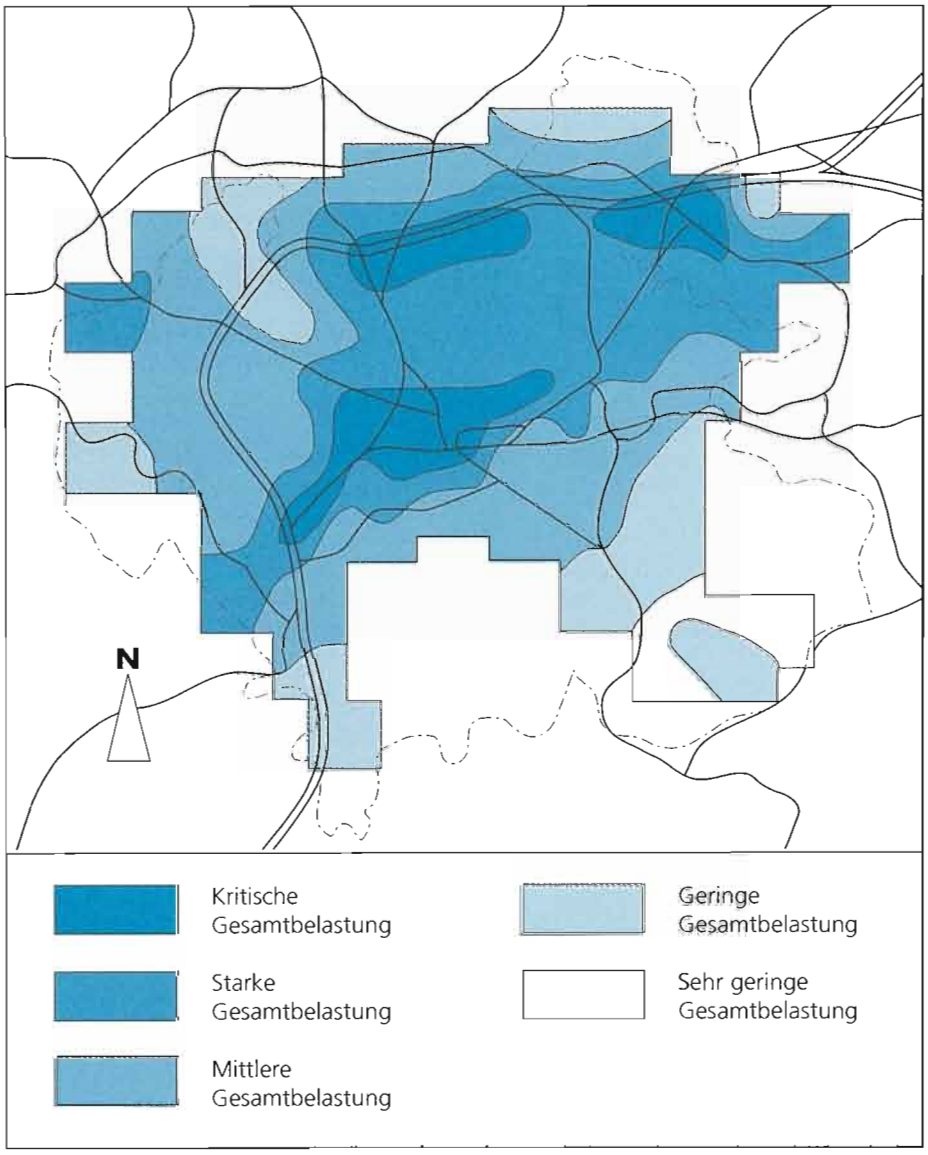



Abb. 87

Quelle: Beauftragter für Umweltschutz und Energie der Stadt Winterthur

## Kosten der Luftverschmutzung

Aufgrund der Studie «Monetäre Kosten der Luftverschmutzung an Gebäuden» (ATAL/Infras, 1986) ergibt sich, dass durch die Verkürzung der Lebensdauer gewisser Baumaterialien bei erhöhter Schadstoffexposition sowie durch den gesteigerten Reinigungsaufwand im Kanton Zürich jährlich über 100 Mio Franken zur Behebung luftverschmutzungsbedingter Gebäudeschäden aufgewendet werden. Die Schäden an Kunstdenkmälern wurden in dieser Erhebung nicht berücksichtigt.

In einem Bericht an den Kantonsrat hat der Regierungsrat 1990 folgende Immissions-Schadenbilanz angegeben:

*Grobschätzung immissionsbedingter Schäden im Kanton Zürich*

| Schadenart | Schadstoffe | Externe Kosten |
|---|---|---|
| Menschl. Gesundheit (Krankheit und Tod) | Schwefeldioxid<br>Staub<br>Ozon | 5– 50 Mio. Fr./Jahr |
| Landwirtschaft<br>Gartenbau | Stickstoffoxide<br>Kohlenwasserstoffe<br>Ozon | 100–200 Mio. Fr./Jahr |
| Wald<br>(Wald- und Folgeschäden) | Schwefeldioxid<br>Stickstoffoxide<br>Kohlenwasserstoffe<br>Schwermetalle | 15– 30 Mio. Fr./Jahr |
| Sachgüter<br>(Schäden an Gebrauchs- und Kulturgütern) | Schwefeldioxid<br>Stickstoffoxide<br>Staub | > 200 Mio. Fr./Jahr |

Tab. 9

Quelle: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene, 1990: Luft-Programm für den Kanton Zürich, Seite 26

## Luftreinhalte-Verordnung

Zentrales rechtliches Instrument im Bereich der Lufthygiene ist die Luftreinhalte-Verordnung (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, welche entsprechend dem Stand der Technik sowie der wirtschaftlichen Tragbarkeit festgelegt sind. Die Emissionsbegrenzungen für mobile Anlagen, namentlich für Motorfahrzeuge sind im Verordnungsrecht zum Strassenverkehrsgesetz geregelt.

Falls die Immissionsgrenzwerte dennoch überschritten werden, haben vorab die Kantone in einer zweiten Stufe verschärfte Emissionsbegrenzungen im Rahmen einer umfassenden Massnahmenplanung anzuordnen. Diese Aufgabe nimmt der Kanton Zürich mit der Realisierung des 1990 vom Regierungsrat beschlossenen Luft-Programms wahr.

## Luft-Programm des Kantons Zürich

Das Zürcher Luft-Programm enthält 63 Massnahmen, aufgeteilt auf folgende acht Gruppen:

- Feuerungen
- Personenverkehr
- Güterverkehr
- Reduktion der zulässigen Fahrgeschwindigkeiten
- Verkehrs- und Siedlungsplanung
- Luftverkehr
- Industrie und Gewerbe
- Information und Motivation

In jedem Bereich sind mit verschiedenen Massnahmen Erfolge zu erzielen:

- Der grösste Sanierungsbeitrag zur Reduktion der $NO_x$-Belastung wird vom *Teilplan Feuerungen* erwartet, wo durch die Einführung der Low-$NO_x$-Technik und durch Entstickungseinrichtungen an Grossanlagen (z. B. bei Kehrichtverbrennungsanlagen) mehr als die Hälfte der Emissionen vermieden werden kann.

- Ein grosses Sanierungspotential ($NO_x$) weist auch der *Güterverkehr* auf, allerdings ist hier der Wirkungskreis der Kantone eher beschränkt. Im Gegensatz zu den Personenwagen sind bei den Lastwagen die technischen Möglichkeiten zur Abgasreduktion noch nicht ausgeschöpft, die notwendigen Normen müssen allerdings durch den Bund festgesetzt bzw. verschärft werden.

- Regulierende Massnahmen im Bereich *Personenverkehr* und in der *Raumplanung* wirken sich kurzfristig eher geringfügig auf die Emissionsbilanz aus, sind aber wichtig, um lufthygienische Fortschritte auch auf längere Sicht und trotz weiterhin zunehmendem Brenn- und Treibstoffverbrauch sicherzustellen.

- *Geschwindigkeitsreduktionen* sind Massnahmen, welche rasch realisierbar sind, und entsprechend schnell wirksam werden. Ihre grösste Wirksamkeit erreichen sie im hohen Geschwindigkeitsbereich (Autobahnen und andere Hochleistungsstrassen).

- Hauptziel des am 25. April 1992 in Kraft gesetzten *Teilmassnahmenplans Industrie und Gewerbe* ist es, die prozessbedingten Schadstoffemissionen aus industriellen und gewerblichen Aktivitäten, über die vorsorgliche Emissionsbegrenzung hinaus, soweit als möglich zu mindern oder gar zu eliminieren. Ein Schwerpunkt liegt dabei bei den flüchtigen organischen Verbindungen (VOC).

# Erfolgskontrolle des Luft-Programms

Im Herbst 1991 wurde dem Regierungsrat erstmals ein Erfolgskontrollbericht zum Luft-Programm vorgelegt. Er beschreibt die aktuelle Situation der Immissionen und enthält Hinweise zur Entwicklung der Emissionen sowie zum Realisierungsstand der beschlossenen Massnahmen. Für 1992 liegt ein neuer, aktualisierter Bericht vor.

## Teilmassnahmenplan Industrie und Gewerbe

Eine wichtige Massnahme besteht in der Ausrüstung aller Benzintankstellen mit der Gaspendelung. Beim Betanken eines Fahrzeuges ebenso wie beim Wiederauffüllen des Tankstellen-Tanks wird mit Benzindämpfen gesättigte Luft verdrängt, die in die Atmosphäre entweicht. Diese Emissionen - im Kanton Zürich waren dies 1988 rund 1'900 Tonnen – sind gesundheitlich nicht unbedenklich, da sie krebserzeugende Substanzen wie Benzol enthalten. Ausserdem setzen sich die Benzine aus einer Reihe von Kohlenwasserstoffen zusammen, die wesentlich an der Ozonbildung beteiligt sind. Durch Umrüsten der Tankstellen mit geeigneten Gasrückführsystemen ist es möglich, einen Grossteil der verdrängten Benzindämpfe in das Tankfahrzeug bzw. in den Tank der Tankstelle zurückzuleiten.

Bis im Oktober 1992 wurden insgesamt 143 Tankstellen (Kanton Zürich, ohne Städte Zürich und Winterthur) saniert. Damit können die Benzindampf-Emissionen um rund 500 Tonnen pro Jahr reduziert werden.

## Teilmassnahmenplan Verkehr

Beim Personenverkehr sind auf kantonaler und kommunaler Ebene verschiedenste Massnahmen in der Umsetzung und weitere in der Detailplanung. Dabei hat sich herausgestellt, dass der Zeitbedarf für die Konkretisierung der einzelnen Massnahmen in den meisten Fällen grösser ist als ursprünglich angenommen wurde.

Bereits in der Realisierung sind Massnahmen zur Förderung und Attraktivitätssteigerung des öffentlichen Verkehrs, zur Verbesserung der Haltestellen-Zugänglichkeit, zum Ausbau des Radwegnetzes, zur Schaffung von Mitarbeiter-Abonnements, zur Einführung der Anwohnerbevorzugung bei öffentlichen Parkplätzen und zum Ausbau von Park & Ride-Anlagen.

Die beim Bund beantragten Massnahmen (z. B. emissionsabhängige Schwerverkehrssteuer, Verschärfung der Abgasgrenzwerte) sind zum grössten Teil noch in Bearbeitung. Bei einzelnen wird eine Anpassung an eine gesamteuropäische Lösung gesucht.

## Teilmassnahmenplan Feuerungen

Der kantonale Teilmassnahmenplan Feuerungen trat am 1. Juli 1992 in Kraft. Bereits jetzt sind die ersten Anlagen mit Low-$NO_x$-Feuerungen ausgerüstet. Die Nachrüstung der sechs Kehrichtverbrennungsanlagen mit Entstickung ist an der Josefstrasse in Zürich seit Mitte 1992 realisiert, im Hagenholz und in Winterthur in Fertigstellung und bei den übrigen drei (Horgen, Hinwil, Limmattal) in Planung. Bei den Grossfeuerungen wurden durch Stillegung oder Umstellung auf emissionsarme Brennstoffe beträchtliche Schadstoffreduktionen erzielt.

Durch den vorsorglichen Vollzug und die bereits 1990 erfolgte Inkraftsetzung der Teilmassnahmenpläne in den Städten Zürich und Winterthur konnte bis Ende 1991 eine Reduktion der $NO_x$-Frachten von rund 110 Tonnen/Jahr erreicht werden.

## Saubere Luft in Sicht?

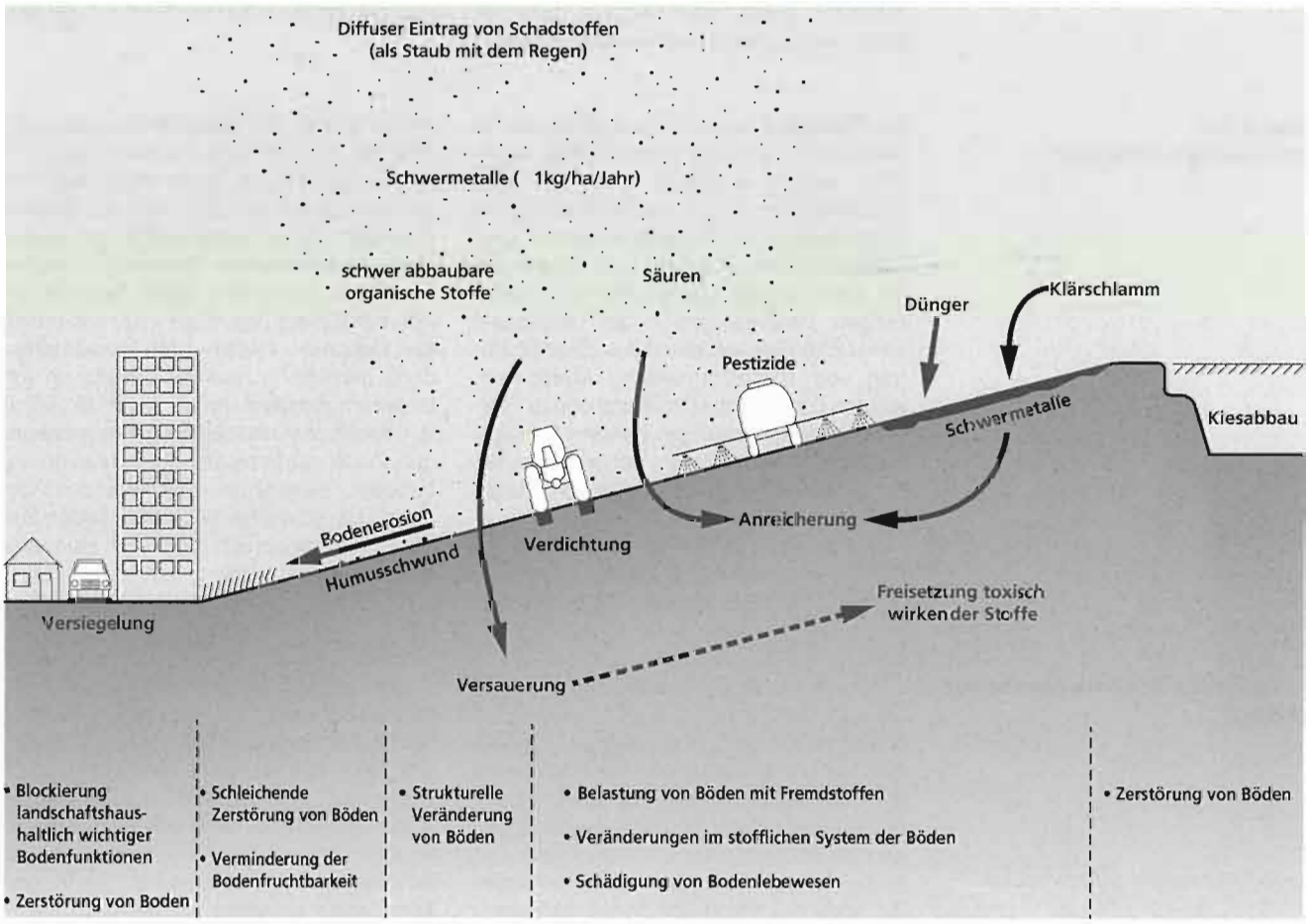
Die Immissionssituation hat sich in den letzten Jahren zweifellos verbessert. Nachdem die Belastungen mit Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Schwebestaub seit Jahren rückläufig sind und kaum mehr zu Grenzwertüberschreitungen führen, nimmt auch der Stickoxidpegel seit 1986/87 kontinuierlich ab. Allerdings werden die $NO_2$-Grenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung nach wie vor vielerorts überschritten, in städtischen Gebieten zum Teil um das Doppelte. Der allgemein rückläufige Trend bei den $NO_x$-Emissionen ist vor allem auf den zunehmenden Anteil an Katalysatoren bei den Autos und weitere bereits realisierte Massnahmen zurückzuführen. Dennoch bedarf es in Zukunft weiterer, intensiver Anstrengungen um die Schadstoffbelastung der Luft auf die gesetzlich vorgeschriebenen Werte zu senken. Ob dieses Ziel 1994 erreicht werden kann, scheint fraglich. Insbesondere bei der übermässigen Ozonbelastung dürfte ein Einhalten der Grenzwerte frühestens gegen Ende des Jahrzehnts möglich sein.



*Seit Mitte der 80er Jahre konnten bei vielen Luftschadstoffen beachtliche Emissionsreduktionen realisiert werden. Die Belastungen mit Schwefeldioxid ($SO_2$) bleiben inzwischen auch bei kalten Witterungsbedinungen auf einem Niveau weit unter den LRV-Grenzwerten. Der Grenzwert für Stickstoffdioxid ($NO_2$) ist in der Agglomeration Zürich weiterhin deutlich überschritten. Lediglich in den ländlichen Gebieten kann er eingehalten werden. Zur Erreichung der lufthygienischen Ziele müssen die Stickoxid-Emissionen um weitere 60 % reduziert werden. Dies erfordert Anstrengungen insbesondere im Verkehrsbereich, welcher heute noch zwei Drittel der Stickoxidemissionen verursacht. Die Ozongrenzwerte werden im Sommerhalbjahr kantonsweit deutlich überschritten. Neben den Stickoxidreduktionen sind zur Einhaltung des Ozongrenzwertes Verminderungen der VOC-Emissionen von 60 – 80 % erforderlich. Eine wichtige Massnahme dürfte dabei die auf Bundesebene vorgeschlagene Lenkungsabgabe auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) darstellen. Vom Treibhausgas $CO_2$ gelangten 1990 rund 5 % mehr in die Zürcher Luft als 1980. Die angestrebte Stabilisierung der $CO_2$-Emissionen auf dem Niveau von 1990 erfordert in erster Linie einen sparsameren Umgang mit fossilen Brenn- und Treibstoffen. Darüberhinaus sind globale Massnahmen (insbesondere eine Energie-/$CO_2$-Abgabe) und innovative technische Entwicklungen erforderlich.*

## 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 (Schwermetalle, organische Schadstoffe usw.) können das Pflanzenwachstum direkt beeinflussen und die Bodenlebewesen schädigen. Schäden an der Bodenstruktur werden vor allem durch mechanisch-physikalische Einwirkungen verursacht. Die Zerstörung und die fehlende Erneuerung der Bodenstruktur führen dazu, dass der Boden in Feinteile zerfällt, welche mitsamt den daran gebundenen Nährstoffen abgeschwemmt (vgl. Seite 110) oder vom Wind ausgeblasen werden können. Die Schäden an der Bodenstruktur können auch zur Beeinträchtigung des Sauerstoff- und Wasserhaushaltes unter anderem Vernässungen, oberflächliche Abschwemmungen) führen, was sowohl das Bodenleben wie auch das Wachstum der Pflanzen beeinträchtigt.




*Bodenbelastungen durch Überbauung, Stoffeintrag und mechanisch-physikalische Belastungen*

Abb. 88

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

# Bodenbeobachtung

## Grobübersicht der Bodenbelastung

Um sich in kurzer Zeit einen groben Überblick über die Belastung des Bodens im Kanton zu verschaffen, wurde 1988/89 der Boden an 425 Standorten untersucht, die aufgrund eines Rasternetzes mit einer Maschenweite von 2 x 2 Kilometern ausgewählt wurden. Es handelte sich dabei um 130 Wald- oder Kahlschlagflächen, 253 landwirtschaftlich genutzte Flächen, 31 Rasen-, Hausgarten- oder Schrebergartenflächen (Siedlungsgebiet) sowie einzelne Spezialstandorte wie Hecken, Obstanlagen, Strassenböschungen und organische Böden (Moorböden). Auf dem Gebiet der Stadt Winterhur wurde dieses Netz auf 500 x 500 Meter verdichtet. Erfasst wurden in diesen Untersuchungen die Totalgehalte an den Schwermetallen Blei, Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink, teilweise an Molybdän und Fluor sowie die löslichen Gehalte an Blei, Cadmium, Kupfer und Zink. Ebenfalls ermittelt wurden die Gehalte an den Nährstoffen Phosphor und Kalium sowie als wesentliche Bodenkennwerte die pH-Werte und die Kationenaustauschkapazitäten. Zur Vereinfachung der Untersuchungen beschränkte man sich auf die Erfassung des Oberbodens bis in eine Tiefe von 20 Zentimetern. Die Ergebnisse dieser ersten Bodenuntersuchung konnten 1989 veröffentlicht werden.

## Stand der Bodenuntersuchungen

Die bisherigen kantonalen und regionalen Bodenuntersuchungen ermöglichen heute einen groben Überblick über die Belastungssituation des Bodens im Kanton, wie sie beispielsweise infolge der grossräumigen Schadstoffeinträge aus der Luft entstanden ist. Kleinräumige, punktuelle Verschmutzungen, beispielsweise in der Umgebung von Emittenten oder durch den direkten Eintrag von schadstoffhaltigen Materialien, werden derzeit ermittelt. Aufgrund der bisherigen Untersuchungen wurden Eintragssituationen mit erhöhten Schadstoffgehalten im Boden sowie ein Teil der belasteten Einzelstandorte sichtbar.

Weiterführende Abklärungen über die räumliche Ausdehnung und die Schadstoffquellen der betroffenen Einzelstandorte sind im Gange. Mit gezielten Einzeluntersuchungen müssen die kritischen Schadstoffeintragswege in den Boden eruiert werden. Mittelfristig werden alle Untersuchungsergebnisse in einen Verdachtsflächenkataster für Bodenbelastungen einfliessen, welcher eine Ergänzung des in Arbeit befindlichen Altlastenkasters (vgl. Seite 152) ausserhalb der Deponie-, Unfall- und Industriestandorte darstellt. Er wird zur Umsetzung von Bodenschutzmassnahmen (Aushubkontrolle, Depositions- und Nutzungsbeschränkungen, Zustandsüberwachung und Sanierung) benötigt. Insbesondere soll verhindert werden, dass schadstoffbelasteter Boden unkontrolliert deponiert oder zur Humusierung eingesetzt wird.

## Langfristige Bodenbeobachtung (KABO)

Da Boden weder ein grossflächig sanierbares noch erneuerbares Gut ist, müssen bei Fehlentwicklungen 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 ist es notwendig an ausgewählten Standorten zeitlich gestaffelte Messreihen zu erfassen.

Zur langfristigen Überwachung der Bodenqualität wird ein Kantonales Bodenbeobachtungsnetz (KABO) geplant. Dieses soll 100 – 200 Standorte umfassen und im Gegensatz zur 1988/89 durchgeführten Rasternetzuntersuchung auch die tieferen Bodenschichten erfassen. Zudem soll die Zahl der zu beobachtenden Stoffe und Kennzahlen erweitert werden und insbesondere auch organische Schadstoffe umfassen. Das geplante Beobachtungsnetz wird auf weite Sicht angelegt, so dass die einzelnen Standorte auch noch nach Jahrzehnten untersucht werden können.

# Chemische Belastung

## Stoffeinträge

Wachsende Bevölkerungszahl und erhöhter Materialumsatz pro Person vergrössern den vom Menschen verursachten Stoffeintrag in den Boden. Das Ausmass des aktuellen Eintrags an einzelnen Schadstoffen in den Boden, beispielsweise an 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, land- und forstwirtschaftlichen Hilfsstoffen (Dünger, Pflanzenschutzmittel; vgl. Seite 135) 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 Luftreinhalteverordnung (LRV) eingeleitet und kommen allmählich zum Tragen. Verschiedene Abluftreinigungstechniken tragen dazu bei, dass der Ausstoss problematischer Stoffe aus Materialverarbeitungs- und Verbrennungsprozessen massgeblich reduziert werden kann (end of pipe). Die Stoffverordnung führt im Sinne des Verursacherprinzips dazu, dass die Verwendung problematischer Stoffe generell an der Quelle reduziert wird.

*Wichtige Emissionsquellen anorganischer Schadstoffe*

| Anorganische Schadstoffe (VSBo) / Emissionsquellen | Cadmium (Cd) | Blei (Pb) | Zink (Zn) | Quecksilber (Hg) | Chrom (Cr) | Kupfer (Cu) | Nickel (Ni) | Molybdän (Mo) | Cobalt (co) | Fluor (F) | Thallium (Tl) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aluminiumverhüttung | | | | | | | | | | ● | |
| Keramik | | | | | | | | | | ● | |
| Kunststoffindustrie | ● | | | | | | | | | | |
| Zementwerke | | | | | | | | | | | ● |
| Verzinkereien | ● | | ● | | | | | | | | |
| Ziegeleien | | | | | | | | | | ● | ● |
| Akkumulatorenbau | ● | ● | | ● | | | | | | | |
| Grossfeuerungen | ● | ● | | | | | ● | | | | |
| Strassenverkehr | ● | ● | ● | | | | | | | | |
| Lackierereien | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | | | |
| Galvanisierbetriebe | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | |
| Stahlwerke | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| Buntmetallschmelzwerke | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| Chemische Industrie | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| Metallspritzwerke | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| Sonderabfallverbrennung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| Kehrichtverbrennung | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |

Tab. 10

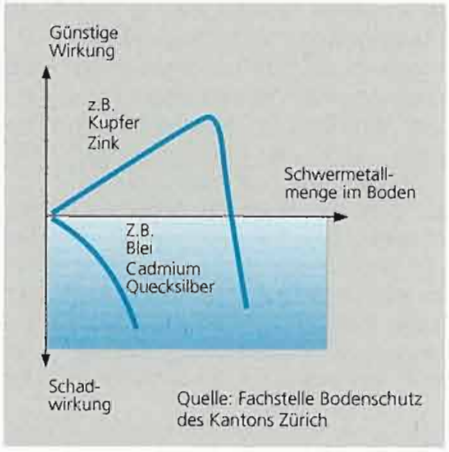
Quelle: «Wegleitung für die Probenahme und Analyse von Schadstoffen im Boden» BUWAL 1987, leicht verändert

## Chemische Belastung

**Natürliches Vorkommen von Schwermetallen**

Sechs der zehn in der Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) genannten Schwermetalle, nämlich Chrom, Cobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel und Zink, sind für Mensch, Tier und Pflanzen lebensnotwendige Spurenelemente. Sie werden mit der Nahrung aufgenommen und wirken erst in höheren Konzentrationen für den Organismus giftig. Keinerlei positive Wirkungen auf Lebewesen 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».




*Wirkung von Schwermetallen im Boden in Abhängigkeit der Konzentration*

Abb. 89

## Beobachtete chemische Belastungen

Die nachfolgend dargestellten Belastungen sind die Ergebnisse der Bodenzustandserhebungen von 1988/1989, welche aufgrund eines Rasters das ganze Kantonsgebiet erfassten (vgl. Seite 144).

**Belastung mit Cobalt, Molybdän, Thallium**

Die Belastungen mit Cobalt, Molybdän und Thallium stellen aufgrund bisheriger Untersuchungen keine Probleme dar.

**Quecksilberbelastung**

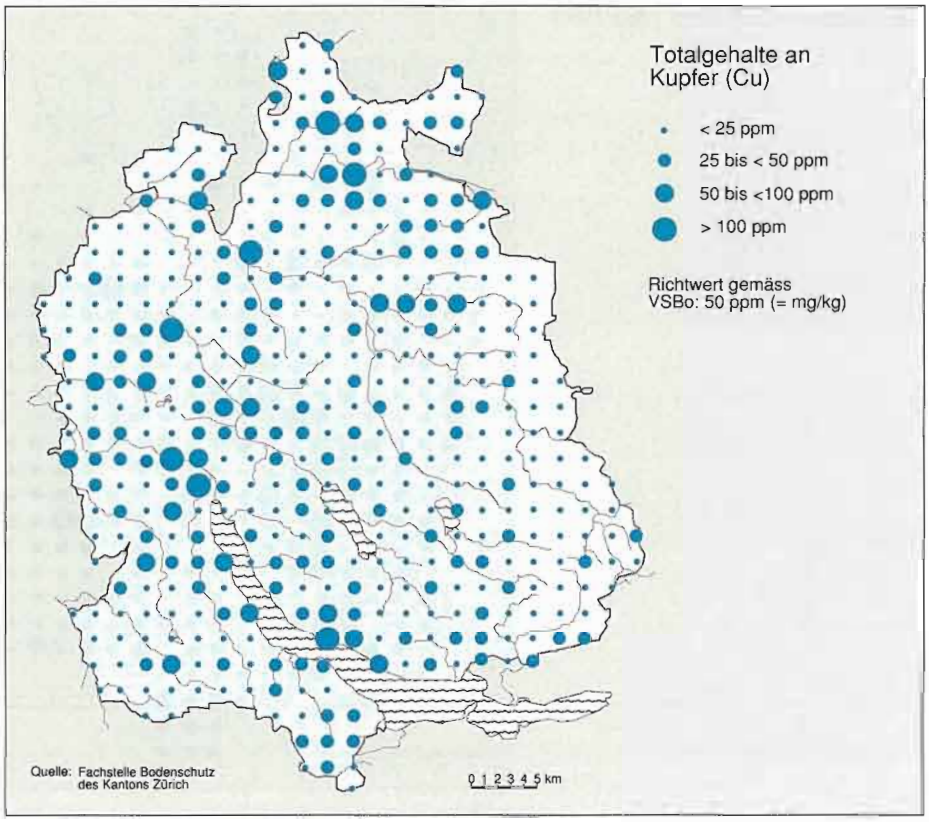
Für Quecksilber sind im Siedlungs- und vereinzelt im Landwirtschaftsgebiet Richtwertüberschreitungen ermittelt worden. An den entsprechenden Standorten sind gezielte Einzeluntersuchungen notwendig. Im übrigen liegen die Quecksilbergehalte von über 90 % aller Proben bei weniger als einem Viertel des Richtwertes.

**Kupferbelastung**

Kupfer erreicht vor allem in den Siedlungs- und Landwirtschaftsflächen erhöhte Gehalte. Bei einem Drittel der Böden liegt sein Gehalt über der Hälfte des Richtwertes, was langfristig Probleme aufwerfen könnte.

## Beobachtete chemische Belastungen

*Kupfergehalte des Bodens 1988/1989*



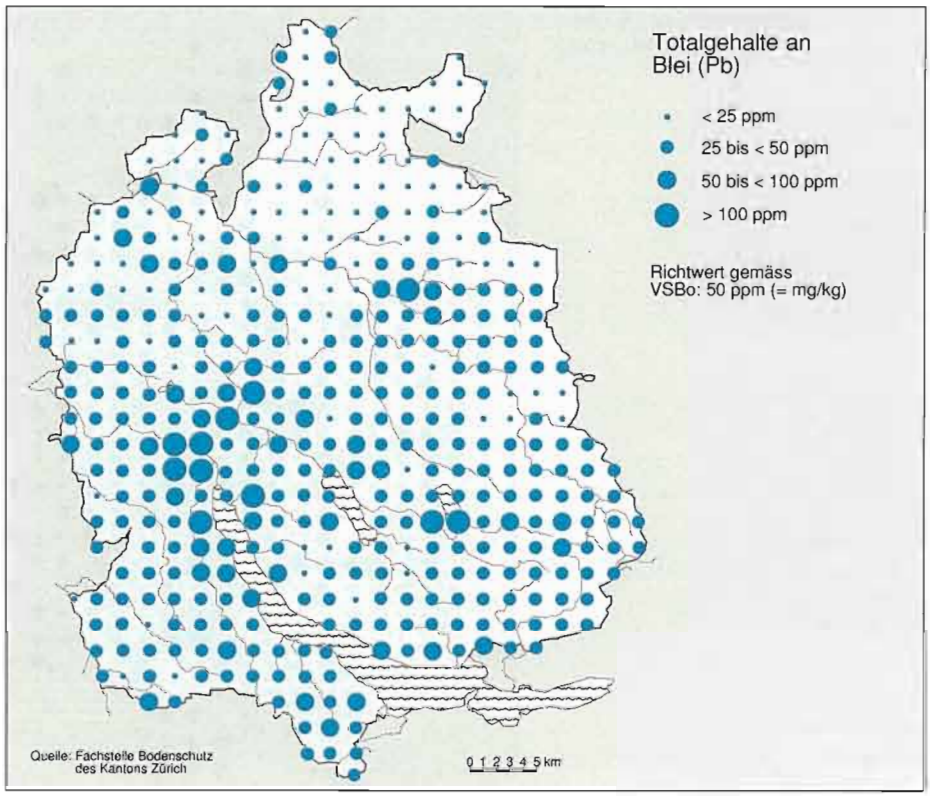

Karte 28

**Belastung mit Blei, Cadmium, Zink**

Durch die zunehmende Verwendung von bleifreien Treibstoffen nimmt zwar die Zufuhr von Blei generell stark ab, doch stellen die heutigen Bleigehalte bereits eine hohe Grundbelastung dar. Die Gehalte an Cadmium liegen vor allem im Siedlungs- und Landwirtschaftsgebiet häufig im Bereich des halben Richtwertes oder darüber. Bei sauren Bodenverhältnissen, wie sie in weiten Teilen des Zürcher Waldes vorkommen, werden die Schwermetalle Cadmium und Zink im Boden schlecht gebunden. Sie liegen in gelöster Form vor und können so von den Pflanzen aufgenommen werden. Diese leichte Pflanzenverfügbarkeit des Cadmiums sowie seine Giftigkeit für Mensch und Tier erfordern eine weitere Reduktion des Cadmiumeintrags. Die im Siedlungsgebiet gegenüber ländlichen Gebieten allgemein eher höheren Zinkgehalte sowie die aufgrund saurer Bodenverhältnisse hohen löslichen Zinkanteile im Wald sind ein Problem für die Bodenfruchtbarkeit und das Pflanzenwachstum.

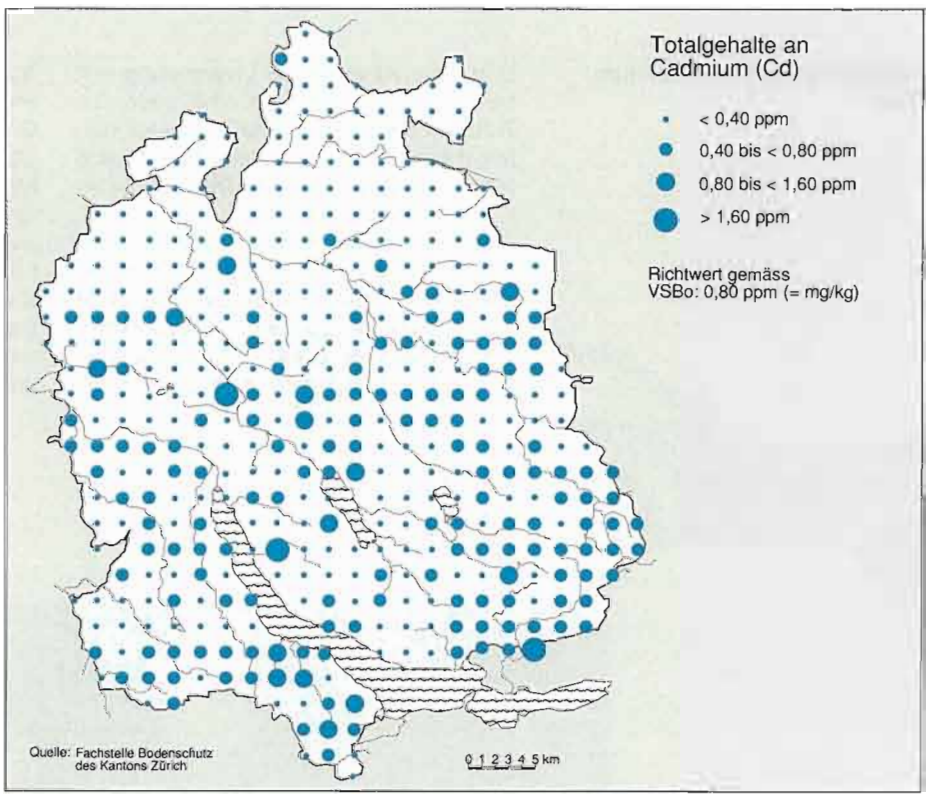
## Beobachtete chemische Belastungen

*Bleigehalte des Bodens 1988/1989*




Karte 29

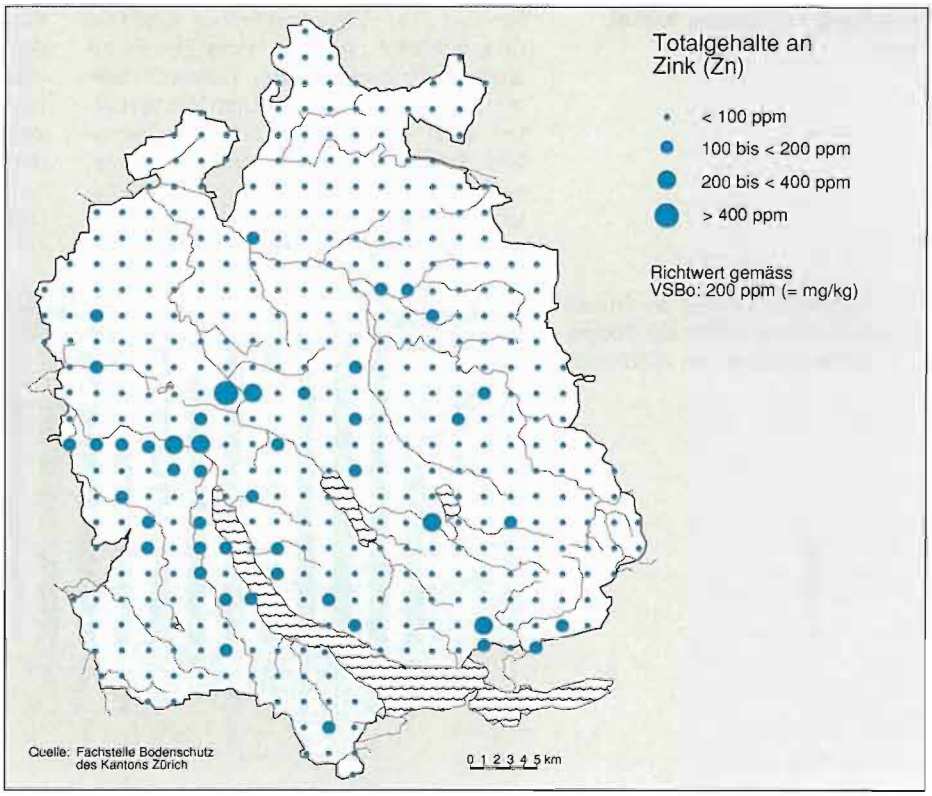
*Cadmiumgehalte des Bodens 1988/1989*




Karte 30

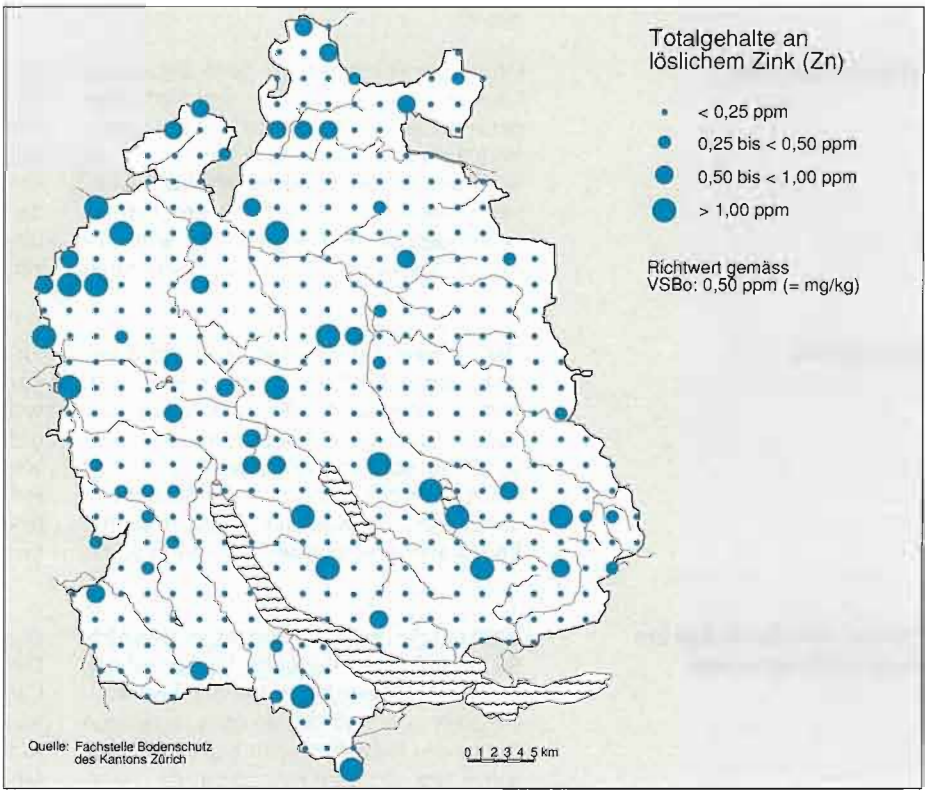
## Beobachtete chemische Belastungen

*Zinkgehalte des Bodens 1988/1989*




Karte 31

*Gehalte an löslichem Zink des Bodens 1988/1989*




Karte 32

## Beobachtete chemische Belastungen

**Belastung mit Chrom, Nickel, Fluor**

Bei rund einem Viertel der Proben liegen die Chromgehalte über der Hälfte des Richtwertes, sehr wenige weisen Richtwertüberschreitungen auf. Die erhöhten Werte dürften auch mit einer natürlichen Chrom-Grundbelastung zusammenhängen (vgl. natürliches Vorkommen von Schwermetallen Seite 146). Dies gilt in verstärktem Ausmass für Nickel, das regional in erhöhten Konzentrationen vorzukommen scheint. Auch bei Fluor ist zu vermuten, dass die natürliche Belastung einen namhaften Beitrag zu den beobachteten hohen Werten leistet. Es muss deshalb auch überprüft werden, ob der Richtwert der VSBo für Fluor die natürliche Belastung ausreichend berücksichtigt.

*Prozentualer Anteil der Proben pro Belastungsstufe der Bodenuntersuchung von 1988/1989*

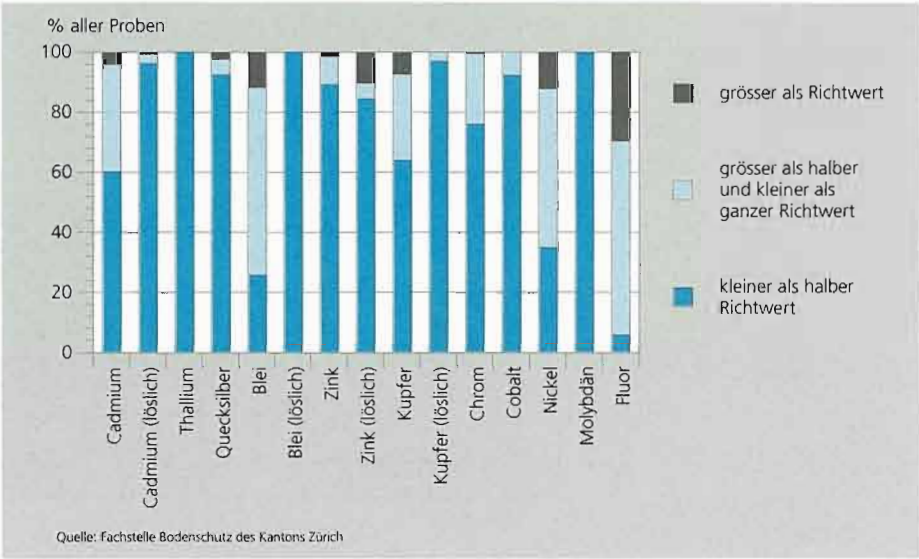



Abb. 90

**Nährstoffgehalte**

Infolge der Düngung (vgl. Seite 38) weisen Flächen in Landwirtschafts- und Siedlungsgebieten wesentlich höhere Gehalte an den Nährstoffen Phosphor und Kalium auf als Waldgebiete. Zwar sind die erhöhten Nährstoffgehalte in der Regel kein Problem für den Boden, sie können jedoch zu Belastungen der Gewässer führen. Zudem zeichnen sich stark mit Phosphor gedüngte Standorte oft durch erhöhten Gehalt an Blei, Cadmium, Kupfer, Zink oder Chrom aus. Die teils hohen Nährstoffgehalte im Siedlungs- und im Landwirtschaftsgebiet weisen darauf hin, dass die Schadstoffe vor allem auch durch übermässigen Einsatz von Dünger und Pflanzenschutzmitteln in die Böden gelangen.

**Säurewerte**

Der Säureeintrag in den Boden stammt teilweise aus der mit Stickoxiden und Schwefeldioxid belasteten Luft (vgl. Seite 133). Die damit verbundene Bodenversauerung ist auffallend stark im Wald erkennbar. Dies ist insofern problematisch, als die Waldböden ohnehin zur Versauerung neigen; in sauren Böden aber sind gelöste Schadstoffe schon für Pflanzen verfügbar, wenn die Konzentrationen noch weit unterhalb der Richtwerte der VSBo liegen. Dadurch können nicht nur der Boden und die Pflanzen geschädigt werden, die Schadstoffe können auf diesem Weg auch in die Nahrungsmittelkette von Tieren und Menschen gelangen.

**Schwermetalleinträge am Beispiel Düngemittel**

1990 hat die Fachstelle Bodenschutz je rund 50 Handels- und Hofdünger (Gülle) auf den Gehalt an Nährstoffen sowie Schwermetallen untersucht und mit den entsprechenden Daten von Klärschlämmen (vgl. Seite 109) verglichen. Im Verhältnis zu ihrem Nährstoffgehalt wiesen phosphorhaltige Handelsdünger die höchsten Chromgehalte auf. Die ab 1996 für den Handel verbindlichen Cadmiumgrenzwerte für Handelsdünger wurden meist noch nicht eingehalten. Mit Kupfer, Blei, Zink, Kobalt, Nickel und Quecksilber am stärksten belastet waren die Klärschlämme, doch liegen die Werte deutlich

## Beobachtete chemische Belastungen

unter den gesetzlichen Grenzwerten. Vergleichsweise günstig schneiden die Hof-, die Stickstoff- und die Kalidünger ab. Der Einsatz von Kompost zu Düngezwecken kann hinsichtlich des Recyclings von Nährstoffen als wertvoll beurteilt werden. Sein Nährstoffgehalt beträgt jedoch meist nur ein Viertel bis ein Drittel desjenigen von Klärschlamm, sein Schwermetallgehalt pro Nährstoffeinheit ist mit jenem von Klärschlamm vergleichbar.

Am Beispiel der Düngung wurde die langfristige Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit beurteilt. Es wurde der Zeitpunkt ermittelt, in dem die Richtwerte gemäss Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) infolge des Einsatzes von Düngemitteln erreicht sein werden. Kommen Düngerkombinationen zum Einsatz, die vorwiegend auf Handelsdünger, Gülle oder Gülle kombiniert mit Klärschlamm basieren, werden die Richtwerte für keines der Schwermetalle innert der nächsten 500 Jahre erreicht. Die kürzesten Anreicherungszeiten haben Cadmium, Kupfer und Zink. Bei Blei und Quecksilber beträgt das entsprechende Zeitintervall mehr als 1'300 Jahre, bei Kobalt, Chrom und Nickel mehr als 3'500 Jahre. Diese Angaben setzen eine fachgerechte Düngung voraus und gelten für durchschnittliche Verhältnisse. Eine Düngung, welche auf maximalem Klärschlammeinsatz beruhen würde, hätte zur Folge, dass die Richtwerte für Kupfer, Blei und Zink nach weniger als 250 Jahren erreicht würden. Andere Einträge, beispielsweise Blei und Cadmium aus der Luft oder Kupfer aus Pflanzenbehandlungsmitteln, sind für den Schwermetallgehalt der Böden ebenso bedeutend. Die Schwermetallfrachten aller Eintragspfade kummulieren sich und verschärfen die Situation. Namentlich bei der Verwendung besonders schwermetallhaltiger Einzeldünger, bei übermässigem Dünger- oder Pflanzenschutzmitteleinsatz und in Gebieten mit überdurchschnittlich belastetem Luftraum ist die Bodenfruchtbarkeit kleinräumig besonders stark bedroht.

*Schwermetallgehalte im Boden nach 100 Jahren im Vergleich mit den Bodenrichtwerten gemäss VSBo nach Anwendung verschiedener Düngerarten*

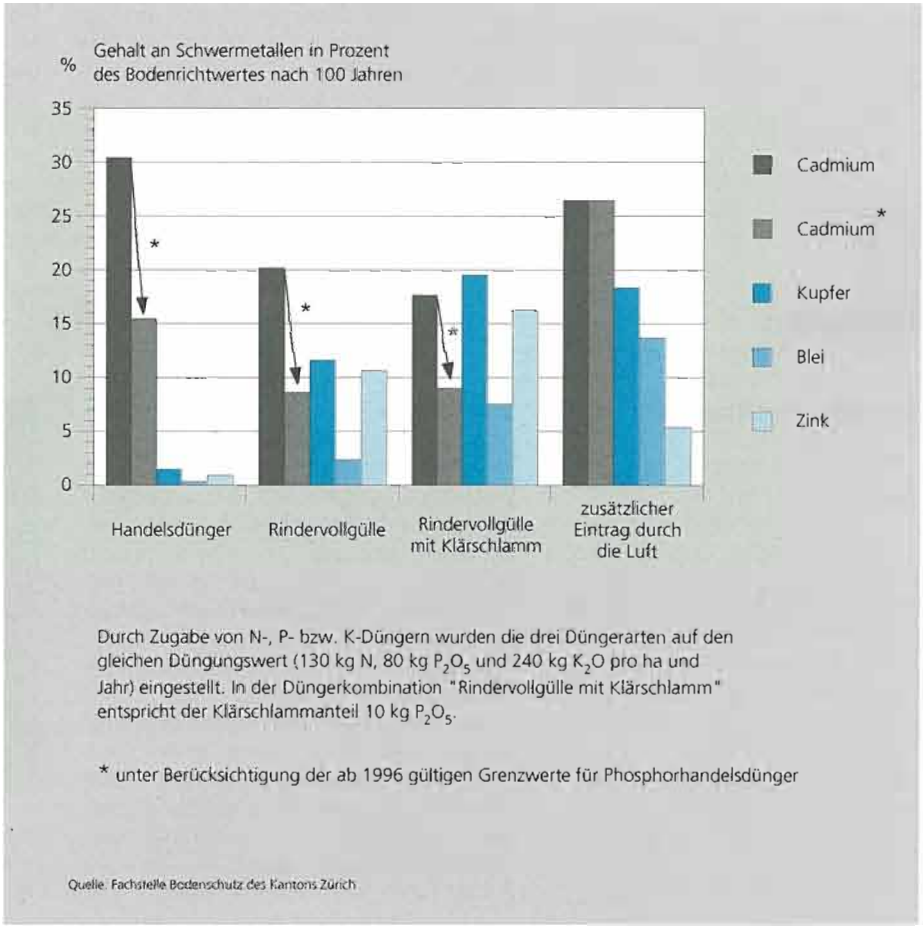



Abb. 91

## Beobachtete chemische Belastungen

**Schadstoffabbau und Bodensanierung**

Mit Hilfe entsprechender Technik gelingt es heute, Wasser- oder Luftbelastungen 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; andererseits ist der Austrag durch Pflanzen, welche die Schadstoffe aufnehmen, oder durch Auswaschung und Verlagerung in tiefere Bodenschichten meist sehr gering. In der Folge verbleiben die Schadstoffe in der Regel im Boden und können, wenn der Eintrag nicht unterbunden wird, kontinuierlich angereichert werden.

Lediglich eine Problemverschiebung ergibt sich, wenn verschmutztes Bodenmaterial entfernt und durch sauberes Material ersetzt wird. Einerseits wird dazu genügend sauberes Bodenmaterial aus anderen Standorten benötigt, andererseits muss das verschmutzte Bodenmaterial wieder in geeigneten Deponien umweltgerecht entsorgt werden.

**Massnahmen zur Verminderung des Schadstoffeintrags**

Voraussetzung für die Verminderung des Schadstoffeintrags aus der Luft ist eine kompromisslos nachhaltige Umsetzung der Massnahmen aufgrund der Luftreinhalte- und der Stoffverordnung (vgl. Seite139 bzw. 109).

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 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 im Rahmen von Bauarbeiten anfallenden Bodenumlagerungen («Humusverschiebung») ist zu verhindern, dass Flächen mit intakter Bodenfruchtbarkeit mit belastetem Aushubmaterial überdeckt und verunreinigt werden.

Die Versauerung von Waldböden und die daraus resultierende Zunahme der Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen ist im Rahmen der Forstwirtschaft zu beachten. Massnahmen sind einzuleiten, falls der Gesundheitszustand der Bäume (vgl. Seite 173) oder die Grundwasserqualität bedroht sind (vgl. Seite 126).

## Altlasten

**Erfassung und Klassifizierung**

Mit der systematischen Erfassung und Klassifizierung der Altlasten und Altlastenverdachtsflächen wurde 1988 im Bezirk Dietikon begonnen. Ende 1989 waren dort insgesamt 945 Altlasten und Altlastenverdachtsflächen erfasst. Davon betrafen rund 40 % Deponien, 3 % Unfallstandorte und 57 % Industriestandorte. Für den ganzen Kanton wird mit rund 12'500 Altlasten beziehungsweise mehrheitlich Altlastenverdachtsflächen gerechnet.

Die Aufteilung wird gesamtkantonal ähnlich eingeschätzt wie im Bezirk Dietikon. Gesamtkantonal ist aufgrund dieser Pilotuntersuchungen bei rund 700 Altlasten die Notwendigkeit von Sanierungsmassnahmen vordringlich abzuklären, in etwa 2'400 Fällen sind weitere Abklärungen erforderlich. In etwa 9'000 Fällen sind weitere Massnahmen erst beim Vorliegen eines Bauvorhabens durchzuführen.

**Unter Altlasten werden Standorte von Anlagen, Unfällen und Ablagerungen mit umweltgefährdenden Stoffen verstanden, von welchen umweltschädigende Emissionen ausgehen können. Auch die daraus resultierenden Boden- und Untergrundverschmutzungen werden als Altlasten bezeichnet. Standorte, die so beeinflusst wurden, dass lediglich die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Altlast erhöht ist, gelten als Altlastenverdachtsflächen.**

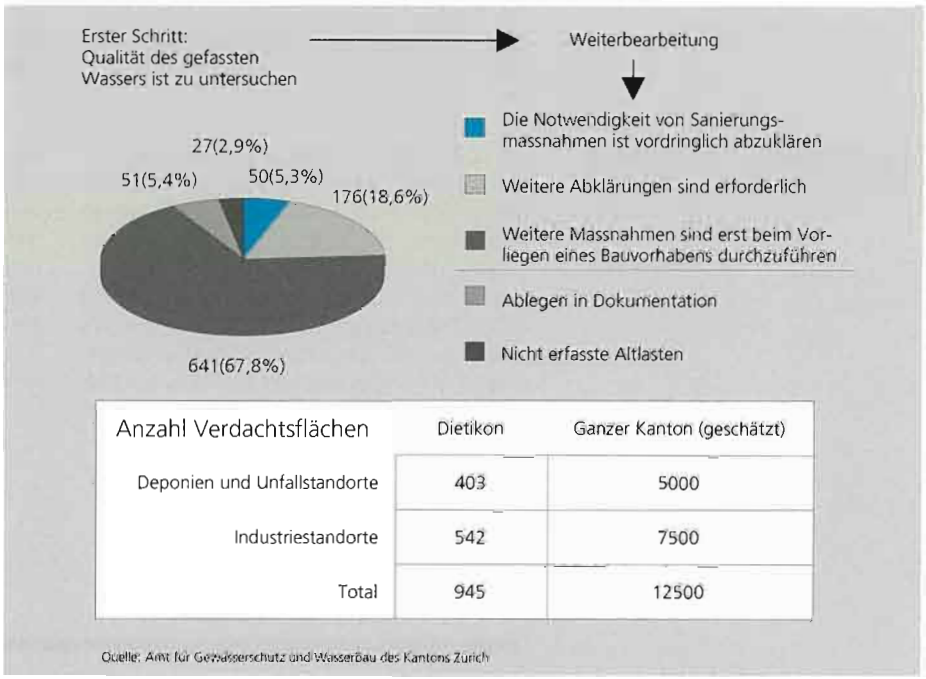
## Altlasten

### Altlastenkataster

1991 wurde damit begonnen den Altlastenkataster als Katalog der bekannten Altlasten und Altlastenverdachtsflächen für den ganzen Kanton zu erstellen. Teil davon ist eine kartographische Darstellung sämtlicher erfasster Standorte sowie deren Bewertung. Der Altlastenkataster erweist sich für Behörden und Betroffene als effizientes und kostengünstiges Vorsorgeinstrument, da er frühzeitige Abklärungen über das Gefahrenpotential sowie über die Behebung, Minderung oder Sicherung von Altlasten ermöglicht. Seine Konsultation bei allen Bewilligungsverfahren verhindert zudem die Verschiebung von Altlasten an andere, meist ebenso ungeeignete Standorte.

Bei nachgewiesenem Sanierungsbedarf ist vor Baubeginn ein situationsgerechtes Sanierungs- und Entsorgungsprojekt zu erarbeiten und umzusetzen. Dies erfolgt in erster Linie durch den Altlasten-Verursacher bzw. den Bauherrn, begleitet durch die kantonalen Stellen.

*Altlasten und Altlastenverdachtsflächen im Bezirk Dietikon mit den zu treffenden Massnahmen sowie Anzahl der Altlastenverdachtsflächen im Kanton Zürich geschätzt aufgrund der Erhebungen im Bezirk Dietikon*




| Anzahl Verdachtsflächen | Dietikon | Ganzer Kanton (geschätzt) |
|---|---|---|
| Deponien und Unfallstandorte | 403 | 5000 |
| Industriestandorte | 542 | 7500 |
| Total | 945 | 12500 |

Quelle: Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Abb. 92

# Mechanische Einwirkungen

Die häufigsten Ursachen von Schäden an der Bodenstruktur sind mechanische Beeinträchtigungen durch intensive landwirtschaftliche Nutzung oder durch unsachgemässe Rekultivierung nach Bauvorhaben und Materialabbau.

### Landwirtschaft

Das Befahren feuchten Bodens mit schweren Saat- oder Erntemaschinen wirkt sich negativ auf die Bodenstruktur aus. Es kommt zu einer Verschlämmung der Feinpartikel. Auch die Ackerbestellung mit dem Pflug kann solche Strukturschäden in verschiedener Weise hervorrufen. Die Bearbeitung bereits geschädigter Böden zur Saatbeetbereitung führt zu sehr lockerem, instabilem Gefüge, wodurch die Gefahr erhöht wird, dass durch Wind und Wasser feine Erde ausgetragen wird. Das Befahren dieser Böden führt aber auch zu Verdichtungen.

Im Lauf der letzten Jahrzehnte wurden immer mehr und immer schwerere Landmaschinen eingesetzt (vgl. Seite 41). Damit der Druck an der Bodenoberfläche nicht

## Mechanische Einwirkungen

übermässig anstieg, wurden die Reifen verbreitert und die Aufstandsfläche vergrössert. Das höhere Gesamtgewicht führt allerdings dazu, dass sich der Druck bis in grössere Tiefen auswirkt. Der Boden wird so tief verdichtet, dass eine wirkungsvolle Lokkerung nur noch mit speziellen Tiefenlockerungsmaschinen möglich ist.

Das genaue Ausmass von Bodenverdichtungen im Kanton ist bis heute noch nicht bekannt. Die Resultate von aufwendig durchgeführten Untersuchungen der Bodenverdichtungen einer Parzelle sind nicht für grössere Regionen zutreffend, da diese stark von den örtlichen Bodenverhältnissen abhängen.

**Baustellen und Materialabbau**

Bauvorhaben, wie das Verlegen von Leitungen, der Bau von Strassen (Baupisten, Installationsplätze), Kies- und Materialabbau, das Abdecken für Deponieraum sowie Geländeauffüllungen zur verbesserten landwirtschaftlichen Nutzung, können bei unsachgemässer Ausführung ebenfalls zu Schäden an der Bodenstruktur führen. Bei derartigen Vorhaben ist es äussert wichtig, dass sowohl der Abtrag der belebten Bodenschicht, die Zwischenlagerung und abschliessende Rekultivierung fachgerecht ausgeführt werden.

**Massnahmen zur 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 und bearbeitet werden. Ausgewogene Fruchtfolgen dienen der Erhaltung eines tragfähigen Korngerüstes und eines günstigen Wasser- und Nährstoffhaushalts. Rekultivierungen sind mit flexiblen Arbeitsprogrammen, die Arbeitsunterbrüche bei Regenperioden erlauben, zu planen. In den ersten Jahren nach einer Rekultivierung muss bei der landwirtschaftlichen Nutzung des Bodens auf das schwache Gefüge Rücksicht genommen werden. Mit den Mitte 1992 erlassenen kantonalen Richtlinien für die Durchführung von Rekultivierungen liegt eine Anleitung zu einer bodenschonenden Rekultivierungstechnik vor.

*Für mehrere Schadstoffe sind die Grundgehalte im Boden grösser als bisher angenommen. Dadurch wird die Spanne bis zum Erreichen der Richtwerte geringer. Was an Schadstofffrachten zu den bereits vorhandenen Gehalten noch hinzukommen darf, muss neu überdacht werden. Dabei ist auch das Zusammenwirken verschiedener Elemente (Synergieeffekt) sowie deren Einfluss auf die Pflanzenverfügbarkeit zu berücksichtigen. Um Klarheit über die natürliche Grundbelastung von Nickel, Fluor und Chrom zu erhalten, müssen an stark belasteten Stellen auch Proben des Unterbodens analysiert werden. Bezüglich Fluor ist der Richtwert der VSBo grundsätzlich zu hinterfragen.*

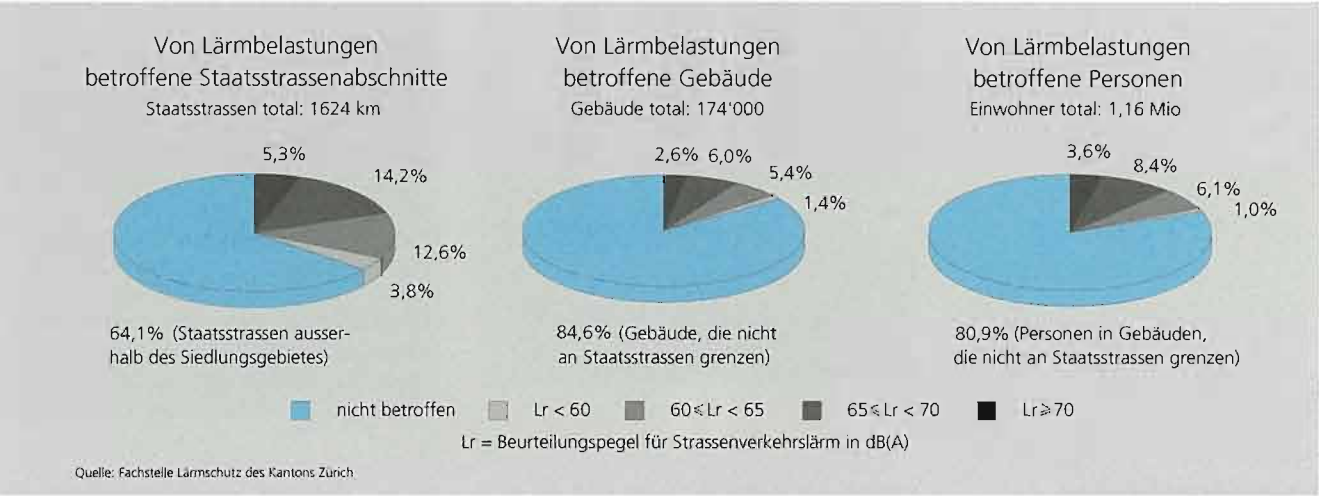
*Problematisch hohe Belastungen wurden für die Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink registriert. Die sauren Bodenverhältnisse, welche sich in weiten Teilen des Zürcher Waldes finden, tragen dazu bei, dass diese Schwermetalle nicht im Boden zurückgehalten, sondern gelöst und dadurch von den Pflanzen aufgenommen werden können. Das kann zu Schäden führen. Solche Situationen treten bereits bei Gehalten weit unter den Richtwerten der VSBo auf. Eine weitere Reduktion des Schadstoffeintrages ist daher notwendig.*

*Die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit mit allen notwendigen biologischen, chemischen und physikalischen Vorgängen ist das langfristige Ziel des Bodenschutzes. Da Bodenschädigungen oft irreversibel sind und Boden weder grossflächig saniert, noch ersetzt werden kann, müssen übermässige Stoffeinträge in den Boden vorsorglich begrenzt werden, bevor irreparable Schäden sichtbar werden. Die heutige Bodenschutzpolitik führt dazu, dass die Richtwerte der Schadstoffe im Boden zwar nur langsam, aber langfristig dennoch erreicht werden. Dieses Konzept sollte aufgegeben und ein Gleichgewicht zwischen Ein- und Austrag von Schadstoffen auf einem für den Boden verträglichen Niveau angestrebt werden.*

# Strassenverkehrslärm

## Lärmbelastungskataster

Aufgrund der Lärmschutzverordnung des Bundes (LSV) sind die Kantone verpflichtet, die Lärmbelastung entlang der Staatsstrassen zu ermitteln und die Belastungssituation in einem Lärmbelastungskataster darzustellen. Vom gesamten Staatsstrassennetz des Kantons Zürich führen 36 % oder 583 km durch bewohntes Gebiet, wobei 26'900 oder 15 % aller Gebäude im Kanton direkt an Staatsstrassen angrenzen (1. Bautiefe).




*Durch Lärmbelastung betroffene Gebäude und Personen an Staatsstrassen im Siedlungsgebiet 1990*

Abb. 93

## Übermässige Lärmbelastungen

Gesamthaft herrschen bei 2,6 % aller Gebäude im Kanton Lärmimmissionen, die den Alarmwert der LSV von 70 Dezibel [dB(A)] erreichen oder überschreiten. Davon betroffen sind mehr als 42'000 Personen oder 3,6 % der Wohnbevölkerung. Überschritten werden die Alarmwerte hauptsächlich entlang der stark frequentierten Hauptachsen. Dies sind beispielsweise die Hauptstrassen im Knonaueramt als Verbindung der N4 mit der N20, im mittleren und oberen Glattal, im Limmattal oder auf der Achse «Rüti-Pfäffikon-Illnau-Effretikon».

Eine übermässige Lärmbelastung zwischen 65 und 70 dB(A) ist bei 6,0 % der Gebäude zu verzeichnen. Dies betrifft weitere 96'000 Personen (8,4 % der Wohnbevölkerung). 5,4 % aller Gebäude und damit 71'000 Personen (6,1% der Wohnbevölkerung) sind von einer übermässigen Lärmbelastung zwischen 60 und 65 dB(A) betroffen.

*Belastungsgrenzwerte für die Beurteilung von Strassenverkehrslärm, Eisenbahnlärm sowie Industrie- und Gewerbelärm*

| 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 |

Tab. 11

Quelle: Lärmschutzverordnung des Bundes vom 15. Dezember 1986

## Strassenverkehrslärm

*Durch übermässigen Strassenverkehrslärm betroffene Bevölkerung in den Städten und den Landgemeinden nach Intensität der Lärmbelastung 1990*

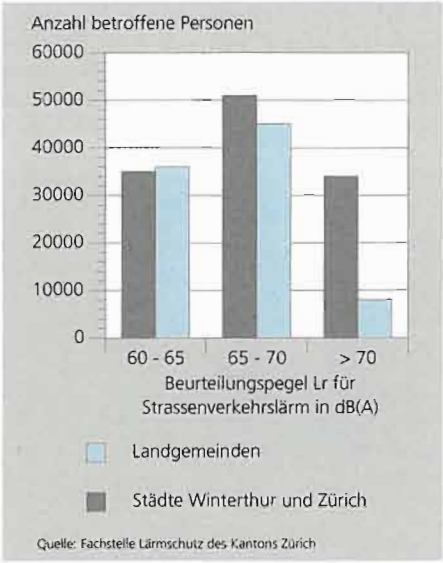



Abb. 94

**Der Schallpegel wird in Dezibel, abgekürzt dB(A), angegeben. Die dB-Skala verläuft logarithmisch und drückt die Abweichung bezogen auf die Hörschwelle aus. Schallpegelerhöhungen bis etwa 2 dB gelten als nicht oder kaum, solche von 2 bis 5 dB als wahrnehmbar. Für eine Erhöhung der Lärmbelastung um 3 dB muss sich der Verkehr verdoppeln. Hingegen entspricht erst eine Differenz von 10 dB einer Halbierung bzw. Verdoppelung der Lärmwahrnehmung. Der Beurteilungspegel Lr basiert auf dem Mittelungspegel der Lärmimmissionen und wird mit dem von der LSV definierten Korrekturpegeln an die jeweilige Lärmart angepasst.**

**Schutzmassnahmen an Nationalstrassen**

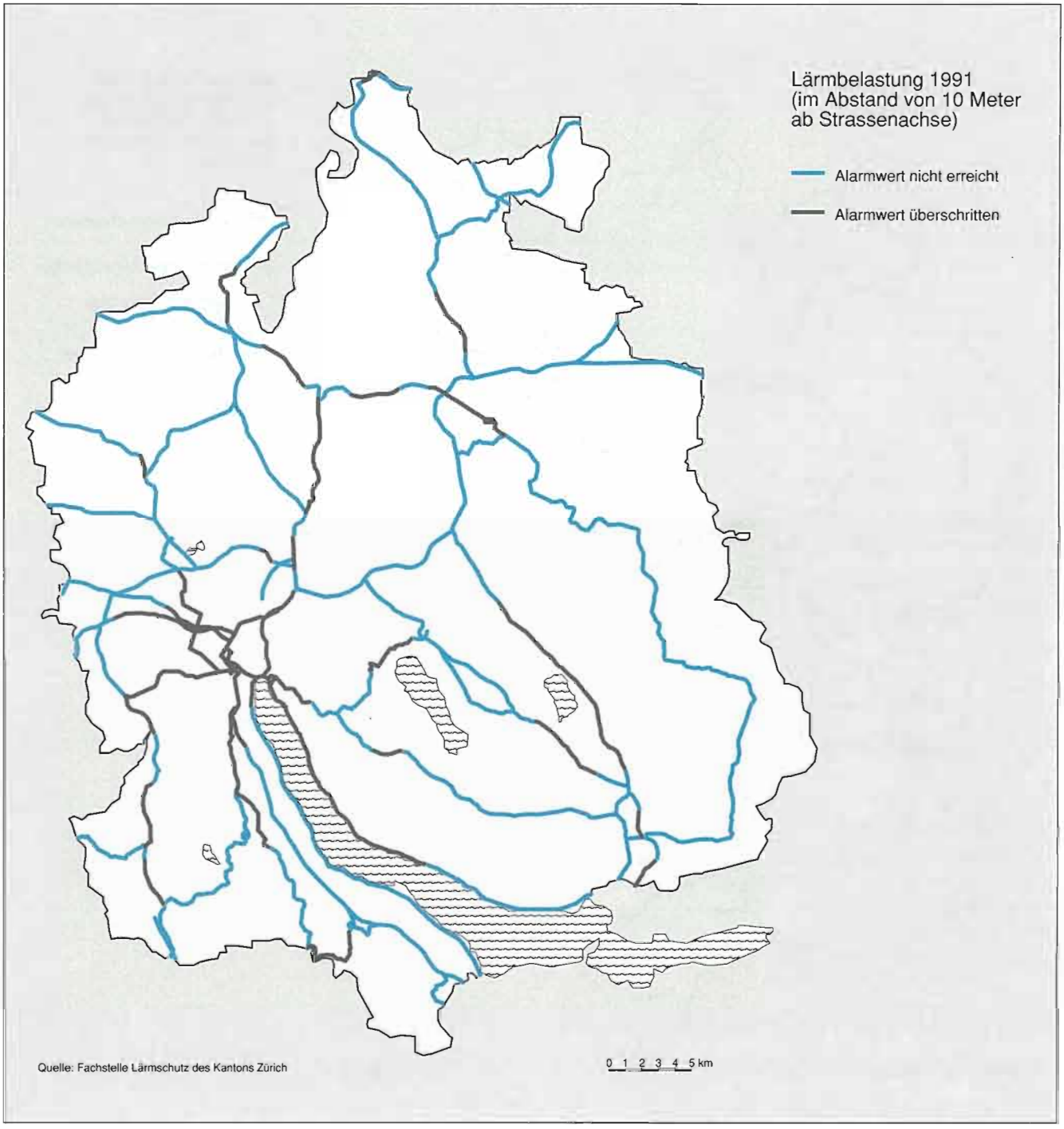
Entlang der Nationalstrassen sind die baulichen Schallschutzmassnahmen bereits weitgehend realisiert. Weitere Massnahmen werden infolge anhaltender Zunahme des Verkehrs (vgl. Seite 60) sowie wegen Verkehrsverlagerungen von den Staatsstrassen auf die Nationalstrassen (z. B. Zürich – Winterthur oder linkes Seeufer) notwendig. Für 31 Abschnitte von 200 bis 800 Metern Länge liegen entsprechende Planungsstudien vor. Mit geschätzten Kosten von 19 Millionen Franken können dadurch rund 160 Gebäude wirksam geschützt werden.

**Schutzmassnahmen an Staatsstrassen**

Als Eigentümer der Staatsstrassen ist der Kanton verpflichtet, die notwendigen Sanierungen nach Prioritäten geordnet zu realisieren. Dabei sind Lärmschutzmassnahmen in erster Linie an der Quelle, beispielsweise am Fahrzeug oder mittels Verkehrslenkung, oder aber zwischen Lärmquelle und -empfänger (z. B. durch Schallschutzwände) zu treffen, und erst wenn diese Lösungen nicht mehr greifen, durch Schallschutz an den Gebäuden selbst (z. B. Schallschutzfenster).

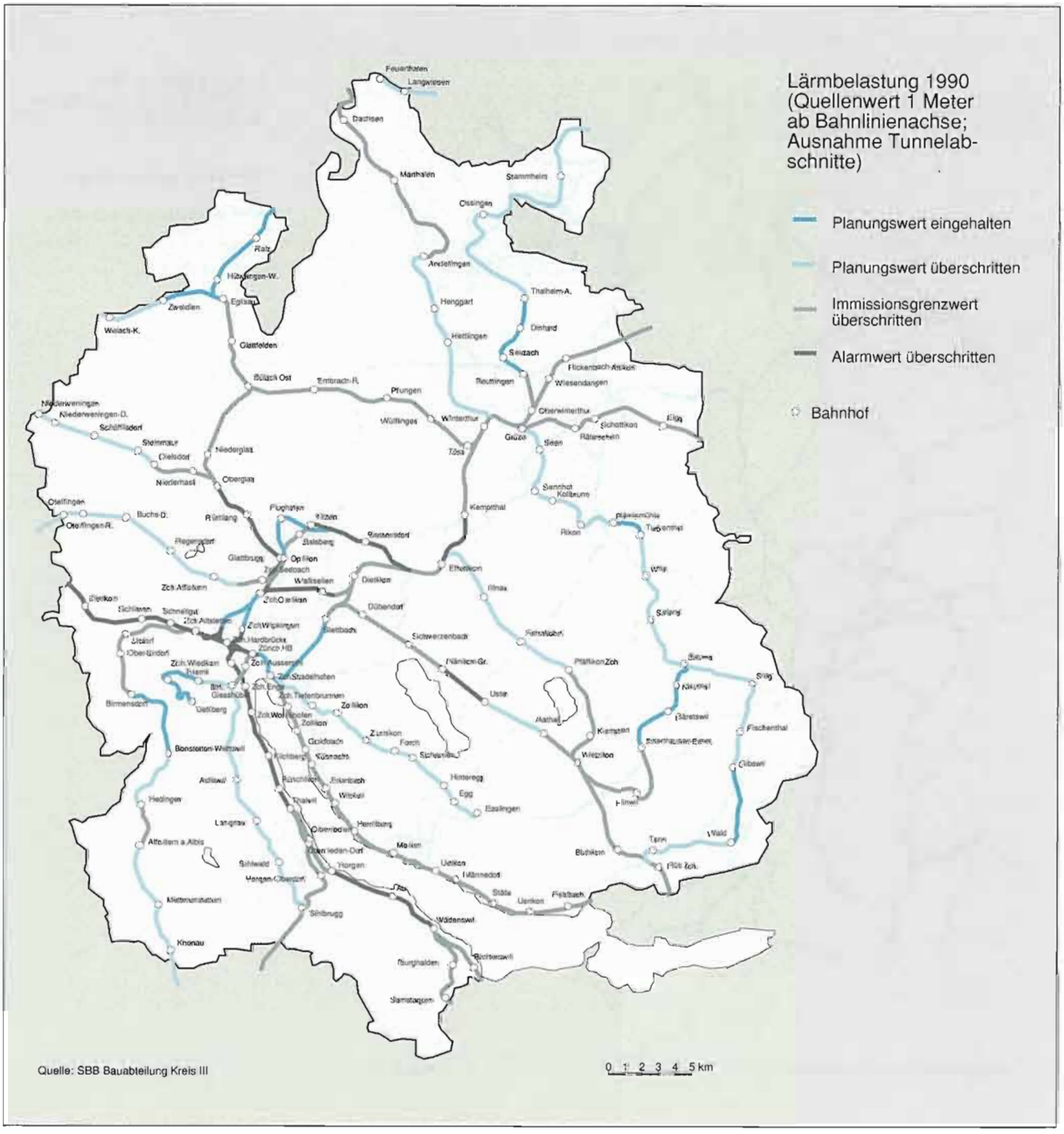
Ende 1992 lagen zwei genehmigte Sanierungsprogramme für 15 Landgemeinden sowie 25 Projekte in der Stadt Zürich vor. So werden in den ersten acht Landgemeinden sowie entlang eines grossen Teils der städtischen Strassenabschnitte für rund 75 Millionen Franken Schallschutzfenster eingebaut. Wesentlich aufwendiger und komplexer gestalten sich Sanierungen, welche aufgrund verkehrslenkender oder baulicher Massnahmen realisiert werden müssen, da sie die Einbettung in regionale Konzepte für den gesamten Verkehr bedingen. Am weitesten fortgeschritten ist die Planung solcher Massnahmen in den stark lärmbelasteten Regionen mittleres Glatttal und Limmattal. Beispiele bereits realisierter Lösungen, welche aufgrund baulicher Massnahmen oder verkehrslenkender Wirkung zu Reduktionen der Lärmbelastung geführt haben, sind der Milchbucktunnel, die Nordumfahrung Zürich oder die Oberland-Autobahn (Umfahrung Uster).

## Strassenverkehrslärm




*Staatsstrassen mit Alarmwertüberschreitungen der Lärmimmissionen 1991* Karte 33

## Eisenbahnlärm




*Lärm-Grobkataster des Bahnnetzes 1990* Karte 34

## Eisenbahnlärm

**Lärmgrobkataster**

Ein vollständiger Immissionskataster über die Lärmbelastung entlang der Bahnstrecken liegt noch nicht vor. Die verfügbaren Daten ermöglichen aber die Berechnung der Lärmbelastung in einem Abstand von einem Meter zur Gleisachse. Diese Grobanalyse zeigt, dass wesentliche Gebiete entlang des Bahnnetzes von Lärmbelastungen betroffen sind und auf manchen Strecken Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte wie auch von Alarmwerten angenommen werden müssen. Für Massnahmen zum Abbau dieser Belastungen sind gemäss LSV die Bahnbetriebe (im wesentlichen die SBB) verantwortlich. Sanierungen sind sowohl durch bauliche (Schallschutzbauten, Trasseerevisionen) als auch durch betriebliche Massnahmen (z.B. Einsatz von geräuscharmem Rollmaterial) möglich.

## Fluglärm

**Lärmzonen Flughafen Zürich**

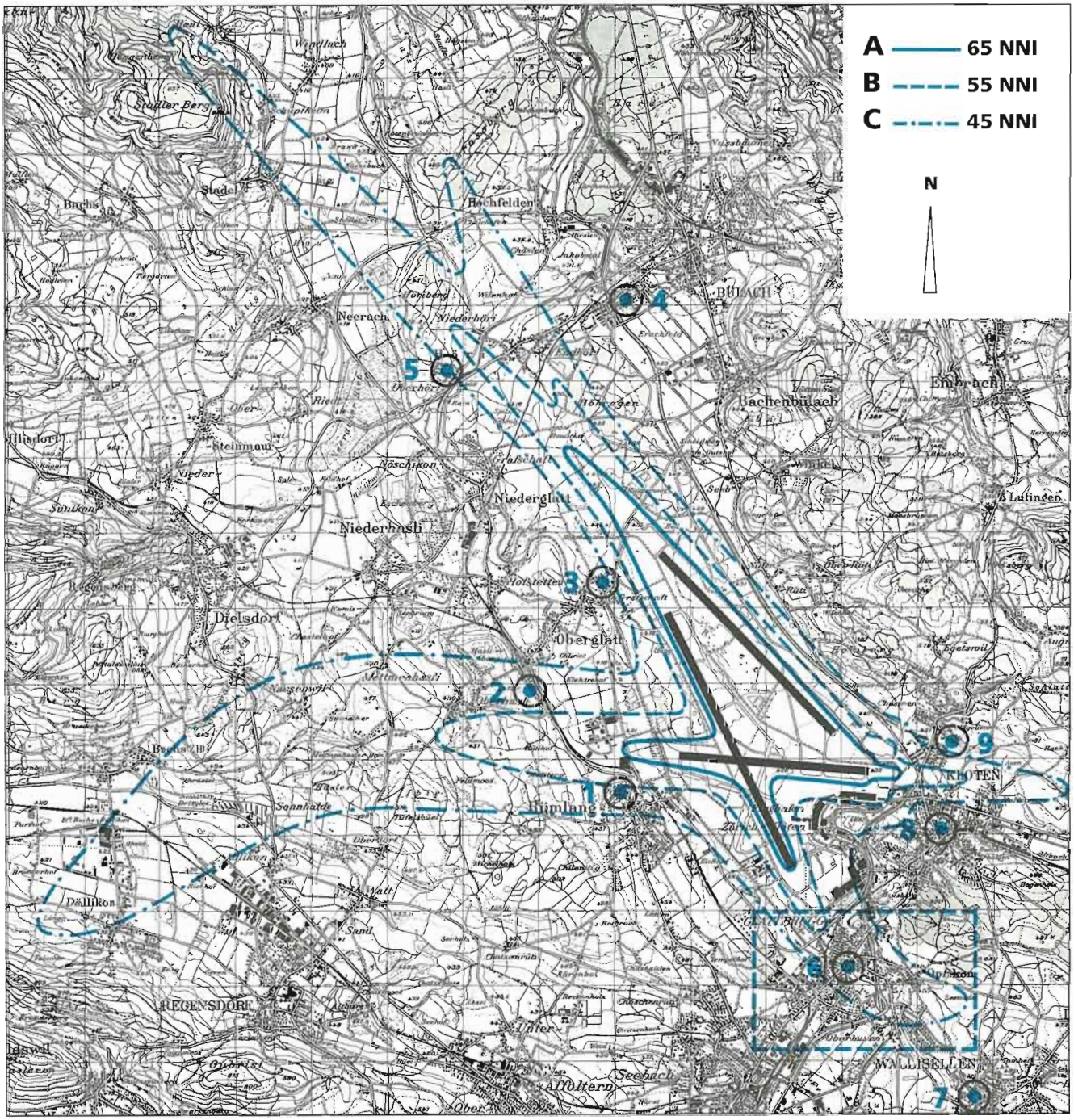
Da für die Ermittlung des Fluglärms der Landesflughäfen spezielle Berechnungsmethoden verwendet werden, lässt sich die Fluglärmbelastung nicht direkt mit anderen Lärmquellen vergleichen. Die Erfassung der Schallpegel erfolgt mittels permanenter Messungen an 9 Stellen rund um den Flughafen Zürich. Die Fluglärmbelastung wird mit dem Mass NNI (Noise and Number Index) angegeben. In den NNI fliessen nur die Fluglärmereignisse über 68 dB(A) ein. Die Festlegung der Lärmzonen A, B, C um den Flughafen Zürich hat konkrete Nutzungseinschränkungen zur Folge. Innerhalb dieser Lärmzonen wohnten 1980 rund 16'000 Personen.

*Vorschriften über Nutzung und Schallschutz in den Lärmzonen des Flughafens Zürich (vgl. Karte 35)*

| Zulässige Nutzungen in: | | |
|---|---|---|
| **Zone A**<br>– Landwirtschaft<br>– Lagerhäuser<br>– militärische Bauten und Anlagen<br>– Flughafengebäude | **Zone B**<br>– Nutzung nach Zone A<br>– Industrie- und Gewerbebauten<br>– Geschäfts- und Bürohäuser mit Schallschutz<br>– Abwartwohnungen mit Schallschutz | **Zone C**<br>– Nutzung nach Zone A und B<br>– Geschäfts- und Bürohäuser<br>– Wohnhäuser mit Schallschutz<br>– 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. 12 Quelle: Flughafendirektion Zürich

# Fluglärm




*Fluglärmkurven und rechtskräftige Lärmzonen des Flughafens Zürich: Die bezifferten (vgl. Tab. 13) Punkte bezeichnen die festinstallierten Lärmmessstellen; zur Erläuterung der mit A,B,C bezeichneten Zonen vgl. Tab. 12*

Karte 35

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

# Fluglärm

## Massnahmen gegen den zivilen Fluglärm

Noch sind in der eidg. Lärmschutzverordnung für den Zivilfluglärm keine Grenzwerte festgelegt, welche rechtsverbindliche Sanierungsmassnahmen auslösen. Einen Beitrag zur Lärmverminderung leisten Flugzeuge mit geringerer Lärmerzeugung: Konnte 1981 bloss knapp ein Viertel der an- oder abfliegenden Flugzeuge der Kategorie der relativ leisesten Flugzeuge, für welche keine zusätzlichen Lärmabgaben zu entrichten sind, zugerechnet werden, so stieg dieser Anteil bis 1991 auf 86 %. Zu einer Veränderung der Lärmbelastung am Boden trägt auch das verbesserte Steigvermögen der Flugzeuge bei. Versuche, diese Verbesserungen der Bevölkerung in Form modifizierter Abflugverfahren weiterzugeben, erweisen sich indessen in der Praxis als sehr schwierig. Der positiven Entwicklung steht gegenüber, dass durch die stete Zunahme der Flugbewegungen (vgl. Seite 69) der Fluglärm mehr und mehr zu einer Dauerbelastung führt. Nicht zuletzt dadurch verändert sich auch die Wahrnehmung des Flugbetriebes durch die Bevölkerung. Auf dem Flughafen Zürich gelten zudem Beschränkungen des Nachtflugverkehrs. Diese Einschränkungen erweisen sich insgesamt als gute Instrumente zur Eindämmung der Lärmbelästigungen der Bevölkerung durch den Luftverkehr während der lärmempfindlichsten Zeiten. Allerdings sind Umfang und Ausnahmeregelungen dieser Einschränkungen stets Gegenstand von Konflikten zwischen den Vertretern des Luftverkehrs und den Vertretern der Flughafenanwohner.

*Flughafen Zürich: Entwicklung der Fluglärmbelastung 1987 – 1991 (NNI, Noise and Number Index)*

| Jahre | Lärmmessstellen 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1987 | 56.0 | 49.0 | 42.0 | 31.0 | 39.0 | 48.0 | 36.0 | 45.0 | 46.0 |
| 1988 | 55.4 | 48.6 | 40.3 | 30.2 | 38.9 | 48.0 | 35.9 | 43.3 | 45.5 |
| 1989 | 54.8 | 47.9 | 39.2 | 31.1 | 40.1 | 49.1 | 36.5 | 42.5 | 44.3 |
| 1990 | 54.8 | 48.0 | 39.2 | 29.9 | 40.6 | 48.9 | 35.8 | 43.0 | 44.3 |
| 1991 | 55.1 | 47.2 | 40.3 | 29.0 | 41.0 | 48.2 | 35.5 | 42.9 | 43.4 |

Tab. 13

Quelle: Flughafendirektion Zürich

*An- und abfliegende Flugzeuge auf dem Flughafen Zürich nach Lärmklassen 1981 – 1991*

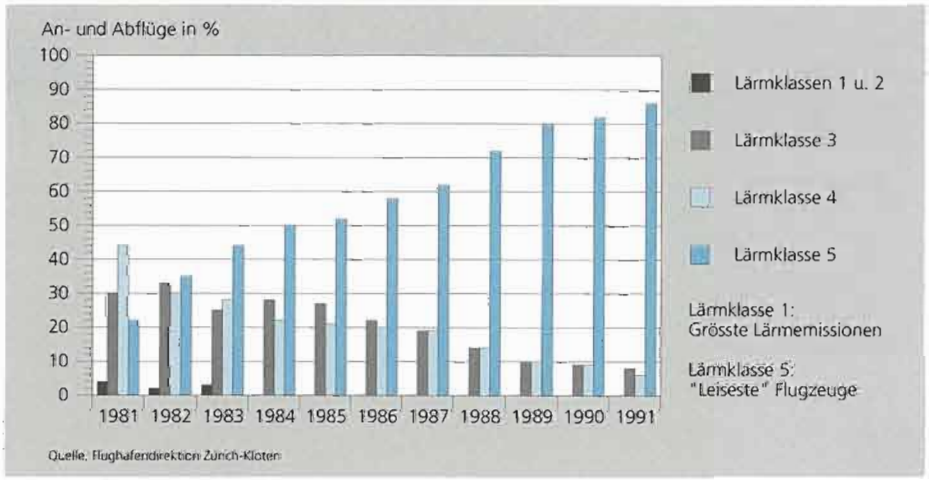


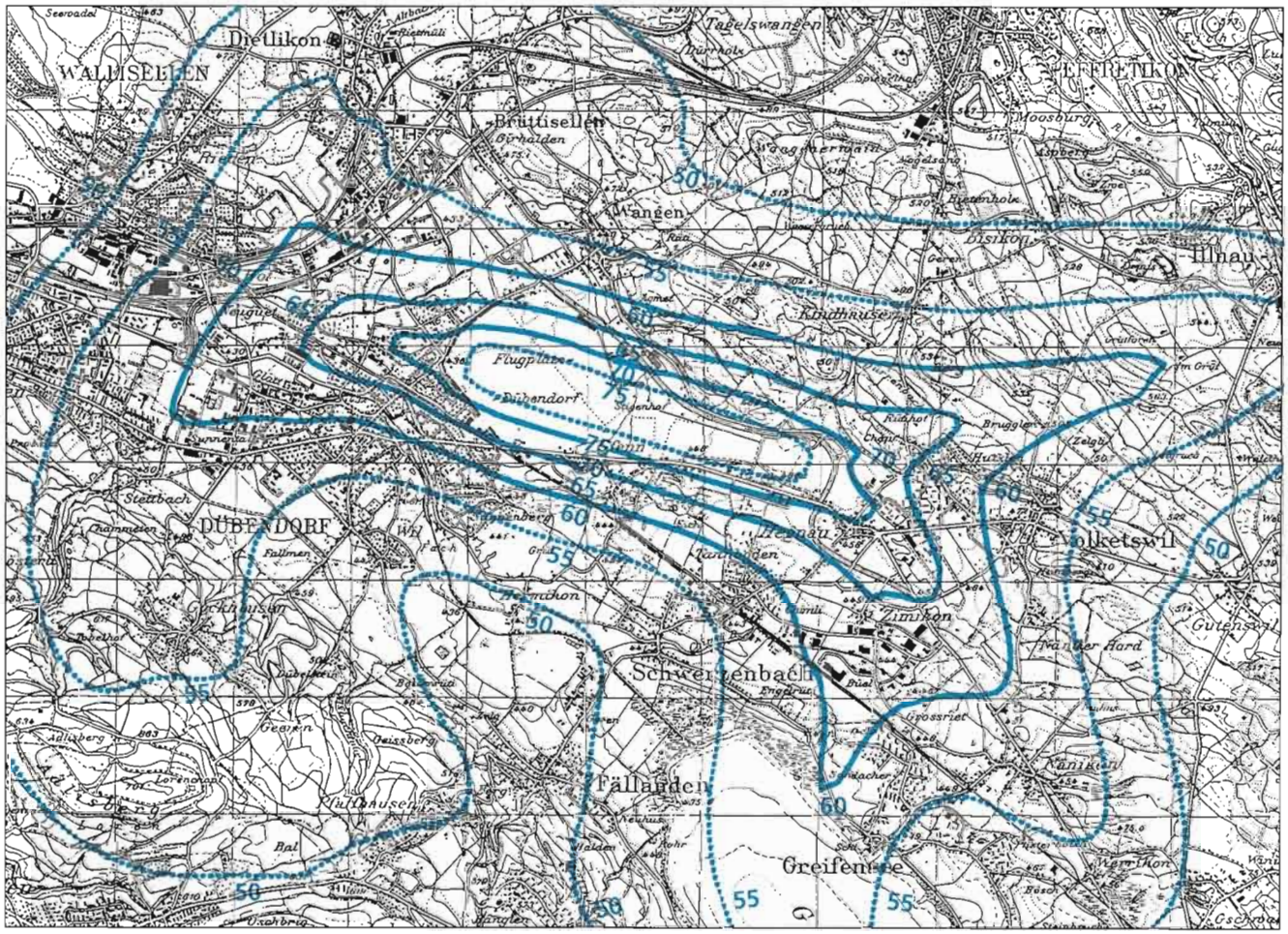

Abb. 95

## Lärmzonen Flugplatz Dübendorf

Anfangs 1992 veröffentlichte das Bundesamt für Militärflugplätze neue Fluglärmkarten für den Militärflugplatz Dübendorf. Aufgrund starker Reduktionen der Flugbewegungen in Dübendorf verkleinerten sich die von den Lärmkurven umfassten Gebiete im Vergleich zu 1986. Allerdings sind noch immer grosse Teile dicht besiedelter Gebiete in Dübendorf und Umgebung von Fluglärmbelastungen über 65 dB(A) betroffen.

Grenzwerte für den Militärfluglärm sollen mit Anhang 8 zur LSV vom Bundesrat noch festgelegt werden. Anschliessend muss innerhalb von 15 Jahren mit organisatorischen, planerischen und technischen Massnahmen gewährleistet werden, dass die entsprechenden Grenzwerte eingehalten werden können.

## Fluglärm




*Lärmkurven des Militärflugplatzes Dübendorf 1992 (Zahlen = Lr in dB)*

Karte 36

Quelle: Bundesamt für Militärflugplätze BAMF; EMPA Dübendorf
Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 1. Februar 1990

## Schiesslärm

**Überschreitungen der Grenzwerte**

Im Kanton Zürich befinden sich rund 180 300-Meter-Schiessanlagen. Aufgrund einer Grobanalyse ist damit zu rechnen, dass bei einem Viertel dieser Anlagen der Alarmwert überschritten ist und deshalb Lärmsanierungen dringend notwendig sind. Bei rund der Hälfte der Anlagen sind die Immissionsgrenzwerte überschritten. Hier sind zusätzliche Abklärungen über den Sanierungsbedarf erforderlich. Je nach Lage und Nutzungsgrad der einzelnen Anlagen sowie der Bebauungsstrukturen ist das Siedlungsgebiet sehr unterschiedlich mit Lärmimmissionen belastet. Erste Grundlagen für ein gezieltes Vorgehen bei sanierungsbedürftigen Anlagen zuhanden der Gemeinden sind in Bearbeitung.

*Grosse Teile der Bevölkerung des Kantons Zürich haben übermässigen Lärm zu ertragen. Über 200`000 Personen wohnen in Gebieten mit Strassenverkehrslärm über dem Immissionsgrenzwert gemäss Lärmschutzverordnung (LSV). Im allgemeinen ist es wesentlich der wachsende Verkehr (Strasse, Schiene, Luft), der weiträumig zu einer kontinuierlich anschwellenden Lärmbelastung führt. Punktuell örtlich oder zeitlich begrenzt sind die Belastungen durch Industrie-, Gewerbe- oder Baulärm. Die Raumplanung versucht vorsorglich, lärmerzeugende Betriebe und Wohngebiete voneinander zu trennen; gleichzeitig führt die dichte Erschliessung durch Strassen dazu, dass in den Wohngebieten immer mehr Lärm erzeugt wird. Ein dichtes Verkehrsnetz und eine hohe Mobilität, nicht zuletzt in der Freizeit, führen auch ausserhalb der Siedlungsgebiete zu mehr Lärmimmissionen. Bisher ruhige Erholungsgebiete werden damit zusehends belärmt. Sanierungen mit baulichen Massnahmen sind zeitaufwendig und mit hohen Kosten verbunden; Verkehrsverlagerungen, verbunden mit dem Aus- oder Neubau von Strassen, können wieder neue Gebiete mit übermässigem Lärm belasten. Die Frage drängt sich damit auf, ob das Lärmproblem, schon aus finanziellen Überlegungen, überhaupt ohne weitergehende Massnahmen an den Fahrzeugen und vermehrten Verzicht auf lärmverursachende Aktivitäten gelöst werden kann.*



# Situation bei Tier- und Pflanzenarten

## Vielfalt der Lebensräume und Artenvielfalt

Die während Jahrtausenden zunehmende Landnutzung durch den Menschen drängte den ursprünglich vorhandenen Wald im schweizerischen Mittelland allmählich zurück; die Urlandschaft wandelte sich zur Kulturlandschaft. Die so entstandenen vielfältigen neuen Lebensräume wurden von an Spezialstandorten bereits vorhandenen und von neu einwandernden Tier- und Pflanzenarten besiedelt. Die Artenvielfalt dürfte hierzulande zu Beginn des letzten Jahrhunderts ihren Höhepunkt erreicht haben.

Seither nimmt die Artenvielfalt wieder ab. Diese Entwicklung ging erst langsam, dann immer schneller vor sich. Die Ursachen dafür sind vielfältig. Vor allem haben durch Beeinträchtigung der Lebensräume dazu beigetragen,

- die Gewässerverbauungen,
- die Trockenlegungen von Feuchtgebieten
- die Industrialisierung,
- der Bau und Ausbau von Siedlungen,
- Strassen sowie Eisenbahnen,
- im speziellen aber auch die Rationalisierung und Intensivierung in der Landwirtschaft und
- die veränderte Bewirtschaftung des Waldes.

*Veränderungen der Artenzahlen von Gefässpflanzen innerhalb der letzten 7000 Jahre für die Schweiz und die Region Nordjura*

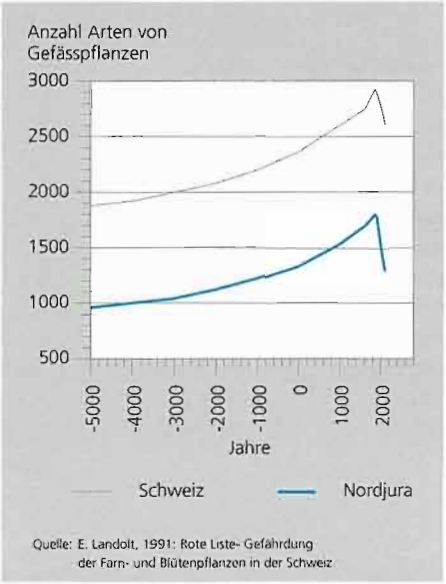



Abb. 96

Im Rahmen der Arbeiten für das im Entwurf vorliegende Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich wurden die Situation von Tier- und Pflanzenarten beurteilt und entsprechende Gefährdungseinstufungen für den Kanton Zürich vorgenommen.

## Farn- und Blütenpflanzen sowie Moose

Mehr als die Hälfte der einheimischen Farn- und Blütenpflanzen im Kanton Zürich sind heute bedroht oder bereits ausgestorben. Von den rund 650 bedrohten Arten sind mehr als 400 sehr stark gefährdet. 1991 ist der Felsen-Kreuzdorn, der einst in lichten Föhrenwäldern und in Trockenwiesen gedieh, im Kanton Zürich höchstwahrscheinlich ausgestorben. Auch für die Kornrade, ein vor wenigen Jahrzehnten noch typisches Ackerbegleitkraut, ist kein natürliches Vorkommen auf Kantonsgebiet mehr bekannt.

Von den etwa 500 im Kanton Zürich vorkommenden Moosen sind gesamtschweizerisch rund 100 Arten in irgendeiner Weise gefährdet.

## Säugetiere

Für die in den letzten Jahrhunderten ausgerotteten oder ausgestorbenen Säugetiere (Bär, Wisent und Fischotter) gibt es heute im Kanton Zürich keine geeigneten Lebensräume mehr. Eine Wiederansiedlung und eine natürliche Vermehrung des Fischotters ist aufgrund zivilisatorischer Einwirkungen und der Belastung der Fische mit PCB (polychlorierte Biphenyle) nicht mehr möglich.

Andere Säugetierarten wie etwa der Feldhase oder das Grosse Mausohr (eine Fledermausart) sind deutlich seltener geworden. Die zunehmende Zerschneidung der Lebensräume schränkt die Bewegungsfreiheit vieler Tiere ein und verhindert notwendige räumliche Standortwechsel. Verschiedene Arten sind in ihrer Existenz bedroht, da sich in den immer kleiner werdenden Lebensrauminseln keine Mindestpopulationsgrössen mehr entwickeln können.

## Vögel

Von den Vogelarten, die noch bis in dieses Jahrhundert im Kanton Zürich regelmässig gebrütet haben, sind 13 bereits ausgestorben. Der Artenrückgang ist vor allem auf die Veränderungen bei den Feuchtgebieten, den Gewässern und beim Kulturland zurückzuführen. Vom Rebhuhn und vom Grossen Brachvogel wurden die letzten Bruten 1981

## Situation bei Tier- und Pflanzenarten

beziehungsweise 1982 festgestellt. Beides waren ehemals typische Brutvögel auch der zürcherischen Kulturlandschaft. Rund 24 Vogelarten sind aktuell vom Aussterben bedroht oder stark gefährdet.

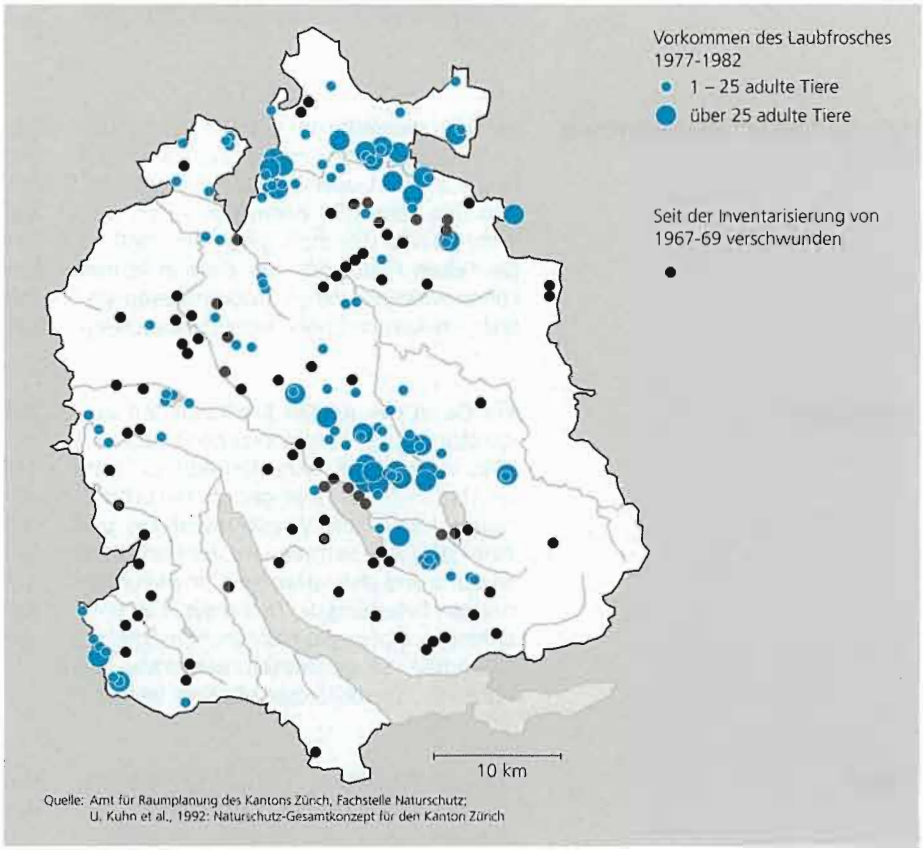
Der Schutz von ziehenden Vogelarten kann nicht allein im Kanton Zürich erfolgen, sondern muss auch in den Gebieten, in denen sich die Vögel im Winter aufhalten, gewährleistet sein.

*Liste der seit 1900 im Kanton Zürich verschwundenen Brutvogelarten*

| Art | Letzter Bruthinweis Datum | Ort |
|---|---|---|
| **Grosser Brachvogel** | 1982 | Lützelsee |
| **Rebhuhn** | 1981 | Niederglatt |
| **Raubwürger** | 1976 oder 1977 | Kloten |
| **Steinkauz** | 1973 | Steinmaur |
| **Heidelerche** | um 1960 | Region Bülach |
| **Wachtelkönig** | um 1960 | Unteres Glattal und Furttal |
| **Weissstorch** | 1958 | Wiesendangen |
| **Haubenlerche** | 1955 | Schlieren |
| **Wanderfalke** | zwischen 1948 und 1962 | Unterland |
| **Flusseeschwalbe** | 1937 | Flaach ZH / Rüdlingen SH |
| **Flussuferläufer** | zwischen 1910 und 1925 | Töss und evtl. Limmat bei Dietikon |
| **Fischadler** | 1911 | Ellikon am Rhein |
| **Uhu** | um 1905 | |

Tab. 14 Quelle: M. Weggler, 1991: Brutvögel im Kanton Zürich

*Verbreitung des Laubfrosches 1977 – 1982 im Vergleich zur Inventarisierung 1967 – 1969*




Karte 37

## Situation bei Tier- und Pflanzenarten

*Beispiele für Brut- und Nahrungsplätze einiger Vogelarten im Wald Quelle: Schweizerisches Landeskomitee für Vogelschutz (SLKV, heute SVS), 1986: Natur- und Vogelschutz im Wald*

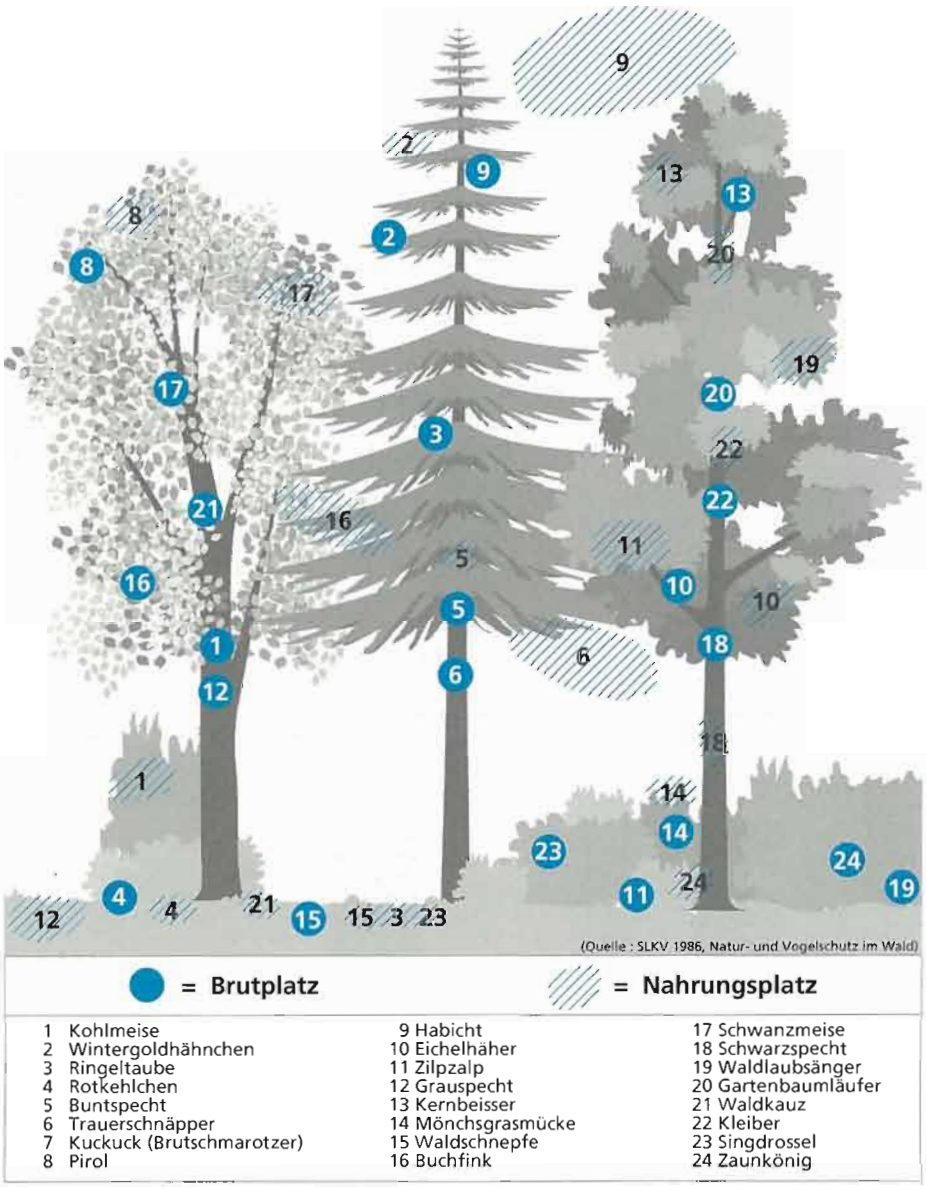



Abb. 97

**Reptilien**

Drei der im Kanton Zürich vorkommenden sieben Reptilienarten sind gefährdet oder stark bedroht. Vom Aussterben bedroht ist die Kreuzotter. Beim einzigen Fundort im Kanton Zürich handelt es sich um das letzte Vorkommen der Moor-Kreuzotter im schweizerischen Mittelland, eines Ökotyps, der hier nur noch in einem Hochmoor einen geeigneten Lebensraum findet.

**Amphibien**

Mit seinen 15 Amphibienarten gehört der Kanton Zürich noch zu den amphibienreichsten Kantonen. Insbesondere ist, da er gesamtschweizerisch nur noch an einigen wenigen Orten zu finden ist, das Vorkommen des Laubfrosches im Kanton Zürich sogar von nationaler Bedeutung. Bei mehreren stark bedrohten Arten musste jedoch in den letzten zehn Jahren ein Rückgang der Vorkommen um 25 bis 30 % festgestellt werden.

# Situation bei Tier- und Pflanzenarten

**Fische**

Neben den wirtschaftlich interessanten Fischen sind vermehrt auch die Bestände anderer heimischer Fische in natürlich belassenen Fliessgewässern zu beachten. Ein Verbreitungsatlas der heimischen Fische, den die kantonale Fischereiverwaltung erstellt, wird in Zukunft gezielte Massnahmen zum Schutze dieser Arten ermöglichen. Eine Naturverlaichung ist aufgrund von Verbauungen in manchen Gewässern kaum mehr möglich. Durch regelmässigen Besatz wird dieser Mangel lediglich bei den für die Fischerei interessanten Arten ausgeglichen. Für die anderen Arten sind für eine natürliche Vermehrung Verbesserungen am Lebensraum selbst notwendig.

In Kleingewässer eingesetzte, natürlicherweise dort nicht vorkommende Fische können auf Grund ihrer Ernährungsweise eine Bedrohung für die darin wohnenden Kleinlebewesen darstellen. Diese Gewässertypen dürfen deshalb nicht oder nur mit Vorbehalten durch die Fischerei genutzt werden.

**Insekten**

Die grösste Artenvielfalt im Tierreich ist bei den Insekten zu finden. Ein Gesamtüberblick ist deshalb nicht möglich. Bei den Libellen, Schmetterlingen (Tagfalter) oder Heuschrecken sind die Veränderungen jedoch zum Teil recht gut dokumentiert. Am augenfälligsten, auch für den Laien, ist der Rückgang der Schmetterlinge. Bei den Libellen und einzelnen Heuschreckenarten ist die Situation ähnlich dramatisch. Die Rotflüglige Schnarrschrecke (eine Heuschreckenart), welche in grossen Magerwiesenkomplexen beheimatet war, erlitt im Kanton Zürich einen derart starken Bestandesrückgang, dass in jüngster Zeit keine Tiere mehr gefunden worden sind.

Für andere Insektengruppen, wie beispielsweise die der Käfer, sind kaum Daten vorhanden, so dass sich noch keine Aussagen über deren Gefährdungsgrad machen lassen.

*Gefährdungsgrade von Pflanzen- und Tierarten im Kanton Zürich*

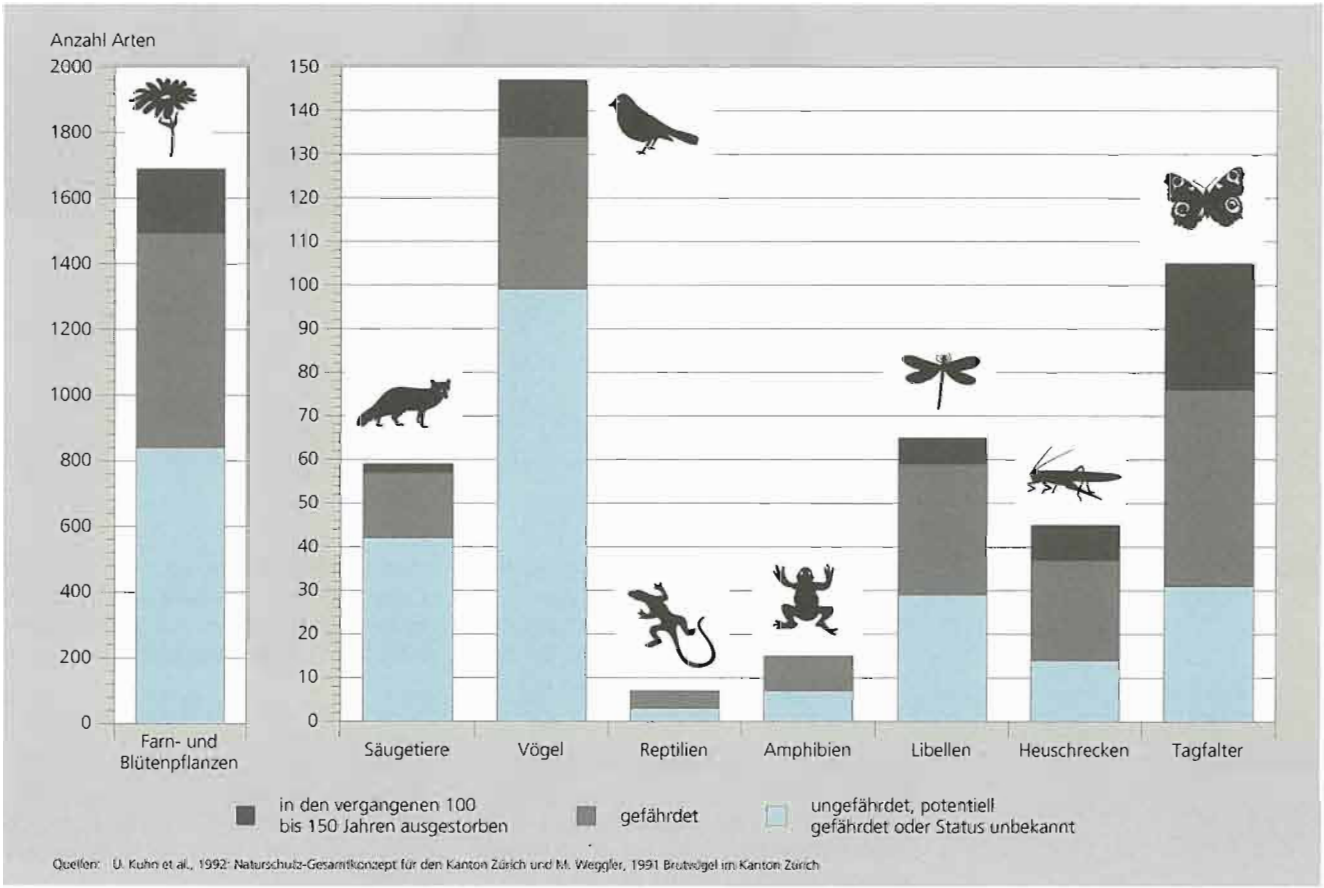



Abb. 98

## Situation bei Tier- und Pflanzenarten

**Muscheln und Schnecken**

Von den 165 bisher im Kanton Zürich nachgewiesenen Schnecken- und Muschelarten sind acht bereits ausgestorben, zwei vom Aussterben bedroht, fünf stark bedroht und 35 müssen als gefährdet eingestuft werden. Die Dicke Flussmuschel, welche früher in Wiesenbächen noch verbreitet war, kommt heute nur noch an einer Stelle im Kanton vor und ist in der ganzen Schweiz vom Aussterben bedroht.

# Zustand der Lebensräume

**Entwicklung des Waldes**

Ohne Eingriffe des Menschen wäre der Kanton Zürich fast vollständig mit Lauburwäldern (vor allem Buchen) bedeckt. Der Einfluss der Zivilisation führte nicht nur zur Rodung grosser Waldflächen, sondern auch zur Ausbildung sehr unterschiedlicher Waldformen. Zeit- und gebietsweise wurde das Waldgebiet zudem viel umfassender genutzt als heute, ja sogar übernutzt. Dies führte vielerorts zu katastrophalen Überschwemmungen und zu Holzknappheit, aber auch zu einer grossen Lebensraumvielfalt. Der Wald war häufig offen und licht und wurde oft auch land- und viehwirtschaftlich genutzt. Scharfe Grenzen zwischen Wald und Feld, wie sie heute bestehen, existierten in diesem Ausmass früher nicht. Mit der Forstgesetzgebung wurde der Bestand an Waldflächen ab Mitte des letzten Jahrhunderts gesetzlich geschützt. Damit blieb im Kanton Zürich der Flächenanteil des Waldes nicht nur erhalten, sondern hat sich leicht auf 47'631 Hektaren (1991) ausgedehnt.

Die Hälfte des Baumbestandes des Zürcher Waldes ist über 80jährig. Die Baumartenzusammensetzung (Stand 1985) dokumentiert also das forstliche Handeln der Vergangenheit. Aufgrund vegetationskundlicher Erkenntnisse bestünde der Wald im Kanton Zürich ohne menschliche Eingriffe zu etwa 10 % aus Nadel- und zu 90 % aus Laubwald. Seit Beginn dieses Jahrhun-

*Baumartenzusammensetzung im Kanton Zürich in sechs Waldgesellschaftsgruppen 1991*

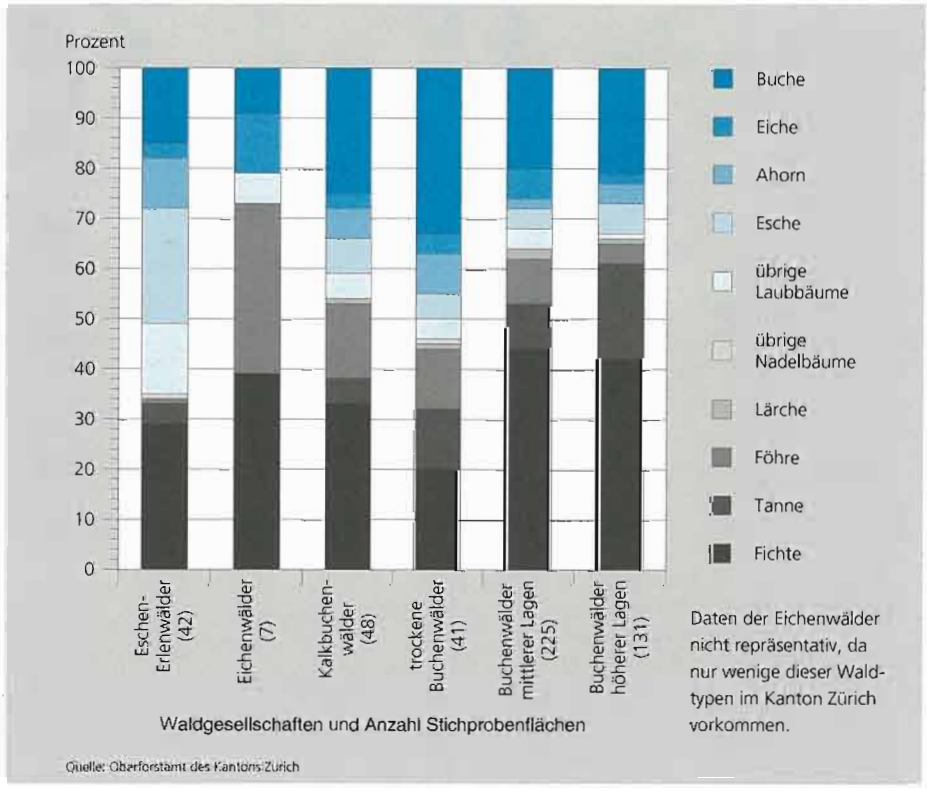
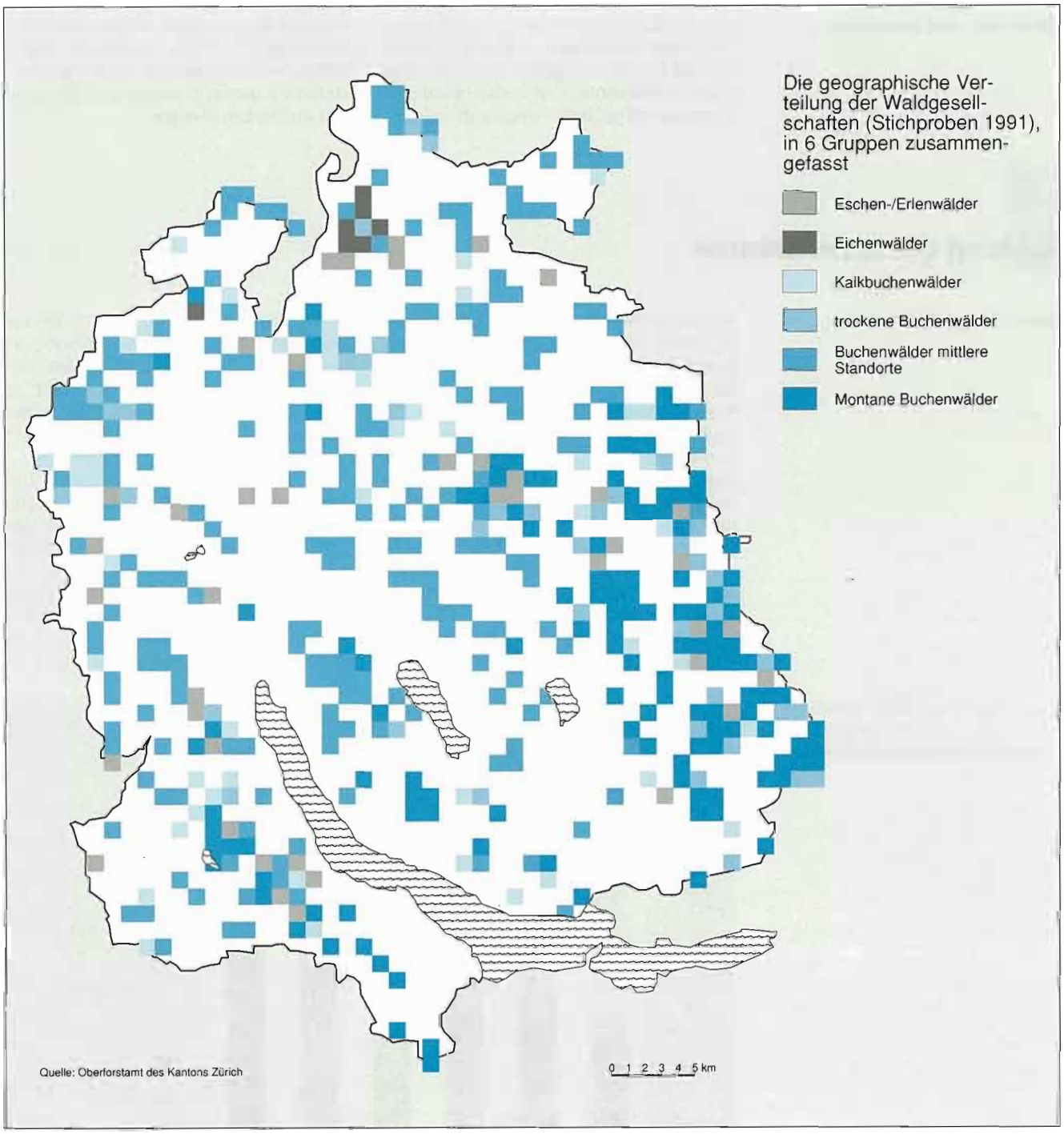



Abb. 99

## Zustand der Lebensräume




*Vorkommen und geographische Verbreitung der in sechs Gruppen zusammengefassten Waldgesellschaften 1991* Karte 38

## Zustand der Lebensräume

derts wurden die Waldflächen zur Holzertragssteigerung zunehmend mit schnellwachsenden Baumarten bepflanzt. Dies führte dazu, dass heute 52 % der Fläche mit Nadelbäumen (Rottanne, Weisstanne, Föhre, Lärche u. a.) und 48 % mit Laubbäumen bewachsen sind. Insgesamt beanspruchen die Rottannen heute einen Anteil von rund einem Drittel der Gesamtwaldfläche, die Buchen rund einen Viertel. Die aktuelle Verjüngung der Bestände führt jedoch zu einem höheren Laubholzanteil.

Aus naturschützerischer Sicht verdienen die Wälder besondere Beachtung, weil sie die einzigen naturnahen Lebensräume darstellen, die noch grossflächig ausgebildet sind und denen eine Versplitterung in kleine Restbestände erspart blieb. Die grössten mehr oder weniger geschlossenen Waldgebiete im Kanton Zürich messen zwischen 500 und 1200 Hektaren. Je vielfältiger der Wald hinsichtlich Alter und Zusammensetzung der Baumarten wie auch seiner Nutzung ist, desto zahlreicher sind die Tier- und Pflanzenarten, die darin einen Lebensraum finden.

Von 135 Zürcher Brutvogelarten nisten 71 ausschliesslich oder regelmässig im Wald. Von den insgesamt 19 als gefährdet klassierten Waldvogelarten sind die Bestände von 13 Arten in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen. Dies kann auf die im gleichen Zeitraum flächenmässige Abnahme spezieller Waldformen und auch auf Veränderungen im benachbarten Kulturland zurückgeführt werden.

Für einzelne Arten ist die Erhaltung besonderer Waldformen lebensnotwendig. Die artenreichsten Wälder sind die Eichenwälder; im Durchschnitt sind dort auf 10

*Geschätzter Wildtierbestand in den Wäldern des Kantons Zürich 1985 – 1991*

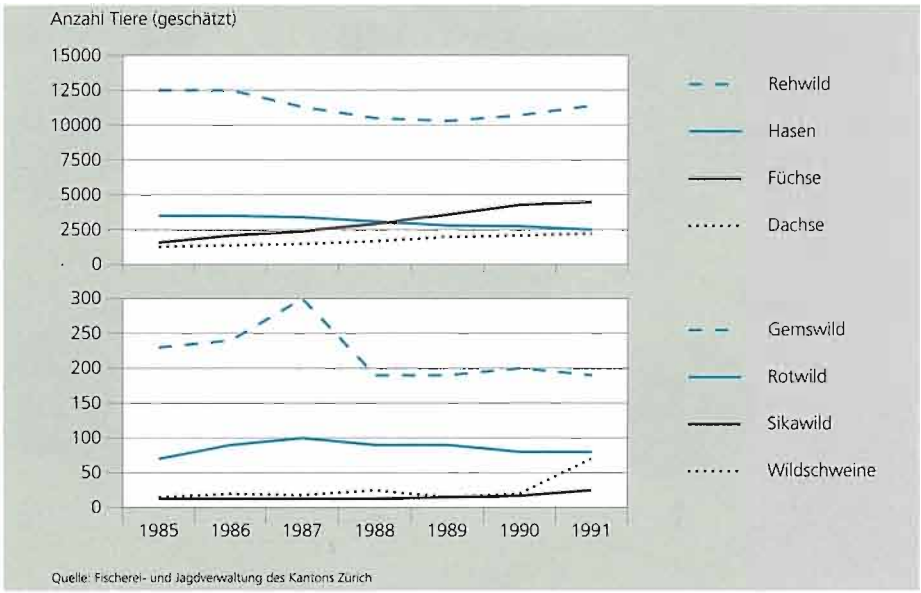



Abb. 100

*Flächenanteile der häufigsten Baumarten im Zürcher Wald 1991*

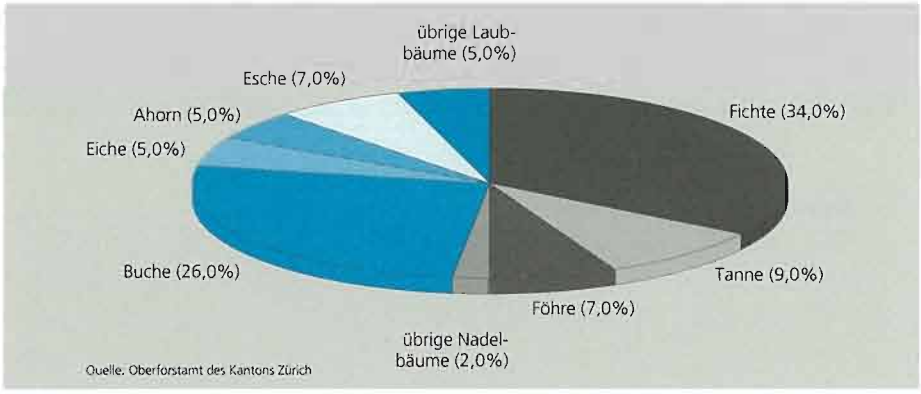
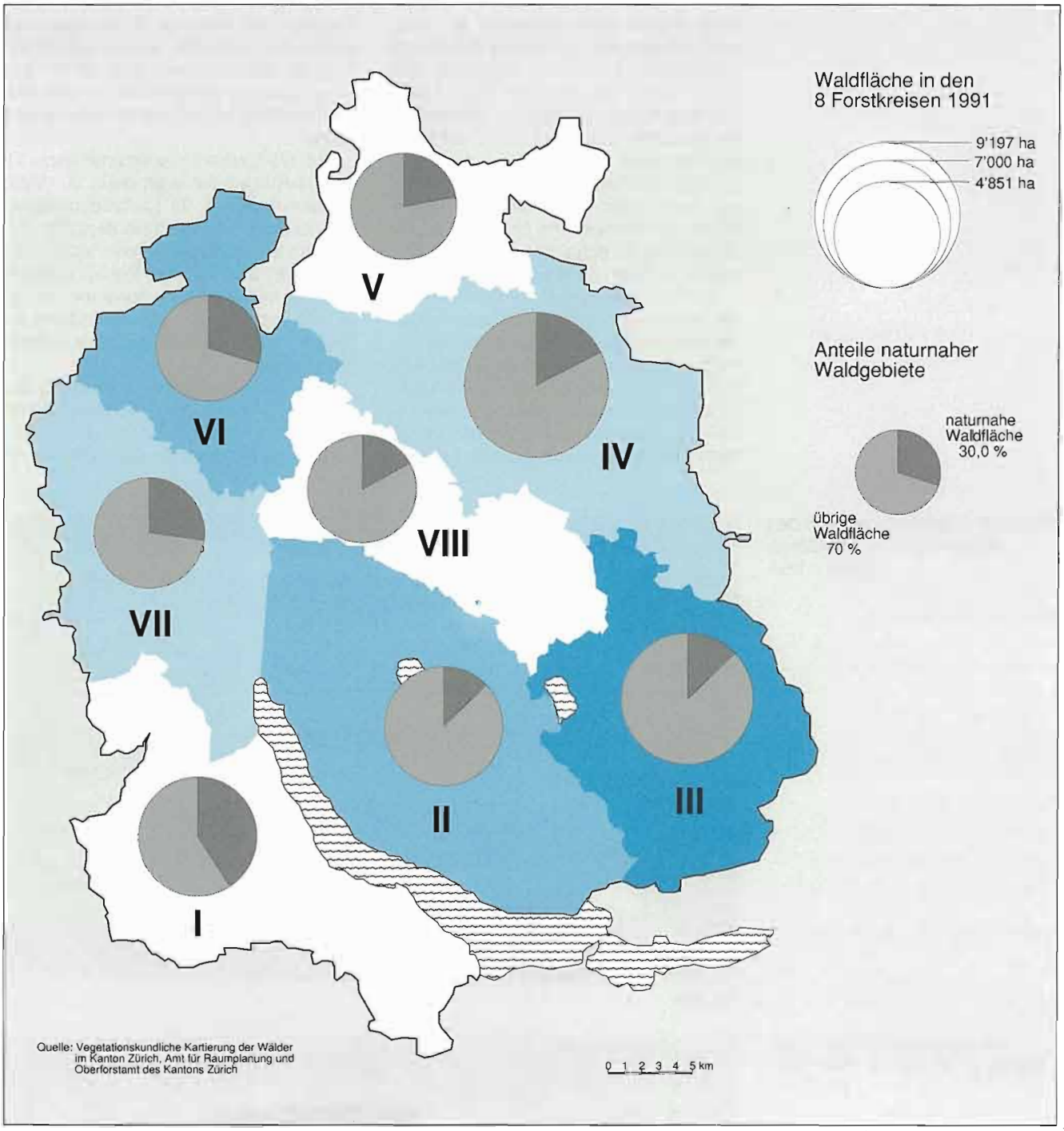



Abb. 101

## Zustand der Lebensräume




*Anteile naturnaher und übriger Waldflächen in den acht Forstkreisen 1991* Karte 39

# Zustand der Lebensräume

Hektaren bis zu 34 Arten zu finden, während es in anderen Waldtypen nur 25 bis 28 Arten sind. Dieser Unterschied liegt darin begründet, dass insbesondere alte Eichenbestände einzelnen Vogelarten (z. B. Mittelspecht) eine grosse Zahl von Höhlen als Brutmöglichkeit bieten.

Die Bestände der im Wald lebenden Säugetiere haben sich aufgrund von Schätzungen der Jagdpächter in den letzten Jahren nur wenig verändert. Die Zahl der Rehe ist etwa gleich hoch geblieben. Die Bestände der Füchse und Dachse haben zugenommen, während jene der Hasen und Baummarder zurückgegangen sind.

In den letzten Jahren trat die Bedeutung des Waldes für Natur- und Landschaftsschutz sowie für die Erholung immer stärker in den Vordergrund, während die wirtschaftliche Funktion, die Holznutzung, aufgrund von schlechten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erschwert wurde. Da Holz ein natürlicher, nachwachsender Rohstoff ist, muss aus umweltpolitischer Sicht angestrebt werden, diesen im Wald des Kantons Zürich vermehrt zu nutzen.

## Waldschäden

Seit 1985 werden jährlich auf 496 Flächen, die auf der Grundlage eines Quadratkilometer-Rasters ausgeschieden wurden, Stichprobenaufnahmen durchgeführt. Anhand von Vergleichsfotografien werden bei allen Stichproben-Bäumen der Nadel- bzw. der Blattverlust geschätzt.

1991 zeigten zwei Drittel aller Bäume Schadenmerkmale: sie wiesen einen Nadel- bzw. Blattverlust von zehn und mehr Prozent aus. Damit wurde ein neuer Höchststand erreicht. Im Vergleich zum Vorjahr hat vor allem die Zahl der Bäume in der Schadstufe 1 (schwach geschädigte Bäume) zugenommen, während der Anteil von Bäumen in den Schadstufen 2 – 4 gegenüber dem Vorjahr unverändert blieb.

Wichtiger als die jährlich registrierte Veränderung der Waldschäden ist die Feststellung, dass die langfristige Ermittlung über die ganze Beobachtungsperiode trotz einer «Erholungsphase» in den Jahren 1987 – 1989 eine Verschlechterung des Waldgesundheitszustandes zeigt.

*Waldschadenentwicklung im Kanton Zürich 1985 – 1991*

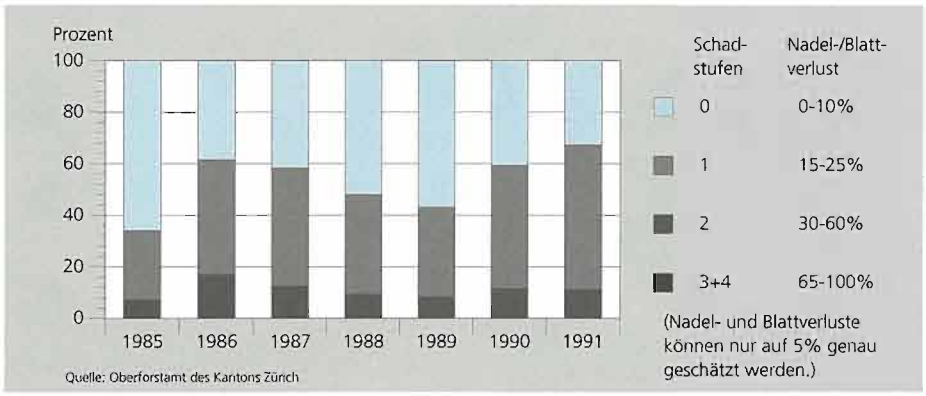
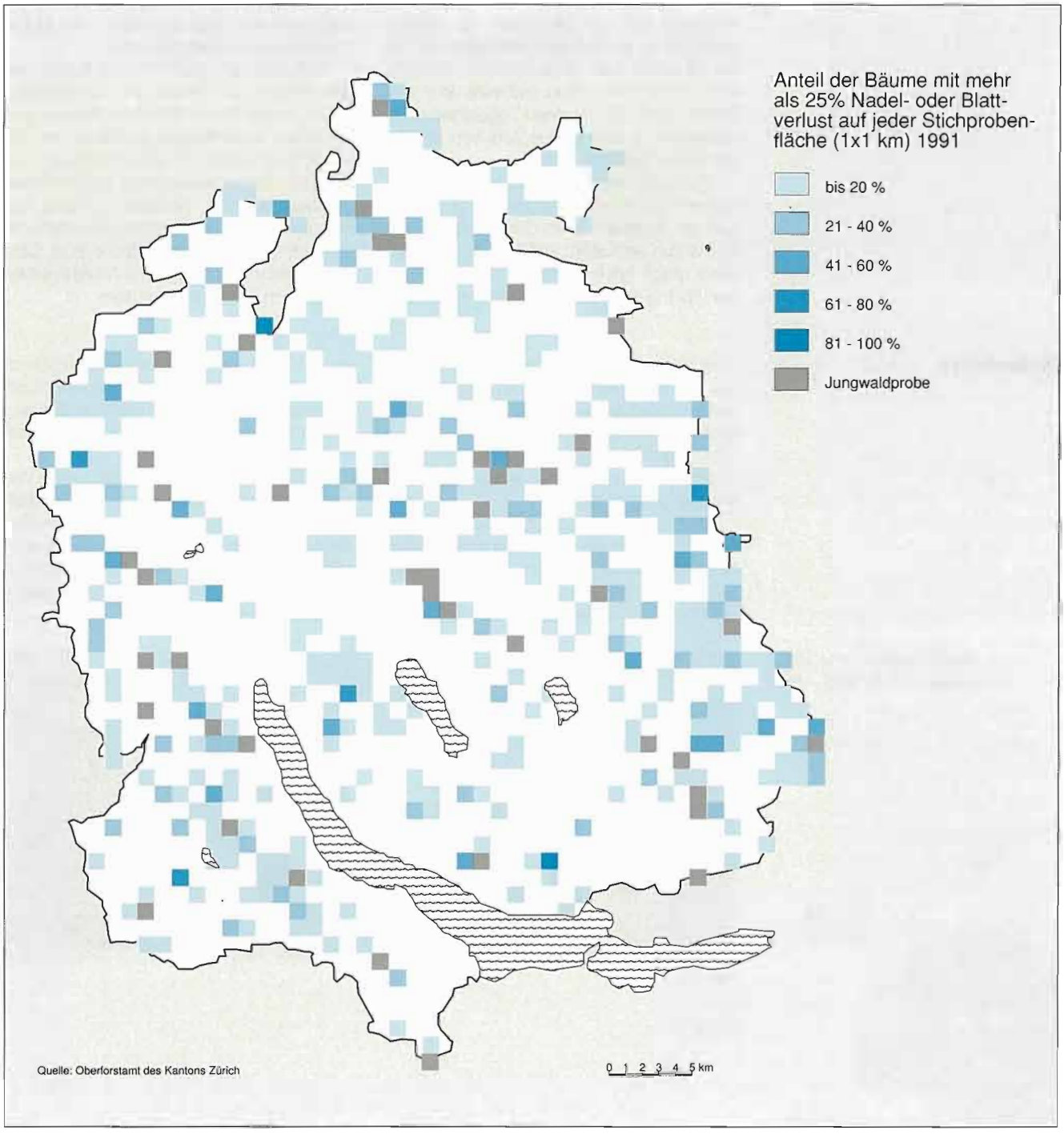



Abb. 102

## Zustand der Lebensräume




*Waldschäden 1991* Karte 40

## Zustand der Lebensräume

**Fliessgewässer**

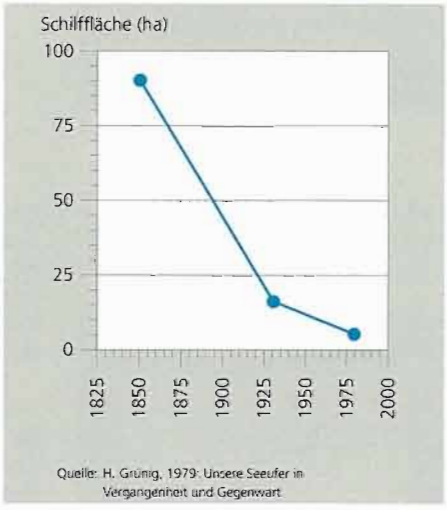
Untersuchungen zeigen, dass seit 1850, als die Wild-Karte entstand, im Kanton Zürich rund die Hälfte aller Fliessgewässer kanalisiert, eingedolt oder gänzlich aufgehoben wurden. Das früher fein verästelte Fliessgewässernetz ist durch die intensivere Landnutzung verschwunden. Heute fliessen noch rund 2'200 Kilometer Bäche und 200 Kilometer Flüsse offen durch die Landschaft. Viele davon sind jedoch verbaut oder durch Nährstoffe übermässig belastet und damit in einem ökologisch unbefriedigenden Zustand (vgl. Seite 114). Verbauungen und Verschmutzungen der Fliessgewässer wirken sich unmittelbar auf deren Qualität als Lebensräume und deren Artenvielfalt aus. So leben manche der heute noch vorkommenden Tier- und Pflanzenarten isoliert, und der Austausch von Erbmasse zwischen den Populationen und Wiederbesiedlungen sind dadurch erschwert oder gar unmöglich geworden.

**Lebensraumverlust an Fliessgewässern**

Verbauungen und Regulierungen unterbinden die dynamischen Prozesse der Fliessgewässer. Dadurch entstehen einerseits keine neuen Lebensräume wie Altläufe, Überflutungszonen, Kies- und Sandbänke mehr. Der Mangel an Dynamik begünstigt anderseits die Kolmatierung (Verfestigung, Abdichtung) der Gewässersohlen, welche Lebensräume von Tier- und Pflanzenarten zerstört und die Infiltration von Bach- und Flusswasser ins Grundwasser (vgl. Seite 124) behindert. Bei vielen Flüssen führte diese Entwicklung dazu, dass Vögel (z.B. Eisvogel), Fische (Äsche, Strömer), Insekten (Libellen, Stein-, Eintags- und Köcherfliegen), Muscheln und eine Reihe weiterer Wirbelloser sowie Wasserpflanzen (Quellgras, Echtes Gnadenkraut) ausgestorben oder in ihren Beständen stark zurückgegangen sind.

**Stehende Gewässer**

Die Seen des Kantons Zürich bedecken eine Fläche von rund 7'200 Hektaren oder rund 4 % des Kantonsgebietes. Biologisch sind vor allem die Seeufer, aber auch die Kleinseen sowie Weiher, Altwasser, Torfstiche oder Tümpel von Bedeutung. Zahlreiche Untersuchungen belegen an den Stillgewässern einen starken Rückgang der Pflanzen- und Tierarten. Ein auffallendes und gut dokumentiertes Beispiel ist der Rückgang der Schilfbestände am Zürichseeufer, was unter anderem dazu geführt hat, dass die im Röhricht brütenden Zwergreiher und Drosselrohrsänger keinen Lebensraum mehr finden.




*Schilfrückgang am zürcherischen Ufer des Zürichsees*

Abb. 103

# Zustand der Lebensräume

## Moorgebiete

Die Moore (Flach-, Übergangs- und Hochmoore) im Kanton Zürich nehmen heute eine Fläche von rund 1'800 Hektaren ein. In den vergangenen 200 Jahren sind rund 90% der Zürcher Moore zerstört worden. Viele der verbliebenen Restflächen sind zudem in ihrer Qualität beeinträchtigt. Besonders prekär ist die Situation bei den Hoch- und Übergangsmooren, von denen nur noch rund 3,8 Hektaren am Mettmenhaslisee (Gemeinde Niederhasli) und im Hagenholz (Gemeinden Kappel und Rifferswil) in ungestörtem, natürlichem Zustand erhalten sind. Mit rund 40 Hektaren weist der Kanton Zürich dennoch den gesamtschweizerisch grössten Anteil an Übergangsmoorvegetation aus und trägt damit eine besondere Verantwortung für diesen Vegetationstyp.

## Gefährdete Moorfauna und -flora

Die Bedrohung der Moore in Ausdehnung und Qualität hat direkte Auswirkungen auf die Weiterexistenz spezialisierter Pflanzen- und Tierarten. Von den etwa 300 verschiedenen Farn- und Blütenpflanzen, die in den Moorgebieten des Kantons Zürich einst vorkamen, sind heute 17 Arten bereits ausgestorben und gut 150 mehr oder weniger stark gefährdet.

In den Mooren leben speziell an diesen Lebensraum angepasste Vögel wie die Bekassine, aber auch früher im Kulturland weit verbreitete Arten wie Braunkehlchen und Baumpieper, die in diese extensiv genutzten Gebiete zurückgedrängt wurden. Reptilien wie die Ringelnatter oder ein letzter Bestand der Moor-Kreuzotter im Mittelland finden in den Zürcher Mooren noch einen Lebensraum. Ferner sind die Moore von grosser Bedeutung für Amphibien, Libellen, Tagfalter und Heuschrecken.

*Gefährdungsgrade für Farn- und Blütenpflanzen der Flora der Zürcher Moore*

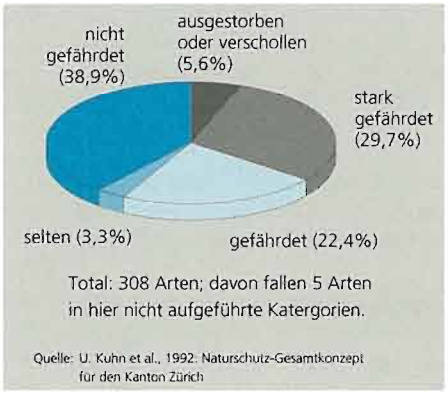



Abb. 104

## Kulturland

Vor etwa 7'000 Jahren begann der Mensch mit Viehzucht und Ackerbau in den natürlichen Haushalt der Natur einzugreifen. Heute werden rund zwei Drittel der unbewaldeten Kantonsfläche landwirtschaftlich intensiv genutzt. Je nach Nutzung und standörtlichen Verhältnissen weist auch das Kulturland verschiedene Lebensraumtypen mit besonderen Eigenschaften auf.

*Rückgang der Magerwiesen im Kanton Zürich 1920 – 1990*

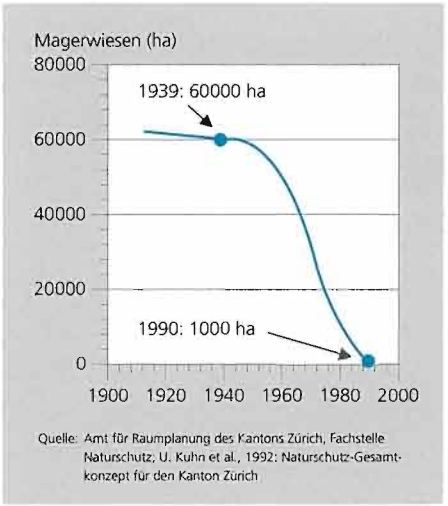



Abb. 105

Die einheimische Fauna und Flora ist zu einem wesentlichen Teil auf das Kulturland als Lebensraum angewiesen. Zu nennen sind die Acker- und Rebbergbegleitflora, deren Lebensräume zwar räumlich noch vorhanden, infolge der Intensivierung der Landwirtschaft (Einsatz von Maschinen, Düngung, chemischen Hilfsmittel, veränderte Bewirtschaftungsweise usw.; vgl. Seite 37) für die typischen Ackerbegleitkräuter wie die Kornrade oder die Kornblume jedoch nicht mehr bewohnbar sind. Ebenso tiefgreifend verändert werden Wiesen und Weiden mit ihren Hochstammobstgärten. Die wenigen noch vorhandenen Magerwiesen sind besonders artenreich und letzter Lebensraum für viele heute bedrohte

## Zustand der Lebensräume

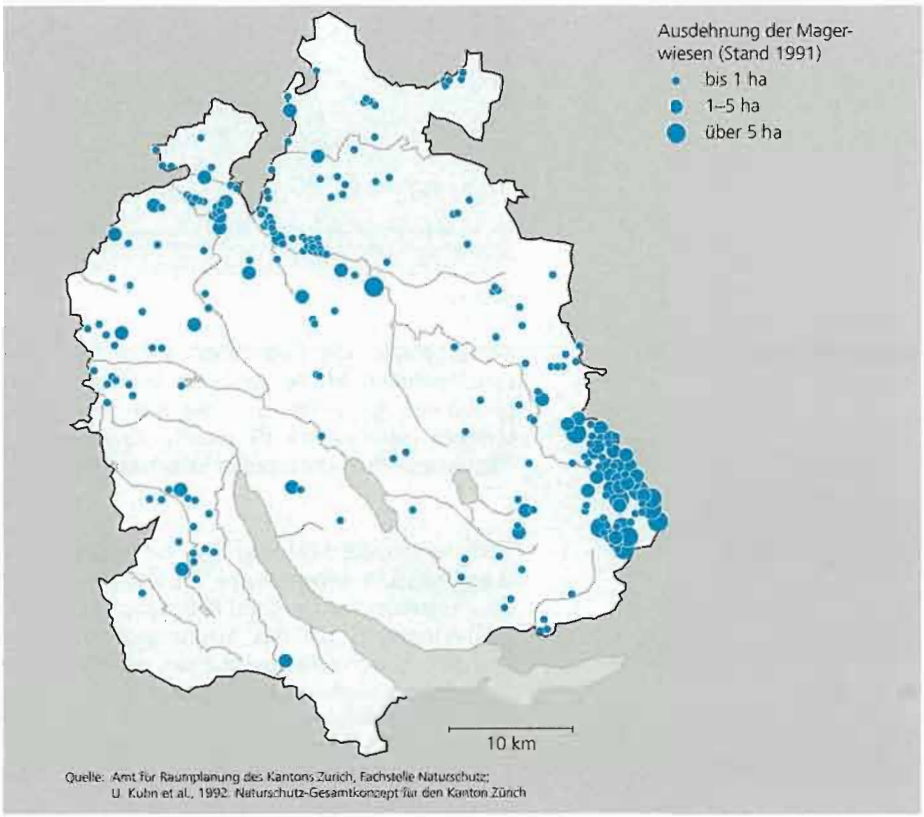
*Rückgang der Hochstammobstbäume im Kanton Zürich 1875 – 1991*




Abb. 106

und seltene Pflanzen und Tiere (Wiesensalbei, Aufrechte Trespe, Küchenschelle, Orchideen, Heuschrecken, Tagfalter, Grillen usw.). Saumbiotope und Hecken (heute nur noch etwa 180 Kilometer), gebildet aus verschiedenen Strauchpflanzen, Dornsträuchern und Rosenarten, bieten bedrängten Säugetieren wie beispielsweise Feldhase, Iltis und Igel Schutz und dienen zahlreichen Vogelarten als Brutplatz und Ansitzwarte.

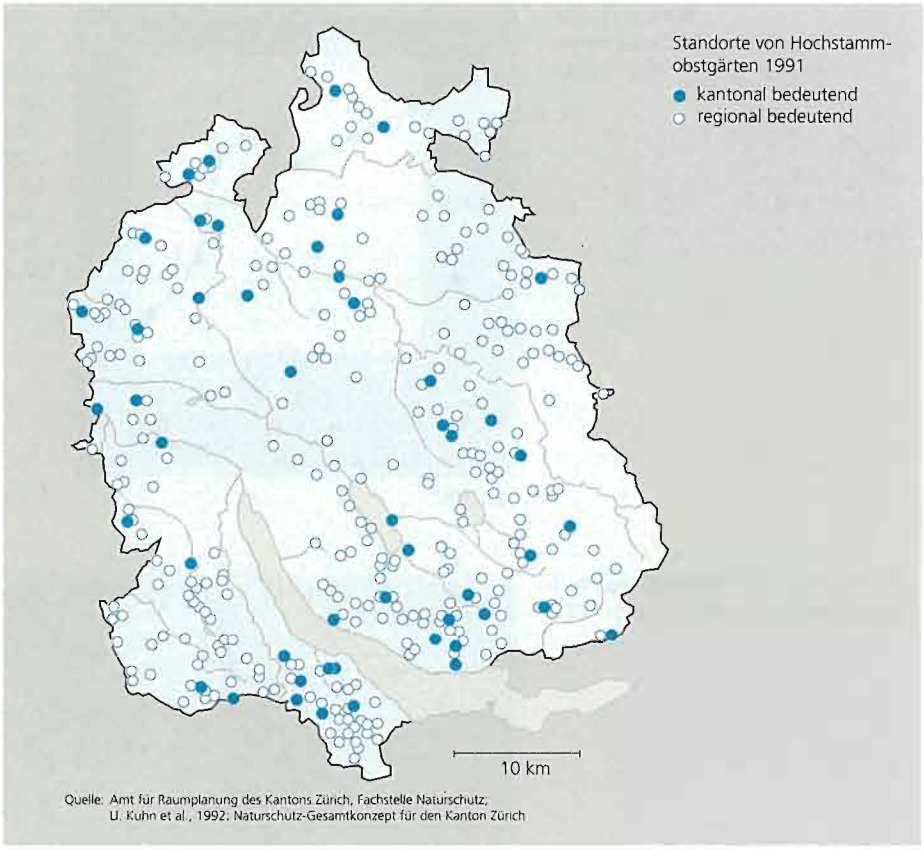
*Verbreitung der Magerwiesen mit überkommunaler Bedeutung 1991*




Karte 41

# Zustand der Lebensräume

*Verbreitung der Hochstamm-Obstgärten mit überkommunaler Bedeutung 1991*




Karte 42

**Abbaugebiete**

Abbaugebiete wie Kiesgruben stellen in zunehmendem Masse wertvolle Ersatzlebensräume für Arten dar, die ihrer natürlichen Lebensräume (Flussauen, Rutschflächen usw.) beraubt wurden. Verschiedene Tierarten sind auf sie angewiesen, beispielsweise Flussregenpfeiffer, Uferschwalbe, diverse Amphibien wie Laubfrosch (vgl. Karte 36), Kreuzkröte, Insekten wie Heuschrecken, Grabwespen und Wildbienen.

**Siedlungsgebiete**

Siedlungsgebiete sind wichtige, oft sogar ausschliessliche Lebensräume für verschiedene spezialisierte Tier- und Pflanzenarten. Charakteristisch für das Siedlungsgebiet sind die zahlreichen Nutzungsarten, die jede für sich strukturelle und biologische Besonderheiten aufweisen und zusammen ein vielfältiges Mosaik an Lebensräumen ergeben. Bedroht sind die Lebensräume in und um die Siedlungen durch die Ausdehnung des Siedlungsgebietes sowie durch Bestandesänderungen. Die innere Verdichtung des Siedlungsgebiets führt dazu, dass ökologisch wertvolle und siedlungstypische Lebensräume verschwinden; so kann auch die Erneuerung von Gebäuden mit modernen Bautechniken und Baustoffen bewirken, dass Pflanzen und Tiere (z. B. Schwalben, Fledermäuse) keinen geeigneten Unterschlupf mehr finden.

Alte Dorfkerne beherbergen meist zahlreiche Kleinlebensräume wie z. B. Brutplätze für Vögel an Häusern. Selten kommen grössere naturnahe Flächen vor. Tiere können in der Regel diesen Lebensraum noch ungehindert durchqueren. Lebensräume und Arten sind jedoch in diesem Siedlungsraum insbesondere durch die allmählichen Veränderungen im Siedlungsgebiet (z. B. Überbauung von Freiflächen, Bodenversiegelung, Aufgabe von Landwirtschaftsbetrieben, Anpflanzung fremdländischer Gehölze, Vernichtung der spontanen Vegetation) stark gefährdet.

In Städten und in Stadtnähe (Agglomeration) sind naturnahe Flächen im Siedlungsinnern besonders wertvoll. Sie sind hier jedoch wegen der intensiven Siedlungsnutzung oft isoliert, so dass die Populationen verschiedener Flächen kaum miteinander in

## Zustand der Lebensräume

Kontakt treten können. Massnahmen wie sie heute unter dem Stichwort «Stadtökologie» gefördert werden, beispielsweise die Begrünung von Dachflächen, der Bewuchs an Mauern, die Versickerung des Dachwassers, das Anlegen von Gartenbiotopen, das Freilegen von Bächen usw., kommen daher für das Naturerlebnis und die Naturerziehung bei zunehmend dichterer Besiedlung Bedeutung zu.

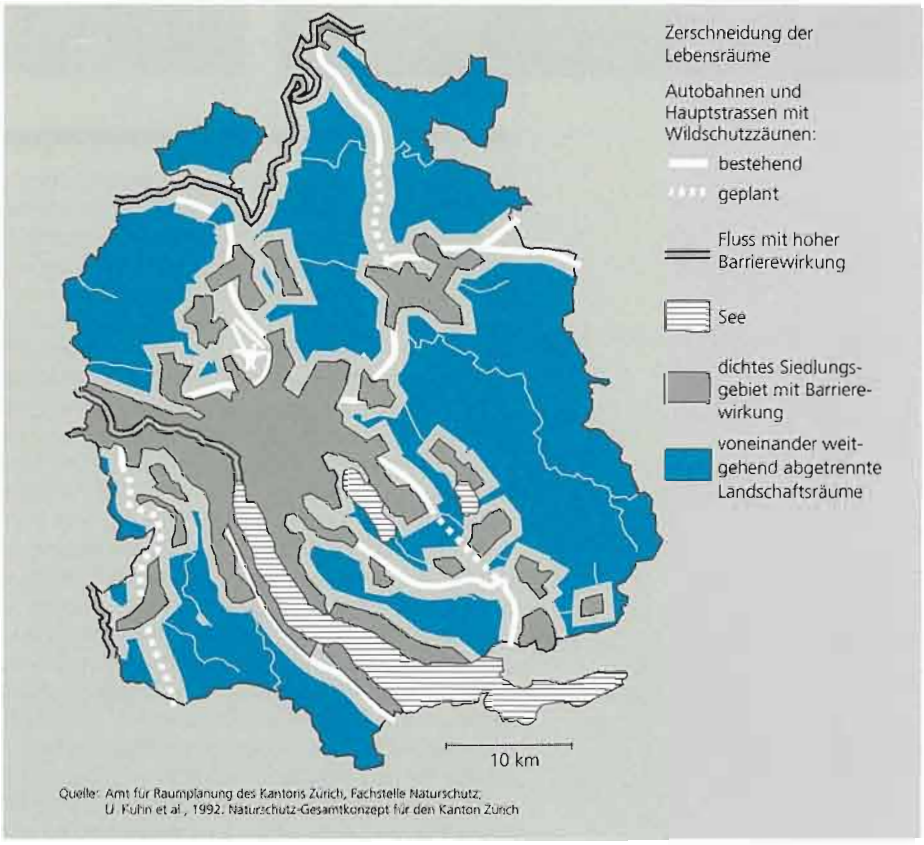
Die Siedlungen beherbergen neben Arten, die auch im Kulturland oder im Wald vorkommen, etliche bedrohte Tier- und Pflanzenarten, die praktisch ausschliesslich in Siedlungsgebieten anzutreffen sind. Dies sind beispielsweise Bewohner warmer, trockener, vegetationsarmer Standorte wie die Zaun- und die Mauereidechse (Bahnareale) oder Arten, die an die Besiedlung von Felsnischen und Höhlen angepasst sind. Dazu gehören bestimmte Fledermausarten (Grosses Mausohr und beide Langohr-Arten), die Alpen- und Mauersegler sowie die Mehl- und Rauchschwalben.

# Zustand der Landschaft

### Ursachen der Landschaftsveränderung

Die Landschaft des Kantons Zürich hat sich vor allem in den letzten Jahrzehnten tiefgreifend gewandelt. Siedlungs- und Verkehrsräume wurden auf Kosten der offenen Landschaft grossflächig erweitert. Ausdehnung des Siedlungsgebietes, neue Bauten und Anlagen ausserhalb der Bauzonen, Abgrabungen, Abbau- und Deponiegebiete veränderten Landschaftsbild und Relief. Die landwirtschaftliche Nutzung wurde fast überall intensiviert, auch in entlegenen Räumen. An Kleinstrukturen reiche Landschaftsteile sind im Kanton selten geworden. Insbesondere die Aufgabe des

*Zerschneidung und Verinselung der Landschaft*




Karte 43

## Zustand der Landschaft

Feldobstbaues und die Reduktion der Hochstammobstbäume auf etwa einen Drittel seit 1950 veränderten das Landschaftsbild nachhaltig. Die traditionellen Siedlungsstrukturen selbst (Ortsbilder) sind heute durch die Auflösung zuvor klarer Siedlungsgrenzen fast überall verwischt. Die Landschaft wurde durch die intensive Bautätigkeit in den vergangenen Jahrzehnten mehr und mehr zerschnitten; es entstanden isolierte Landschaftsinseln, wobei bodengebundene Tiere zwischen den einzelnen Landschaftsteilen kaum mehr hin und her wandern können. Diese Veränderungen sind ihrerseits eine Folge der zivilisatorischen Entwicklung, die geprägt ist durch das Bevölkerungswachstum, die kontinuierliche Zunahme des Wohnflächendbedarfs und der Mobilität sowie der grundlegenden Änderungen der Wirtschaftsstruktur.

Um landschaftlich wertvolle Gebiete des Kantons wirksam zu erhalten, wurde bereits 1915 eine erste Landschaftsschutzverordnung (Katzenseen) notwendig. Bis 1991 folgten weitere 13.

*Strukturreiche Landschaft bei Waltenstein (Schlatt) und rasantes Wachstum in Sellenbüren (Stallikon)*

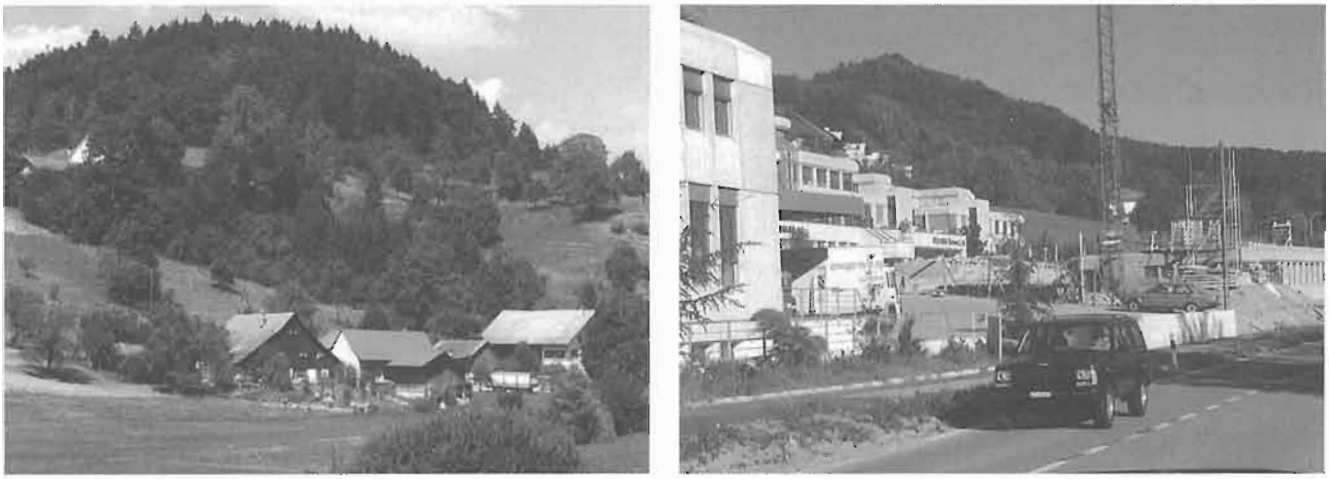


Abb. 107

*Die Landschaft und insbesondere artspezifische Lebensräume haben im Kanton Zürich im Laufe der letzten Jahrzehnte nachhaltig an Vielfalt eingebüsst. Die intensive Nutzung des Kulturlandes hat zu einer sichtbaren Verarmung der biologischen Vielfalt geführt. Die daraus abzuleitenden Massnahmen zur Verbesserung oder zumindest zur Erhaltung der heutigen Arten- und Lebensraumvielfalt sind in erster Linie die vollumfängliche Erhaltung der wertvollen und kaum ersetzbaren Lebensräume (Moore, Magerwiesen, natürliche Gewässer usw.), eine weitergehende und optimierte Pflege der noch vorhandenen natürlichen Lebenräume, eine Aufwertung des offenen Kulturlandes durch Schaffung neuer biologischer Nischen. Bei unvermeidbaren Beeinträchtigungen von Lebensräumen durch die Bautätigkeit sollen mindestens geeignete Ersatzlebensräume geboten werden.*

*Die intensive Bewirtschaftung des Kulturlandes darf nicht weiterhin mit einem Artenrückgang verbunden sein. Neue landwirtschaftliche Methoden, die den Einsatz chemischer Hilfsstoffe minimieren, und die vom Kanton auch finanziell geförderte Vermehrung der naturnahen Flächen und Nischen (Magerwiesen, Hecken, Obstbaumgärten, Revitalisierung von Gewässern usw.), werden in Zukunft zeigen, ob dieses Ziel erreichbar ist. Gleichzeitig ist eine vielfältige Nutzung der Wälder anzustreben; zu erhalten und zu fördern sind vor allem Laubmischwälder, die abwechslungsreiche Lebensräume für viele Pflanzen- und Tierarten bieten. Für Tier- und Pflanzenarten mit speziellen Bedürfnissen sind an geeigneten Standorten gezielt Waldformen wie etwa Auenwälder oder nicht bewirtschaftete Waldbereiche zu erhalten bzw. neu zu schaffen. Aus der Sicht des Naturschutzes wären in Zukunft vor allem lichte Laubwälder vermehrt zu fördern, was aber aufgrund der geringeren Holzerträge für den Waldbewirtschafter weniger interessant ist.*

*Mit dem Wiederbelebungsprogramm für die Fliessgewässer sollen auch wieder zusammenhängende, naturnahe Fliessgewässersysteme geschaffen und dynamische Prozesse an Bächen und Flüssen gefördert werden.*

# Inventare und Schutzmassnahmen

## Inventare der Natur- und Landschaftsschutzobjekte

Als Grundlage für Schutzbemühungen jeglicher Art ist die Erarbeitung von Inventaren unerlässliche Voraussetzung. Solche Inventare wurden seit Beginn der siebziger Jahre für verschiedene Tier- und Pflanzengruppen sowie spezielle Biotoptypen erarbeitet.

*Liste der im Kanton Zürich bis 1992 erarbeiteten Naturschutz-Detailinventare*

| Inventar | Abschluss | Überarbeitung |
|---|---|---|
| Amphibieninventar | 1972 | 1984 |
| Geologisches Inventar | 1974 | |
| Trockenstandortinventar | 1976 | 1990 |
| Wasserpflanzeninventar | 1977 | |
| Ornithologisches Inventar | 1977 | 1987 |
| Ornithologisches Obstgarteninventar | 1977 | |
| Pflanzensoziologische Kartierung der Feuchtgebiete | 1979 | |
| Ornithologisches Waldinventar | 1981 | |
| Libelleninventar | 1984 | |
| Pflanzensoziologische Kartierung der Wälder | 1987 | |
| Inventar der naturkundlich bedeutenden Waldobjekte | 1988 | |
| Obstgarteninventar | 1991 | |
| Reptilieninventar | in Arbeit | |
| Heuschreckeninventar | in Arbeit | |
| Tagfalterinventar | in Arbeit | |
| Inventar der Rebberg-Begleitflora | in Arbeit | |

Tab. 15

## Überkommunale Schutzobjekte

Aufgrund des Planungs- und Baugesetzes ist der Kanton verpflichtet, Inventare für jene Schutzobjekte zu erstellen, die in seine Zuständigkeit fallen. Gestützt auf die bereits vorhandenen thematischen Inventare wurde 1980 das Inventar der Natur- und Landschaftsschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung (regional und kantonal) festgesetzt. Darin sind 837 Objekte mit einer Gesamtfläche von 2'624 Hektaren als Naturschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung behördenverbindlich festgelegt. Mehr als zwei Drittel davon betreffen Feuchtgebiete. Trockenstandorte machen weniger als einen Viertel aus, nicht zuletzt darum, weil die bei der Inventarfestsetzung verfügbaren Inventardaten unvollständig waren und entsprechende Schutzbemühungen erst spät einsetzten. Weitere wichtige Objekte sind Kiesgruben, welche Ersatzstandorte mancher gefährdeter Tier- und Pflanzenarten darstellen und Waldflächen.

*Verteilung der Naturschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung auf verschiedene Biotoptypen 1980*



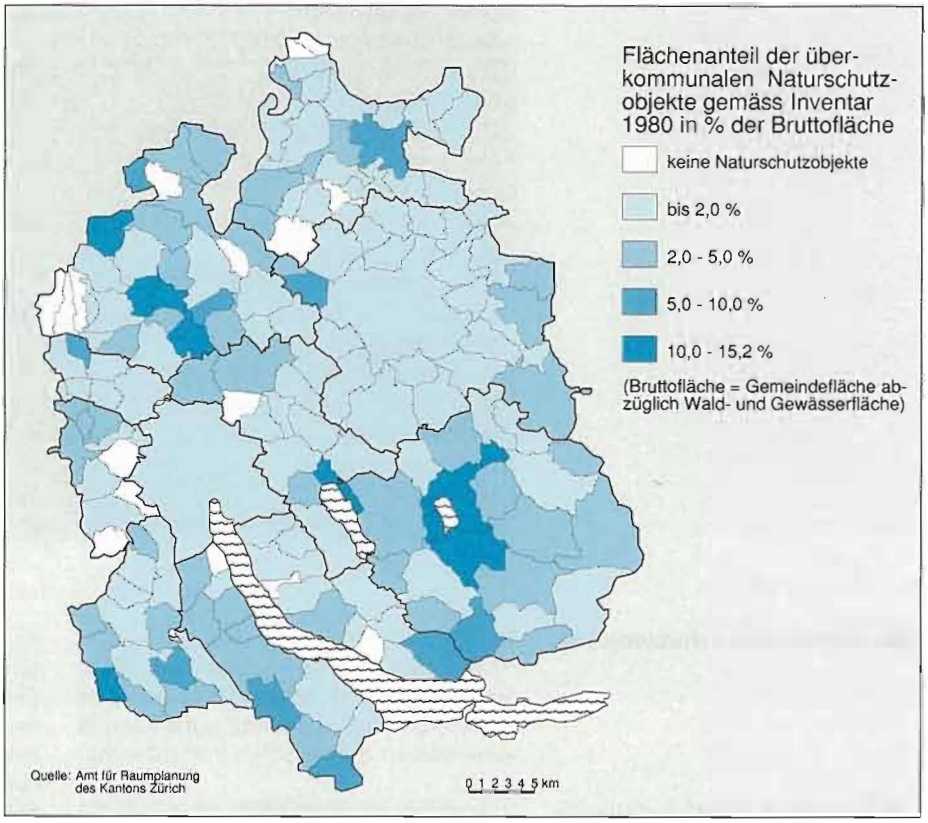

Abb. 108

# Inventare und Schutzmassnahmen

**Räumliche Verteilung der Schutzgebiete**

Die bedeutendsten Naturschutzobjekte liegen in jenen Gemeinden, in denen sich die bekannten grossen Feuchtgebiete, wie zum Beispiel die Gebiete am Pfäffiker- und Greifensee oder das Neeracherried, befinden. Sehr gering sind die Naturschutzflächen in stark besiedelten (Agglomeration von Zürich und Winterthur) sowie in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten (nördliche Kantonshälfte). Die Naturschutzgebiete machen 2,8 % der Bruttofläche des Kantons Zürich (Gesamtfläche abzüglich Wald und Gewässer) aus.

*Regionale und kantonale Naturschutzobjekte gemäss Inventar der Natur- und Landschaftsschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung 1980*




Karte 44

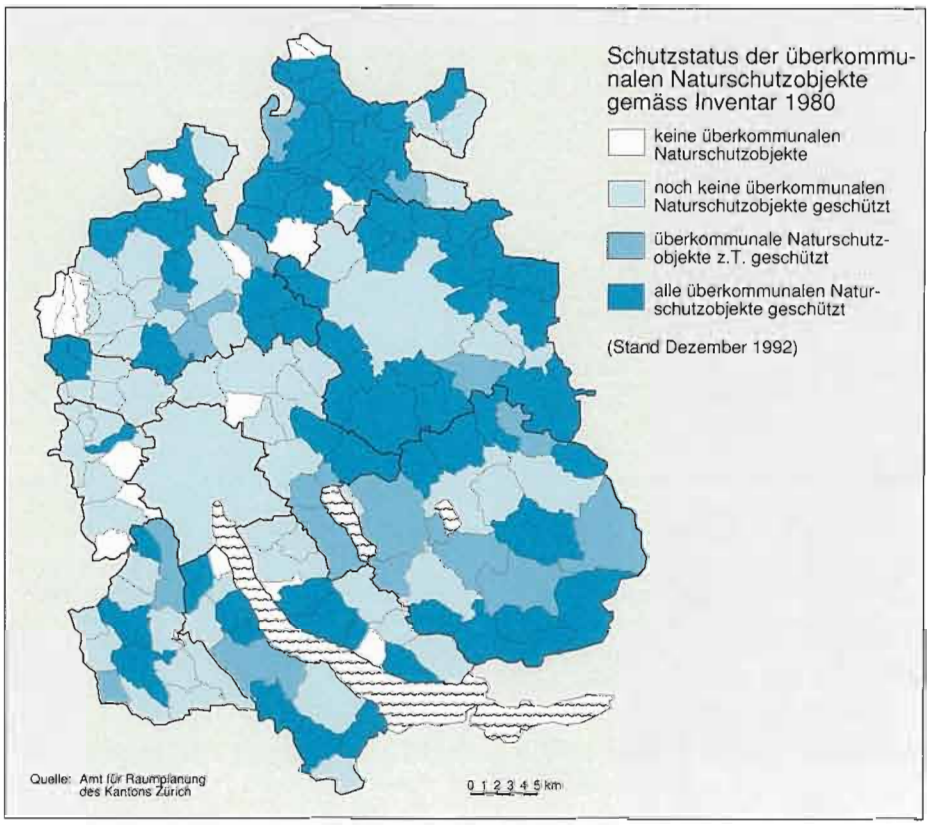
**Stand der Schutzmassnahmen**

Mit der Inventarisierung allein sind schutzwürdige Objekte noch nicht geschützt. Dazu sind besondere Schutzbestimmungen für Bewirtschaftung, Pflege und Unterhalt von Naturschutzgebieten notwendig, mit denen der Grundeigentümer direkt verpflichtet wird. Die Bewirtschafter von Naturschutzflächen erhalten seit 1986 einen jährlichen Pflegebeitrag oder eine Ertragsausfallentschädigung. Die entsprechenden Ansätze wurden letztmals 1990 erhöht.

Bis Ende 1992 wurden in 71 Gemeinden die aktuell als überkommunale Naturschutzobjekte bezeichneten Gebiete durch Schutzverordnungen oder -verfügungen geschützt. In weiteren 21 Gemeinden bestehen für einen Teil der Objekte derartige Schutzbestimmungen. Insgesamt waren 1992 damit 513 Objekte mit einer Fläche von 986 Hektaren in der Naturschutzzone und 158 Hektaren in Naturschutzumgebungszonen geschützt. Somit sind 38 % der im Inventar von 1980 festgesetzten 2'624 Hektaren unter Schutz (Naturschutzzone) gestellt.

# Inventare und Schutzmassnahmen

*Erlassene Schutzverordnungen und -verfügungen für Naturschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung Dezember 1992*




Karte 45

*Das Inventar der Natur- und Landschaftsschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung aus dem Jahr 1980 ist aus heutiger Sicht unvollständig. Die seither erstellten Detailinventare machen den Einbezug weiterer Biotoptypen notwendig. Das Inventar der Natur- und Landschaftsschutzobjekte muss deshalb aktualisiert und den heutigen Bedürfnissen entsprechend erweitert werden. Für rund zwei Drittel der Naturschutzgebiete von überkommunaler Bedeutung sind noch keine grundeigentümerverbindlichen Schutzbestimmungen erlassen worden. Dies gilt insbesondere für alle grossflächigen und deshalb besonders wertvollen Gebiete wie den Pfäffikersee, den Greifensee, die Drumlinlandschaft im Zürcher Oberland, den Lützelsee und das Neeracherried. Bei den übrigen, bereits mit rechtskräftigen Schutzverordnungen ausgestatteten Schutzgebieten muss dafür gesorgt werden, dass sie ihren Wert nicht durch vielfältige Beeinträchtigungen verlieren.*

*Mit der ständigen Ausdehnung des bebauten Siedlungsraumes ist in den letzten Jahren der vielfältige Wert grünraum- und arterhaltender Massnahmen vermehrt erkannt und so zum Teil bereits in Rechtsnormen verankert worden (Begrünung von Flachdächern und Fassaden, Freilegen von Bachläufen, Schaffen von Nistgelegenheiten an Gebäuden usw.). Konsequent umgesetzt, tragen auch solche Teilmassnahmen entscheidend zur Verbesserung dieses Lebensraumes bei.*

## ANHANG

**Glossar und Abkürzungen** 186

**Weiterführende Publikationen** 190

**Anlaufstellen Umweltschutz** 192

# Glossar

**Ammonium** Stickstoffverbindung ($NH_4$), wichtiger Düngerbestandteil.

**anaerob** Ohne Sauerstoff.

**anthropogen** Durch menschliche Tätigkeiten beeinflusst oder verursacht.

**biochemischer Sauerstoffbedarf ($BSB_5$)** Technische Messgrösse, welche den Bedarf an Sauerstoff während der Zeitdauer von fünf Tagen angibt, der für den mikrobiellen Abbau organischer Substanzen im Wasser notwendig ist.

**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 etc.).

**bivalente Heizanlage** Auf zwei Energieträgern beruhende Heizanlage.

**Denitrifikation** Biochemische Umwandlung von Nitrat ($NO_3$) zu Stickstoffgas ($N_2$) unter Sauerstoffmangel.

**diffus** Unklar, zerstreut. Als diffuse Quelle werden Emissionsquellen bezeichnet, deren Lage sich nicht bestimmen lässt oder die in grosser Anzahl über ein Gebiet zerstreut sind.

**Düngergrossvieheinheit (DGVE)** Masseinheit zur Bestimmung des Hofdüngeranfalls auf landwirtschaftlichen Betrieben. Der Nährstoffanfall einer 600 kg schweren Kuh dient dabei als Basisgrösse.

**Emission** Schadstoffausstoss (natürlich oder -> anthropogen bedingt) aus einer Schadstoffquelle.

**end of pipe-Massnahmen** 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.

**Energiebezugsfläche (EBF)** Beheizte Bruttofläche inkl. Wandquerschnitte.

**Fremdwasser** Bezeichnung für unverschmutztes Wasser, das in die Kanalisation gelangt und die ARA unnötigerweise belastet.

**Fungizid** Chemisches Mittel zur Bekämpfung von Pilzen und unerwünschter Mikroorganismen.

**Heizgradtage** Grösse zur Beschreibung des Aussenklimas. Bei der Berechnung der Heizgradtagezahl wird davon ausgegangen, dass erfahrungsgemäss bei einer Tagesmitteltemperatur von 12°C oder weniger die Heizung in Betrieb genommen wird, um eine Raumtemperatur von 20°C zu erreichen. Die Summe der Abweichungen zwischen der Raumtemperatur und der mittleren Aussentemperatur an Tagen, an welchen diese maximal 12°C beträgt, ergibt die Anzahl Heizgradtage.

**Herbizid** Chemisches Mittel zur Bekämpfung von unerwünschtem Pflanzenwuchs.

**Hilfsstoffe, landwirtschaftliche** Generelle Bezeichnung für die in der Landwirtschaft eingesetzten Düngemittel (Hofdünger, Klärschlamm, Kunstdünger), Pflanzenschutzmittel (-> Herbizide, -> Fungizide, ->Insektizide) und weitere Zuschlagstoffe.

**Immission** Einwirkung von Schadstoffen auf die Empfänger (Mensch, Pflanzen, Tiere, Ökosysteme, Bauwerke, Materialien).

# Glossar

**Inertstoffdeponie**
Deponie zur Ablagerung von chemisch und biologisch stabilen, gesteinsähnlichen Abfällen (z.B. sauberer Bauschutt).

**Insektizid**
Chemisches Mittel zur Bekämpfung unerwünschter Insekten.

**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 = $10^{12}$ Joule = 1000 Milliarden Joule oder 2,8 Millionen kWH
1 Petajoule = $10^{15}$ Joule = 2,8 Milliarden kWh

**Kationenaustauschkapazität**
Mass für die Fähigkeit des Bodens, Nähr- oder Schadstoffe in austauschbarer Form zu speichern.

**Konzentration**
Gehalt eine Stoffes in einem Gas bzw. in der Luft oder in einer Flüssigkeit; Einheiten sind Milligramm pro Kubikmeter ($mg/m^3$) oder Mikrogramm pro Kubikmeter ($\mu g/m^3$), -> Volumenanteil.

**Lärm**
Unerwünschter Schall, der als Belästigung und Störung empfunden wird.

**Low-NOx**
Bezeichnung für Verbrennungstechniken, die zu minimalen Stickoxidemissionen führen.

**Nitrifikation**
Biochemische Umwandlung von Ammonium ($NH_4$) zu Nitrat ($NO_3$).

**Oxidation**
Im engeren Sinne die chemische Reaktion mit Sauerstoff (Verbrennung).

**Passivsammler**
Kostengünstiges Messsystem für Luftschadstoffe. Es handelt sich dabei um kleine Behälter (Röhrchen), die mit einer Substanz gefüllt sind, die sich unter Einwirkung der Luftschadstoffe kontinuierlich verändert. Das Ausmass der Veränderung kann im Labor festgestellt und daraus die mittlere Luftschadstoffbelastung ermittelt werden.

**Petajoule**
-> Joule

**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**
Salz der Phosphorsäure; dient als Düngemittel sowie als Wasserenthärter in Reinigungsmitteln.

**Population**
Gesamtheit der Einzellebewesen (Individuen) einer Art in einem bestimmten Lebensraum.

**Prozessenergie**
Energie, die für industrielle oder gewerbliche Produktionsprozesse benötigt wird.

**Reaktordeponie**
Deponie, auf welcher 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**
Wiederinkulturnahme von Flächen, die vorübergehend anderweitig, d.h. nicht land- oder forstwirtschaftlich genutzt worden sind (z.B. Baupisten, ehemalige Deponien, aufgefüllte Kiesgruben etc.).

**Reststoffdeponie**
Deponie für chemisch und biologisch stabile, metallhaltige (erzähnliche) Rückstände. Auf Reststoffedponien können anorganische Rückstände aus Behandlungsverfahren mit bekannter chemischer Zusammensetzung (z.B. aufbereitete Rückstände aus der Rauchgasreinigung von KVA) abgelagert werden.

# Glossar

**Schwermetalle**

Metalle mit einer höheren Dichte als 4,5 g/cm³ (Eisen, Zink, Kupfer, Mangan, Zinn, Chrom, Cadmium, Blei, Quecksilber u.a.) Die meisten Schwermetalle sind für Mensch, Tier und Pflanzen in geringen Konzentrationen lebensnotwendig, alle wirken in höheren Konzentrationen giftig.

**Sommersmog**

Hohe Ozonkonzentrationen in den bodennahen Luftschichten bei austauscharmen Wetterlagen und hohen Temperaturen.

**Terajoule**

-> Joule

**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.

**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; z.B. Anzahl Teilchen Schadstoff auf eine Milliarde Teilchen Luft). Beispielsweise sind 15 ppb $NO_2$ gleichbedeutend einer Konzentration von 30 µg/m³ $NO_2$.

**Abkürzungen**

| | |
|---|---|
| µg | Mikrogramm; Millionstel Gramm |
| ARA | Abwasserreinigungsanlage |
| $BSB_5$ | biochemischer Sauerstoffbedarf |
| $CO_2$ | Kohlendioxid |
| dB (A) | Dezibel (A), Masseinheit für den Schallpegel |
| DGVE | Düngergrossvieheinheit |
| EDTA | Salz der Ethylendiamintetraessigsäure (Bestandteil von speziellen Reinigungsmitteln) |
| FCKW | Fluorchlorkohlenwasserstoffe |
| IP | Integrierte Produktion in der Landwirtschaft |
| KVA | Kehrichtverbrennungsanlage |
| LRV | Luftreinhalte-Verordnung |
| LSV | Lärmschutz-Verordnung |
| $NH_3$ | Ammoniak |
| $NH_4$ | Ammonium |
| NHG | Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz |
| $NO_3$ | Nitrat |
| $NO_x$ | Stickoxide, dazu gehören u.a. Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid ($NO_2$), Lachgas ($N_2O$) |
| NTA | Salz der Nitrilotriessigsäure |

# Glossar

| | |
|---|---|
| $O_2$ | Sauerstoff |
| $O_3$ | Ozon |
| PCB | polychlorierte Biphenyle; Gruppe besonders stabiler und langfristig toxischer Industriechemikalien |
| $PO_4$ | Phosphat |
| ppb | parts per billion; Einheit zur Bezeichnung des -> Volumenanteils. |
| ppm | parts per million; Einheit zur Bezeichnung des -> Volumenanteils. |
| RPG | Bundesgesetz über die Raumplanung |
| $SO_2$ | Schwefeldioxid |
| StFV | Verordnung über den Schutz vor Störfällen |
| StoV | Stoffverordnung |
| TVA | Technische Verordnung über Abfälle |
| USG | Bundesgesetz über den Umweltschutz |
| VOC | flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds), gelegentlich auch «Kohlenwasserstoffe» (HC) genannt |
| VSBo | Verordnung über Schadstoffe im Boden |
| VVS | Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen |

# Weiterführende Publikationen

Der vorliegende Umweltbericht vermittelt erstmals eine Gesamtschau zur Umweltsituation im Kanton Zürich. Daneben existieren bereits zahlreiche Veröffentlichungen, welche in Ergänzung dazu, detaillierter über einzelne Umweltbereiche informieren.

Die nachfolgende Zusammenstellung vermittelt einen Überblick über die wichtigsten weiterführenden Publikationen. Eine Zusammenstellung der im Kanton vorhandenen Umweltdaten findet sich im übrigen in der von der Koordinationsstelle für Umweltschutz herausgegebenen Broschüre "Umweltdaten im Kanton Zürich" (Datennachweis).

**1. Allgemeines**

- Koordinationsstelle für Umweltschutz: Umweltdaten im Kanton Zürich (Datennachweis), 1989
- Koordinationsstelle für Umweltschutz: Die Umweltschutz-Fachverwaltung des Kantons Zürich stellt sich vor. KAUZ Nr. 1/1991
- Koordinationsstelle für Umweltschutz: Umweltschutzfachstellen im Kanton Zürich, Adressen und Telefonnummern (wird laufend nachgeführt)
- Koordinationsstelle für Umweltschutz: Vollzugsschlüssel Umweltschutz für die Gemeinden des Kantons Zürich, 1992
- Statistisches Amt des Kantons Zürich: Statistisches Jahrbuch des Kantons Zürich 1992 (erscheint jährlich)

**2. Energie**

- Amt für technische Anlagen und Lufthygiene: Energieplanungsbericht, Bericht des Regierungsrates an den Kantonsrat über die Energieplanung vom 14. November 1990

**3. Abfallwirtschaft**

- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Zahlen zur Abfallwirtschaft Kanton Zürich, 1990
- Kanton Zürich (Hrsg.), Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Abfallkonzept, 1989

**4. Verkehr**

- Statistisches Amt des Kantons Zürich (F. Bosshard): Entwicklung von Motorisierung und Verkehrsfrequenzen im Kanton Zürich 1979 - 1991. Statistische Berichte des Kantons Zürich, Heft 2 / 1992
- Statistisches Amt des Kantons Zürich (F. Bosshard): Verkehrsverhalten im Kanton Zürich 1989, Hauptergebnisse einer Sonderauswertung des Mikrozensus 1989. Statistische Berichte des Kantons Zürich, Heft 4 / 1991
- Tiefbauamt: Verkehrszählungen - Schweizerische Strassenverkehrszählung 1990
- Zürcher Verkehrsverbund (F. Kissling, A. Steffen): SBB-Tagesfrequenzen im Gebiet des Zürcher Verkehrsverbundes: Entwicklung von 1989 bis 1991. Statistische Berichte des Kantons Zürich, Heft 1 / 1992

# Weiterführende Publikationen

**5. Luftreinhaltung**

- Amt für technische Anlagen und Lufthygiene: Luft-Programm für den Kanton Zürich (Massnahmenplan Lufthygiene), April 1990
- Amt für technische Anlagen und Lufthygiene: Luft-Programm für den Kanton Zürich - Das Wichtigste in Kürze, 1990
- Amt für technische Anlagen und Lufthygiene: Erfolgskontrolle des Luft-Programmes, Bericht 1992
- Amt für technische Anlagen und Lufthygiene: LUFT - Bessere Luft im Kanton Zürich, 1992

**6. Lärmbekämpfung**

- Flughafendirektion: Lärm-Bulletin Flughafen Zürich (erscheint monatlich)

**7. Boden- und Gewässerschutz**

a) Gewässerschutz

- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Stand des Gewässer- und Bodenschutzes 1989
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Naturnaher Wasserbau - Fliessgewässer als Lebensraum, 1989
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Kanton Zürich - Wiederbelebungsprogramm für die Fliessgewässer, 1989
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Qualitative Grundwasserüberwachung im Kanton Zürich, Untersuchungsergebnisse von 98 Fassungen, 1990
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Hydrographisches Jahrbuch des Kantons Zürich - Grundwasser, 1991
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Grundwasserkarte des Kantons Zürich 1: 25'000, 1991, (12 Blätter)
- Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich / Schweizerische Geotechnische Kommission: Die Grundwasservorkommen im Kanton Zürich, Erläuterungen zur Grundwasserkarte 1:25'000, 1986
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Gewässerschutzkarte des Kantons Zürich 1: 25'000, 1990, (12 Blätter)
- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Oberflächengewässer und Kläranlagen, 1992

b) Bodenschutz

- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Schadstoffbelastung des Bodens im Kanton Zürich, Resultate des kantonalen Bodenrasternetzes, 1989

**8. Natur- und Landschaftsschutz**

- Baudirektion des Kantons Zürich: Mehr Natur in Siedlung und Landschaft 1985
- Amt für Raumplanung: Raumplanung im Kanton Zürich: Landschaft, Publikationsreihe Raumbeobachtung im Kanton Zürich, Heft 17, 1988
- Amt für Raumplanung des Kantons Zürich: Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich (Entwurf), 1992
- Weggler, M.: Brutvögel im Kanton Zürich. Zürcher Vogelschutz (Hrsg.), 1991

**9. Rohstoffe, Kiesabbau**

- Amt für Gewässerschutz und Wasserbau: Zahlen zur Kieswirtschaft Kanton Zürich 1991

# Anlaufstellen Umweltschutz

(Adressen mit detailliertem Umschrieb der Arbeitsbereiche sowie den Telefonnummern der innerhalb der kantonalen Verwaltung zuständigen Stellen können dem Fachstellenverzeichnis der Koordinationsstelle für Umweltschutz entnommen werden.)

| | | |
|---|---|---|
| **Allgemeines, Fachstellenverzeichnis:** | Koordinationsstelle für Umweltschutz des Kantons Zürich, 8090 Zürich | Telefon 01/259 24 17 |
| **Gewässerschutz, Bodenschutz, Abfallwirtschaft:** | Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich, 8090 Zürich | Telefon 01/259 32 02 |
| | Bodenschutz: | Telefon 01/259 32 78 |
| | Abfallwirtschaft: | Telefon 01/259 32 98 |
| **Lufthygiene und Energie:** | Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich, 8090 Zürich | Telefon 01/259 30 12 |
| | Lufthygiene: | Telefon 01/259 30 53 |
| | Energie: | Telefon 01/259 42 70 |
| **Lärmschutz (Allgemeines, Verkehrs- und Schiesslärm):** | Fachstelle Lärmschutz, Tiefbauamt des Kantons Zürich, 8090 Zürich | Telefon 01/816 21 52 |
| **Fluglärm:** | Flughafendirektion Zürich, Lärmbekämpfung, 8058 Zürich-Flughafen | Telefon 01/816 21 31 |
| **Immissionsschutz Industrie und Gewerbe:** | Amt für Industrie, Gewerbe und Arbeit, Arbeitsinspektorat, 8090 Zürich | Telefon 01/312 62 00 |
| **Natur- und Landschaftsschutz:** | Fachstelle Naturschutz, Amt für Raumplanung des Kantons Zürich, 8090 Zürich | Telefon 01/259 30 32 |
| **Stoffe, Gifte:** | Kantonales Laboratorium, Fehrenstrasse 15, 8030 Zürich | Telefon 01/252 56 54 |
| **Störfälle:** | Koordinationsstelle für Störfallvorsorge des Kantons Zürich, 8090 Zürich | Telefon 01/291 41 41 |
| **Stadt Zürich:** | Umweltschutzfachstelle, Walchestrasse 31, 8035 Zürich | Telefon 01/216 43 31 |
| **Stadt Winterthur:** | Beauftragter für Umweltschutz und Energie, Obertor 32, 8402 Winterthur | Telefon 052/267 53 03 |

AKTIV
FÜR DEN
UMWELT
SCHUTZ
IM KANTON
ZÜRICH