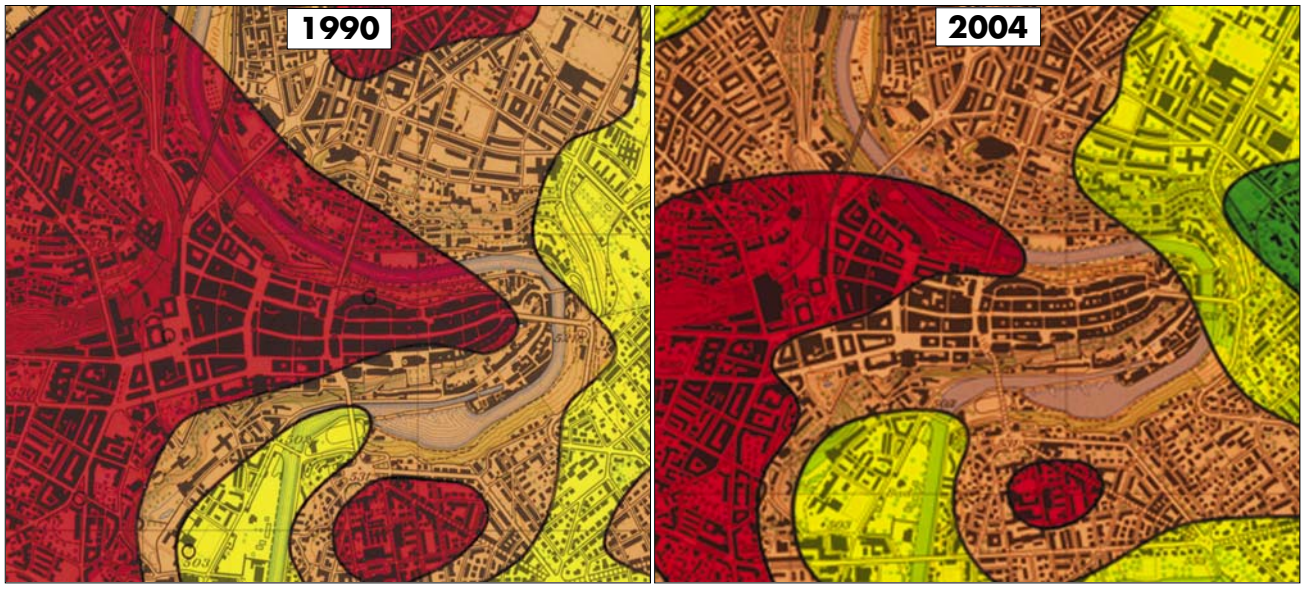
Stadt Bern, Amt für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle (AfUL),
beco – Berner Wirtschaft und Gemeinden Köniz und Bremgarten

Erfolgskontrolle zur Luftreinhaltung in der Stadt Bern 2004

Wiederholung der Untersuchungen mit Flechten nach 14 Jahren



Schlussbericht

20. Oktober
2005

AGB - Dr. Rolf Herzig
Arbeitsgemeinschaft für Bioindikation,
Umweltbeobachtung und ökologische Planung
3013 Bern

Impressum

Projekt-Bearbeitung

Dr. Rolf Herzig, Christof Bieri und Sara Bangerter
AGB, Arbeitsgemeinschaft für Bioindikation,
Umweltbeobachtung und ökologische Planung
Quartiergasse 12, 3013 Bern
Tel. 031 332 66 29

Projektleitung

Dr. Karl-Heinz Gerber und Dr. Heribert Bürgy
Amt für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle der Stadt Bern AfUL
Brunngasse 30, 3000 Bern 7
Tel. 031 321 63 06

Begleitung

Dr. Gerrit Nejedly und Dr. Hans Mathys
beco - Berner Wirtschaft- Immissionsschutz
Laupenstrasse 22, 3011 Bern
Tel. 031 633 57 83

Walter Kuster, Direktion Planung, Umwelt, Verkehr,
Abteilung Umweltschutz, Köniz

Peter Bangerter, Gemeinde Bremgarten

Werner Nydegger, Karl Kaufmann Recycling AG Thörishaus

Klaus Kammer, BUWAL, Abteilung Oekonomie und Forschung,
Sektion Umweltbeobachtung

unter freundlicher Mitwirkung von

Markus Kaufmann und Thomas Gisi, AfUL der Stadt Bern
Martin Howald, Tiefbauamt der Stadt Bern
Patrick Jegge, Bundesamt für Strassen, Abteilung Strassennetze
MISTRA + Verkehrsmonitoring, Bern
Dr. Hans Zimmermann, Bundesamt für Raumentwicklung ARE,
Kompetenzzentren GIS & Verkehr, Bern
Peter Magnaguagno, Leiter Ressort KVA - ewb Bern

Kartenreproduktion: Reproduziert mit Bewilligung von Swisstopo
(BA046556)

Gedruckt auf zertifiziertes chlorfreies Papier aus unweltfreundlicher Produktion

Inhaltsverzeichnis

		Seite
Zusammenfassung		**I-VI**
1.	**Ausgangslage**	**1**
2.	**Auftrag und Zielsetzungen**	**3**
3.	**Untersuchungsmethoden**	**5**
3.1	Gesamtbelastung der Luft - Bioindikation mit Flechten	5
3.2	Einzelstoffbelastung der Luft - Passives Biomonitoring mit Flechten	11
4.	**Vorgehen und weitere Grundlagen**	**13**
4.1	Gesamtbelastung der Luft - Bioindikation mit Flechten	13
4.2	Einzelstoffbelastung der Luft - Passives Biomonitoring mit Flechten	15
4.3	Quellen, Verwendung und Umweltverhalten der unter suchten Substanzen	22
4.3.1	Schwermetalle und andere umwelt- und humantoxische Elemente	22
4.3.2	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAKs	24
5.	**Gesamtbelastung der Luft in der Stadt Bern**	**26**
5.1	Ausgangszustand - Luftgüte der Ersterhebung von 1990 Kurzbeschrieb	26
5.2	Ist-Zustand - aktuelle Luftgüte von 2004 Kurzbeschrieb	27
5.3	Windverhältnisse im Raum Bern beeinflussen die Luft-qualität	30
5.4	Interpretation der aktuellen Luftgütekarte 2004 nach Belastungszonen	32
5.5	Differenzkarte visualisiert Veränderung der Luftqualität der Stadt Bern in den letzten 14 Jahren	38

		Seite
6.	**Einzelstoffbelastung der Luft in der Stadt Bern - Biomonitoring mit Flechten**	**44**
6.1	Luftbelastung mit Schwermetallen.....	45
6.1.1	Veränderung der Schwermetall-Belastung in der Stadt Bern im 14-jährigen Zeitraum von 1990-2004 Passives Biomonitoring mit Flechten.....	45
6.1.2	Vergleich der Belastungsveränderung der Schwermetalle in der Stadt Bern mit anderen Regionen der Schweiz	47
6.1.3	Verfeinerte element- und standortweise Analyse der Veränderung der Schwermetallbelastung Berns.....	49
6.2	Luftbelastung mit polycyclischen Kohlenwasserstoffen PAKs .	65
6.2.1	PAK-Belastung an den Untersuchungsstandorten - Stationstafeln.....	65
6.2.2	Charakterisierung der PAK-Belastung in der Stadt Bern und in Köniz.....	81
7.	**Immissions- und Verkehrsentwicklung**.....	**109**
7.1	Veränderung der Immissionsbelastung	109
7.2	Emissionsveränderungen seit 1975 am exemplarischen Beispiel der KVA-Sanierung	113
7.3	Veränderung der Verkehrsbelastung.....	115
8.	**Synthese - Veränderung der Luftqualität und der Verkehrs-, Immisssions- und Emissionsentwicklung von Bern**	**117**
8.1	Veränderung der Luftqualität und der Verkehrs- und Immissionsentwicklung in der Stadt Bern im 14-jährigen Untersuchungszeitraum	117
8.2	Veränderung der Luftqualität und der Emissionsentwicklung am Beispiel der lufthygienisch sanierten KVA Bern	121
9.	**Schlussfolgerungen und Ausblick**	**123**
10.	**Glossar**	**125**
11.	**Literaturhinweise**	**127**
12.	**Anhang**	**131**
12.1	Objektbezogne Erhebnungsdaten, IAP18 1990, 2004	131
12.2	Georaum-bezogne IAP18-Daten 1990, 2004	143
12.3	Schwermetalle - Erfolgskontrolle 2004.....	145
12.4	Schwermetalle - Ersterfassung 1990.....	147
	Ausstellungsposter, Publikums-Flyer und Presseecho.....	149

Zusammenfassung

Erfolgskontrolle zur Luftreinhaltung in der Stadt Bern 2004
Wiederholung der Untersuchungen mit Flechten nach 14 Jahren

Lufthygienische Erfolgskontrolle 2004

1990 wurde in der Stadt Bern eine erste Untersuchung zur Luftbelastung mit Hilfe von Flechten an Laubbäumen durchgeführt. Zur Beurteilung der Wirksamkeit der bisher auf kommunaler, kantonaler und nationaler Ebene getroffenen Luftreinhaltemassnahmen wurde im Jahr 2004 - 14 Jahre nach der Ersterhebung - eine Erfolgskontrolle mit Flechten durchgeführt.

Bioindikation mit Flechten

Die Bioindikation mit Flechten ist eine standardisierte Methode, welche die biologischen Auswirkungen der Luftbelastung erfasst. Der aufgrund der Flechtenartenvielfalt gemessene Luftgütewert IAP18 ist aufgrund der Eichung mit technisch gemessenen Luftschadstoffen ein zuverlässiger Indikator für die Gesamtbelastung der Luft und ermöglicht eine flächendeckende und räumlich präzise Charakterisierung der Luftqualität. Die Flechtenindikationsmethode unterscheidet fünf verschiedenfarbige Zonen der Gesamtbelastung der Luft, welche bezüglich der Flechtenwirkung als kritisch, stark, mittel, gering und sehr gering bezeichnet werden. In den kritisch und stark belasteten Zonen rot und orange werden die Grenzwerte der Luftreinhalte-Verodnung von NO_2 und z.T. anderer Luftschadstoffe in der Regel überschritten.

Flechten reagieren auf kleinste Beeinträchtigungen der Luftqualität mit sicht- und messbaren Veränderungen. Mit zunehmender Luftbelastung verschwinden Flechten von den Baumstämmen, kehren jedoch bei Verringerung der Schadstoffbelastung ebenso rasch wieder zurück. Diese Eigenschaft wird für die Erfolgskontrolle von Luftreinhaltemassnahmen genutzt. Dabei werden die Ergebnisse einer Wiederholungskartierung mit denjenigen der Ersterhebung verglichen.

Die aktuelle Flechtenuntersuchung der Stadt Bern erfolgte von Herbst 2003 bis Sommer 2004 an 365 ausgewählten Laubbäumen, die sich homogen auf eine rund 30 km^2 grosse Untersuchungsfläche verteilen. Nach Möglichkeit wurden die identischen Bäume der Ersterhebung untersucht. Ein Drittel musste allerdings durch vergleichbare Bäume ersetzt werden.

Der Stadtberner Untersuchung haben sich auch die Gemeinden Bremgarten und Köniz und für das Wangental die Recyclingfirma Karl Kaufmann AG angeschlossen, was ein abgerundeteres Bild über die regionale Entwicklung ermöglicht. Diese erweiterten Untersuchungen werden bis Frühling 2005 abgeschlossen sein. Das Projekt wird auch vom Immissionschutz des beco Berner Wirtschaft unterstützt.

Gesamtbelastung der Luft vor 14 Jahren - Luftgütekarte von 1990

Die Luftgütekarte der Erstuntersuchung von 1990 zeigt das Ausmass der Luftgesamtbelastung der Stadt Bern vor 14 Jahren. Mit einer grossen Flächenausdehnung musste damals für die zentralen Stadtgebiete die «rote Zone» mit einer kritischen Gesamtbelastung der Luft, in welcher starke Grenzwertüberschreitungen von NO_2 u.a. Luftschadstoffen zu erwarten sind, ausgewiesen werden. Auch Teilgebiete der drei Aussenzentren Breitenrain, Kirchenfeld und Ostring-Sonnenhof mussten der roten Zone mit kritischer Gesamtbelastung zugeordnet werden. In gleich grosser Flächenausdehnung wie die rote Zone zeigte sich in den zentrumsnahen Quartieren die orange Zone mit starker Gesamtbelastung. Diese umschloss die roten Gebiete ringförmig. Die gelbe Zone charakterisierte besonders die Aussenquartiere der Stadt Bern. Weitgehend auf den westlichen und östlichen Stadtrand beschränkt wurde die grüne Zone mit geringer Gesamtbelastung. Die blaue Zone mit sehr geringer Gesamtbelastung trat in vier kleinen Gebieten am Perimeterrand sowie auf dem Gurten auf.

Die Flächenanteile der einzelnen Luftbelastungszonen und der Vergleich mit den NO_2-Passivsammlermessungen zeigt Tabelle 1. Der Anteil der Fläche Berns mit einer NO_2-Belastung über oder im Bereich des Grenzwertes hat sich in den letzten 14 Jahren erfreulicherweise von zwei Dritteln auf die Hälfte reduziert.

Luftgüte und Zonenfarbe	1990	2004	Luftgesamtbelastung mittels Flechten	Luftbelastung NO_2 2004
Flechtenwüste - rot	14%	5%	kritisch	deutlich über Grenzwert
Innere Kampfzone - orange	16%	15%	stark	über Grenzwert
Äusserere Kampfzone - gelb	34.5%	30%	mittel	im Bereich Grenzwert
Überganszone - grün	28%	38%	gering	unter Grenzwert
Normalzone - blau	7.5%	12%	sehr gering	deutlich unter Grenzwert

Luftgesamtbelastung von 2004 - die aktuelle Luftgütekarte

Erfreulicherweise hat sich die am stärksten belastete rote Luftgütezone mit kritischer Gesamtbelastung in den letzten 14 Jahren seit der Ersterhebung markant verkleinert (Karten 1, 2, Seiten 28, 29).
Heute tritt diese «Flechtenwüste», wie sie von Fachleuten auch bezeichnet wird, nur noch im oberen Altstadtzentrum um den Bahnhof mit Bollwerk und entlang der Neuengasse bis zur Kornhausbrücke sowie im Stadtbachquartier und vom östlichen Teil des Mattenhofs Richtung Monbijou bis Sulgenbach auf. Von den drei Aussenzentren Breitenrain, Kirchenfeld und Ostring-Sonnenhof, welche bei der Ersterhebung ebenfalls eine kritische Gesamtbelastung aufwiesen, zeigt sich heute die rote Zone nur noch im Kirchenfeld und dies in deutlich geringerer Ausdehnung. In dieser Zone zeigen sich nach wie vor die stärksten Grenzwertüberschreitungen von Stickstoffdioxid (NO_2).

Weite Gebiete der einst grossflächigen roten Zone verbesserten sich in den letzten 14 Jahren um bis zu einer Luftqualitätszone. In diesen zentrumsnahen Gebieten findet sich heute die orange Zone mit einer starken Gesamtbelastung. Diese orange Zone umschliesst den Stadtkern mit den angrenzenden Wohngebieten und dehnt sich entlang wichtiger Hauptverkehrsachsen, wie der Nordring-, Neubrück-, Kirchenfeld-, Thun-, Monbijou- und Seftigenstrasse aus. Der aktuelle Flächenanteil bleibt hoch. Zu den nach wie vor stark belasteten Quartieren gehören Länggasse, Breitenrain, die untere Altstadt und das Kirchenfeld sowie das Gebiet vom Muristalden bis Sonnenhof und Teile vom Mattenhof bis Weissenbühl. Gestützt auf die Passivsammlermessungen der Stadt ist auch in der orangen Zone noch mit Grenzwertüberschreitungen von NO_2 zu rechnen.

Die gelbe Zone mit mittlerer Gesamtbelastung umschliesst die kritisch bis stark belasteten Zentrumsgebiete. Mit einer mittleren Gesamtbelastung ausgewiesen sind heute die Quartiere Bümpliz Höhe, Holligen, Weissenstein, Marzili, Chalchegg bei Brunnadern, Schosshalde, Obstberg, Beundenfeld, Wankdorffeld, Wyler, Seftau, Felsenau, Rossfeld und Tiefenau. In der gelben Zone mit mittlerer Gesamtbelastung liegen die Jahresmittelwerte NO_2 meist im Grenzwertbereich, können jedoch in unmittelbarer Strassennähe durchaus auch darüber liegen.

Von den fünf Belastungszonen nimmt heute die grüne Zone mit geringer Gesamtbelastung die Hauptfläche des Untersuchungsgebietes ein. Die grössten zusammenhängenden Gebiete dieser Luftgütezone liegen im westlichen und nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes, in Bethlehem, Bümpliz, Weyermannshaus, im Brunnadern- und Elfenauquartier sowie im Galgenfeld, Burgfeld, Wankdorf und Wylergut. In der grünen Zone mit geringer Gesamtbelastung können die NO_2-Grenzwerte in der Regel eingehalten werden.

Stark vergrössert hat sich auch die blaue Zone mit sehr geringer Gesamtbelastung (Normalzone), in der heute durchschnittlich 11 und maximal sogar 17 verschiedene, auch schadstoffempfindliche Flechtenarten, festgestellt werden.

Diese Zunahme ist besonders auf den westlichen Teil des Untersuchungsgebietes zurückzuführen, wo sich die beste Luftgütezone von einem auf drei Teilgebiete ausgedehnt hat. In der blauen Zone mit sehr geringer Gesamtbelastung können die NO_2-Grenzwerte in der Regel gut eingehalten werden.

Trat früher diese blaue Gunstzone ausschliesslich am Stadtrand auf, wie im Gebiet Waldau, Saali, Elfenau, Gäbelbach und auf dem Gurten - findet sie sich heute bereits im Stapfenacker von Bümpliz. Ein doch ermutigendes Ergebnis ...

- **Verbesserte Luftqualität in der Stadt Bern dank wirksamer Luftreinhaltepolitik**

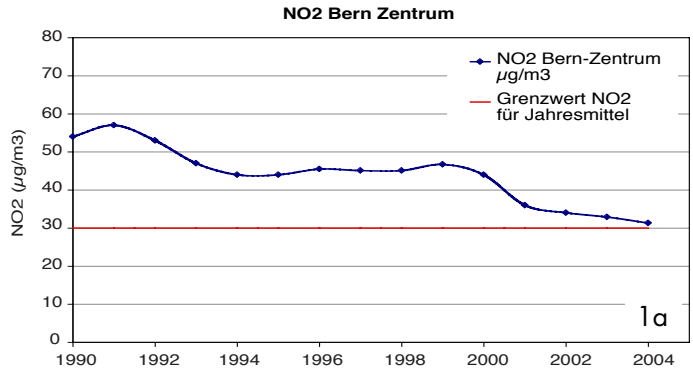
In der Stadt Bern fällt die Bilanz der ersten lufthygienischen Erfolgskontrolle von 2004 insgesamt positiv aus. Wie aus dem Direktvergleich der beiden Luftgütekarten sowie der Differenzkarte klar ersichtlich ist, zeigt sich in über 90% des Untersuchungsgebietes eine verbesserte Luftqualität. Die deutlichste Verbesserung zeigt sich besonders in den zentrumsnahen Gebieten.

Einige dieser Gebiete weisen sogar eine Verbesserung um eine ganze Luftqualitätsstufe auf, so etwa das Breitenrain- und das Länggassquartier. In den Aussengebieten dehnen sich zudem die gering bis sehr gering belasteten Zonen - grün und blau - in Richtung der Innenstadt aus, ebenfalls ein deutliches Zeichen dafür, dass die Luftqualität zugenommen hat. Im Vergleich zur starken Belastungsverminderung in den Zentrumsgebieten ist diese in den Aussengebieten allerdings weniger ausgeprägt.

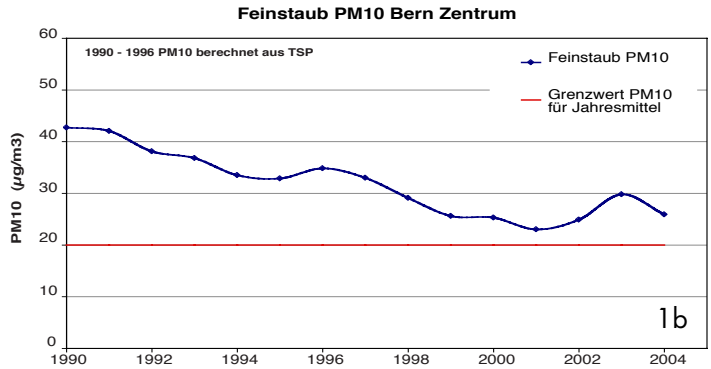
Damit werden die Resultate der technischen Luftimmissionsmessungen bestätigt. Grossflächig wird ein Rückgang der Belastungen an Stickoxiden (NO_2), lungengängigen Partikeln (PM10), Schwefeldioxid (SO_2) festgestellt (Abb. 1).

Abb. 1 Langzeitverhalten der Luftbelastung von 1990 bis 2004 ind der Stadt Bern.

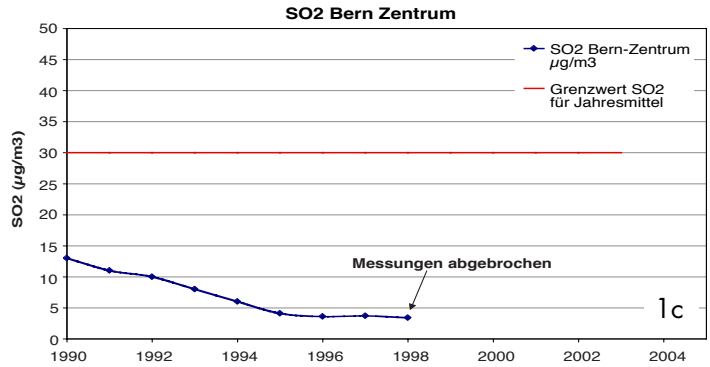
1a) *Die Belastung mit Stickstoffdioxid (NO_2) hat am Messstandort Bern Zentrum seit 1990 um 42% abgenommen.*



1b) *Die Belastung mit lungengängigen Partikeln (PM10 reduzierte sich im selben Zeitraum um 39%.*



1c) *Die Belastung mit Schwefeldioxid (SO_2) erreichte bereits 1996 sehr geringe Werte und die Messungen konnten eingestellt werden, weil sie heute dank wirksamen Luftreinhaltemassnahmen weit unter dem Grenzwert liegen.*



Darüber hinaus zeigten sich in der Differenzkarte der beiden Flechtenuntersuchungen eine Fläche von 9 % mit einer marginalen Verschlechterung des Zustandes, dies besonders in den Abwindfahnen der N1 bei Bethlehem und der N6 und Kirchenfeldstrasse. Aber auch bei den technischen Luftschadstoffmessungen werden teilweise steigende Werte beobachtet wie z.B. beim Eigerplatz und beim Bollwerk (Abb. 2).

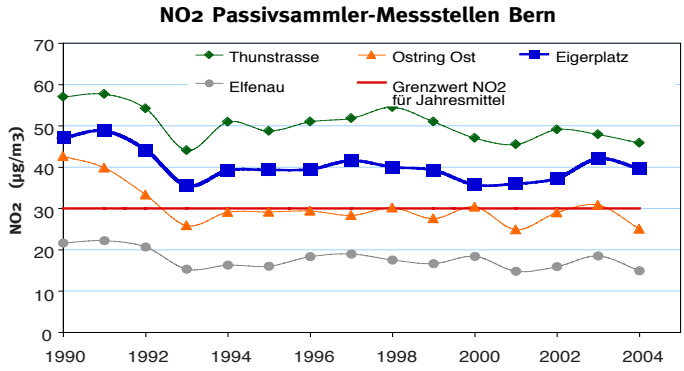


Abb. 2 *Langzeitverhalten der Luftbelastung mit Stickstoffdioxid (NO_2) von 1990 bis 2004. Am Standort Eigerplatz zeigt sich in den letzten Jahren ein steigender Trend der NO_2-Belastung.*

● Biomonitoring der Einzelstoffbelastung von Schwermetallen und PAKs in Flechten als Ergänzung

Im Rahmen der Erfolgskontrolluntersuchung von 2004 wurden in den Flechtenproben auch anorganische und organische Einzelschadstoffe wie Schwermetalle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, sogenannte PAKs, gemessen. Generell konnte in den letzten 14 Jahren dank der getroffenen Luftreinhaltemassnahmen die Belastung der Stadtluft durch gefährliche Schwermetalle wie Blei und Cadmium merkbar reduziert werden. Die Luftbelastung mit zahlreichen PAKs, welche z. T. eine kanzeroge und oder mutagene Wirkung auf den Menschen aufweisen, ist hingegen noch sehr verbesserungswürdig, zeigen sich doch unerwartet grosse standörtliche Unterschiede im Stadtgebiet. Hochfrequentierte Verkehrsstandorte mit häufigen Staulagen, wie etwa der Zubringer im Wankdorf-Schermenweg, weisen eine um bis zu einem Faktor 16 höhere Summenbelastung an mutagenen und kanzerogenen PAKs auf als etwa das Naherholungsgebiet Elfenau (Abb. 3).

Summenbelastung der mutagenen und kanzerogenen PAKs

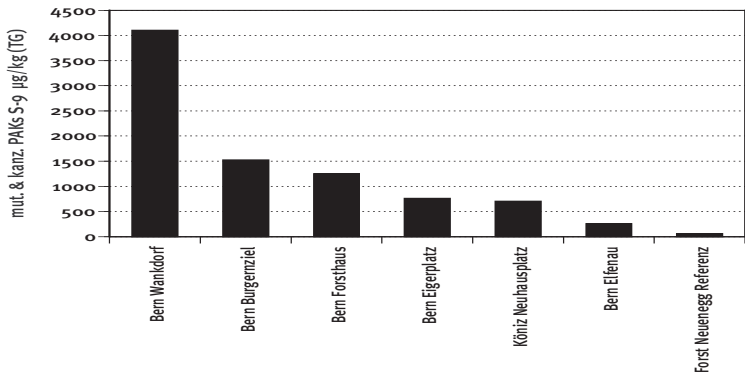


Abb. 3: *Summenbelastung von neun sowohl mutagenen wie auch kanzerogenen PAKs wie z.B. Benzo-(a)pyren an ausgewählten Verkehrsstandorten und Naherholungsgebieten der Stadt Bern und in Köniz. Am Messstandort Bern Wankdorf zeigt sich infolge der intensiven Verkehrsbelastung eine hohe Belastung dieser unerwünschten Luftschadstoffe. Weit bessere Verhältnisse zeigen sich im Naherholungsgebiet Elfenau abseits von Verkehrsemissionen.*

Allgemein ist bekannt, dass in städtischen Gebieten ein sehr grosser Anteil der PAKs auf den motorisierten Verkehr und ganz besonders auf Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter zurückgeführt werden kann. Weit bessere Emissionseigenschaften für diese gefährlichen partikelgebundenen PAKs weisen moderne gas- und benzinbetriebene Fahrzeuge mit Katalysatoren auf. Für weitere PAK-Einzelsubstanzen zeigten sich noch weit höhere Belastungsunterschiede von einem Faktor 40-90, für Indeno(1,2,3-cd)pyren sogar von einem Faktor 284. Diese Belastungsunterschiede zwischen sehr stark und gering belasteten Standorten übersteigen für PAKs diejenigen für Schwermetalle um ein Vielfachens und belegen die lufthygienische Bedeutung dieser unerwünschten Substanzen, welche mittels Partikelfiltern für Dieselmotoren deutlich reduziert werden könnten.

- **Handlungsbedarf bleibt bestehen ...**

Die weiträumige Verbesserung der Luftqualität in der Stadt Bern ist das sicht- und messbare Resultat eines ganzen Bündels von erfolgreichen Luftreinhaltemassnahmen von Bund, Kanton und Gemeinden. Dazu gehören beispielsweise die stufenweise Heizölentschwefelung, die Feuerungskontrolle und verbesserte Feuerungstechnik sowie die Substitution von Öl durch abgasärmere Gasfeuerungen. Aber auch die Einführung des bleifreien Benzins, der Katalysatortechnik und die Realisierung von Verkehrsberuhigungsmassnahmen haben einen entscheidenenden Beitrag geleistet. Die VOC-Abgabe auf Lösungsmittel und Anwendungsverbote von besonders umweltschädlichen Stoffen (z.B. Cadmium, Quecksilber), die Umstellung auf schadstoffarme Produktionsverfahren in Industrie und Gewerbe und nicht zu vergessen die für Bern wichtige KVA-Sanierung haben sich ebenfalls sehr positiv ausgewirkt.

All diese Massnahmen haben auch in der Stadt Bern zu einer markanten nachweisbaren Verringerung der Gesamtimmissionsbelastung und damit zu einer verbesserten Luftqualität geführt, wie aus den aktuellen Flechtenuntersuchungen ersichtlich ist. Bei allem Erreichten sollten die Erfolge dennoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass nur schon zur Bewahrung der momentanen Luftqualität und erst recht zur wünschbaren weiteren Verbesserung der Situation auch künftig ein deutlicher Handlungsbedarf besteht. Daher werden zusätzliche Anstrengungen in der Luftreinhaltung nötig sein wie dies der Massnahmenplan zur Luftreinhaltung des Kantons Bern bereits vorsieht.

Massnahmenplan zur Luftreinhaltung 2000/2015 des Kantons Bern

Der Massnahmenplan zur Luftreinhaltung 2000/2015 des Kantons Bern zeigt auf, welche Massnahmen zusätzlich zu den auf Bundesebene getroffenen Massnahmen im Kanton Bern notwendig sind, damit die Ziele von Luftreinhaltung und Klimaschutz bis ins Jahr 2015 erreicht werden können. Es zeichnet sich aber bereits heute ab, dass zusätzliche Massnahmen notwendig sein werden, um diese Ziele zu erreichen.

Mit einer weiterhin griffigen Luftreinhaltepolitik der Stadt Bern sollen die Zentrumsgebiete mit einer nach wie vor kritischen und starken Luftgesamtbelastung zum Wohle der Bevölkerung weiter entlastet und möglichst ganz zum Verschwinden gebracht werden.

Bei diesem anspruchsvollen Vorhaben kommt auch der städtischen und regionalen Verkehrspolitik eine zentrale Rolle zu. Mit dem jüngsten Kaufentscheid von neuen gasbetriebenen Gelenkbussen und der gleichzeitigen Ausmusterung von 70 stark belastenden Dieselbussen von Bern Mobil hat die Stadt Bern einen weiteren entscheidenden Schritt zur Reailsierung des ambitiösen Ziels vollbracht.

Zum Erreichen dieses Ziels «Saubere Luft für Alle» braucht es jedoch die Unterstützung von uns allen...

Glossar

NO_2 Stickstoffdioxid
Unter dem Begriff Stickoxide werden Stickstoffdioxid (NO_2) und Stickstoffmonoxid (NO) zusammengefasst. In der Luft wird NO rasch zu NO_2 umgewandelt, deshalb werden die Emissionen und Immissionen auf Stickstoffdioxid (NO_2) bezogen angegeben.

- Herkunft und Entstehung

- Beim Verbrennen von Brenn- und Treibstoffen, insbesondere bei hohen Verbrennungstemperaturen, bildet sich als Nebenprodukt NO (Stickstoffmonoxid). Dieses wird in der Luft rasch zu NO_2 oxidiert.

- Hauptquellen

- Strassenverkehr, Heizungen

PM10 Schwebestaub
Unter der Bezeichnung PM10 versteht man Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner gleich 10 Mikrometer. Es handelt sich dabei um die sogenannten lungengängigen Partikel, klein genug um in die feinen Lungenbläschen hineinzugelangen. Deshalb gilt ihnen eine erhöhte Aufmerksamkeit. Staub ist ein physikalisch-chemisch komplexes Gemisch. Es besteht sowohl aus primär emittierten wie auch aus sekundär gebildeten Komponenten natürlichen und anthropogenen Ursprungs (z.B. Russ, geologisches Material, Abriebspartikel, biologisches Material wie Blütenstaub) und ist in seiner Zusammensetzung sehr vielfältig (Schwermetalle, Sulfat, Nitrat, Ammonium, organischer Kohlenstoff, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Dioxine/Furane u.a.).

- Herkunft und Entstehung

- Bei industriellen und gewerblichen Produktionsprozessen
- Bei Verbrennungsprozessen
- mechanische Prozesse (Abrieb, Aufwirbelung)
- sekundäre Bildung (aus SO_2, NO_x, NH_3, VOC)

- Hauptquellen

- Verkehr und Feuerungen
- Industrie und Gewerbe
- Land- und Forstwirtschaft

PAK Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen bei unvollständiger Verbrennung. Sie werden auf Russpartikeln sitzend besonders von Dieselfahrzeugen ohne Partikelfilter emittiert. In der vorliegenden Biomonitoring-untersuchung wurden 27 verschiedene PAK-Spezies quantitativ analysiert. Aus diesen Einzeldaten werden vier verschiedenen Summenparamter zur ganzheitlichen PAK-Belastung berechnet: PAK-Summe 27 (alle incl. neue Dibenzo-PAKs), PAK-Summe 20 (alle ohne neue Dibenzo-PAKs), Summe 14 (alle mutagenen PAKs), Summe 12 (alle kanzerogene PAKs), Summe 9 (alle mutagene und kanzerogene PAKs). Die Luftreinhalte-Verordnung kennt bisher noch keine Limitierung für PAKs, währenddem die EU seit Anfang 2005 einen Richtwert (Immission) für Benzo(a)pyren von $1 ng/m^3$ hat.

1. Ausgangslage

Erste Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten wurden in der Stadt Bern in den Jahren 1989/90 durchgeführt und als Hauptergebnis eine Luftgütekarte für die Stadt Bern erstellt, welche fünf verschiedene Zonen der Luftgesamtbelastung auswies. Die damaligen Ergebnisse wurden mit einer Kurzfassung, zwei wissenschaftlichen Gesamtberichten (Bioindikation und Biomonitoring), einer Schülerbroschüre und mit einer Pressekonferenz breit kommuniziert und fanden auch in den Printmedien eine positive Aufnahme (AGB 2001, 2002, Dr Bärner Gschtank macht o d'Flächte chrank... 2002).

Gestützt auf die Motion Hofmann und den entsprechenden Stadtratsbeschluss vom 28.5.98 konnten diese Flechtenuntersuchungen in den Jahren 2003-2004 wiederholt werden, damit Veränderungen der Luftqualität in den vergangenen 14 Jahre räumlich differenziert festgestellt werden können (Lufthygienische Erfolgskontrolle, 14-jährige Trendanalyse).

Die Bioindikation und das Biomonitoring mit Flechten sind zwei sich bestens ergänzende biologische Messverfahren zur grossräumigen und differenzierten Bestimmung der Luftgesamtbelastung sowie der Einzelstoffbelastungen von anorganischen und organischen Luftschadstoffen. Beide Verfahren sind mit technischen Luftschadstoffen umfassend kalibriert und erlauben gesicherte Rückschlüsse auf die Luftbelastungen (Herzig 1989, '90, '93, Herzig & Urech 1991.

Mit Erfolg wurden beide Verfahren bereits in mehreren Schweizerstädten, ganzen Kantonsgebieten, bei emittentenbezogenen Studien oder sogar landesweit (POPs, Schwermetalle, Schwerverkehrsmonitoing MfM-U des BUWAL) eingesetzt (AGB 1991, 1992a,b,c, 1993, 1994, 1999, 2001, 2002, 2003, 2005, Herzig & Bieri 2002).

Meist wird die Untersuchung der Luftgesamtbelastung (Bioindikation) ergänzt mit Bestimmungen von Schwermetallen und weiteren Elementen und von organischen Luftschadstoffen wie PAKs, PCBs, Dioxinen und Furanen, sogennannte POPs.

Diese Spezialuntersuchungen von chemischen Inhaltsstoffen, auch als Passives Biomonitoring bezeichnet, werden mit der bei uns weit verbreiteten und relativ schadstoff-resistenten Blattflechtenart *Parmelia sulcata* ausgeführt.

2. Auftrag und Zielsetzungen

Als Hauptträger des vorliegenden Projektes erteilte das Amt für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle der Stadt Bern (AfUL) am 27. November 2003 der *Arbeitsgemeinschaft für Bioindikation (AGB)* den Auftrag, eine lufthygienische Erfolgskontrolle mit Hilfe der *«Kalibrierten Flechtenindikationsmethode (IAP 18)»* sowie des *«Passiven Biomonitoring» (ohne Auswertung und Berichterstattung)* durchzuführen. Die Vereinbarungen sind in der AGB-Projektofferte vom 25.11.2003 sowie im Projektvertrag bzw. Projekthandbuch vom 21.1.2004 festgehalten.

Dank Beteiligung weiterer Projektpartner, namentlich des beco - Berner Wirtschaft , des ewb - Energie Wasser Bern und der Gemeinde Bremgarten, gründet das Projekt auf einer breiten Trägerschaft. Zusätzlich haben sich die Gemeinde Köniz und für das Wangental die Recyclingfirma Karl Kaufmann AG dem Projekt angeschlossen, was ein abgerundetes Bild über die regionale Entwicklung ermöglicht. Diese erweiterten Untersuchungen werden im Herbst 2005 abgeschlossen.

- Die Durchführung einer Erfolgskontrolluntersuchung zur Luftreinhaltung zum Vergleich mit der stadtberner Ersterhebung von 1990 ermöglicht es, die Entwicklung der Luftbelastung in Zeitraum von 14 Jahren zu untersuchen und die Wirksamkeit der seither getroffenen Luftreinhaltemassnahmen abzuschätzen.

Da sich die **«Kalibrierte Flechtenindikationsmethode»** auf die quantitative Erfassung der **lufthygienischen Gesamtbelastung** beschränkt, kam bei der Erfolgskontrolluntersuchung in der Stadt Bern, analog zur Ersterhebung von 1990 auch das **«Passive Biomonitoring»** mit Flechten als Methode zur Charakterisierung der **Einzelstoffbelastung der Luft** mit folgenden Modifikationen zum Einsatz:

- Anfängliche Beschränkung auf Probennahme, Aufbereitung und Archivierung der Proben im Grundauftrag.
- Ausweitung vom anorganischen Biomonitoring der Ersterhebung zum erweiterten organischen Biomonitoring von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAKs).
- Ausführung der Schwermetallanalysen seitens des Stadtlabors (AfUL) und Realisierung der PAK-Analysen im Joint Venture mit dem AGB-Projekt «Monitoring flankierende Massnahmen Umwelt-MfM-U» des BUWAL.

Die Erfolgskontrolluntersuchung 2004 verfolgt im Wesentlichen die folgenden Teilziele:

- Erarbeitung eines aktuellen Bildes der Luftgesamtbelastung im Gemeindegebiet der Stadt Bern, gemessen mit der Verbreitung von Baumflechten (Kalibrierte Flechtenindikationsmethode mit dem Luft-Gesamtbelastungsindikator IAP18).
- Vergleich mit den Ergebnissen von 1989/90.
- Beschaffung, Aubereitung und Achivierung von repräsentative Flechtenproben der Biomonitoring-Leitart *Parmelia sulcata* (Rückstellmuster) für eine allfällige chemische Untersuchung.
- Räumlich genaue Darstellung der Ergebnisse in Form der aktualisierten Luftgütekarte von Bern und einer Differenzkarte, welche die Luftqualitätsveränderungen der letzten 14 Jahre, zusammen mit einem gut illustrierten Kurzbericht (für Presse, Stadtratsmitglieder u.a. Interessierte) und einem summarischen wissenschaftlichen Schlussbericht dargestellt, der sich am Referenzbericht der Bieler Erfolgskontrolle von 1998 orientiert.
- Die Ergebnisse werden so aufbereitet und dargestellt, dass diese auch für den kantonalen Erfolgskontrollenbericht des beco verwendet werden können.
- Die Öffentlichkeitsarbeit erfolgt in Form einer Poster-Ausstellung, einem Publikumsflyer und anderen Mitteln, z.B. Pressekonferenz, einem Vortrag vor interessiertem Publikum oder einer Führung im Untersuchungsgebiet der Stadt.

Mit einem Zusatzauftrag vom 19. August 2005 hat es das Amt für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle der Stadt Bern (AfUL) mit einer Anstossfinanzierung ermöglicht, dass die zwischenzeitlich bereits vorhandenen Schwermetall- und PAK-Daten detailliert ausgewertet und die wichtigsten Ergebnisse ebenfalls in diesen Schlussbericht integriert werden konnten.

Weitere Unterstützungsgesuche sind dem ewb - Energie Wasser Bern, dem beco - Berner Wirtschaft, BernMobil, der Karl Kaufmann Recycling AG sowie der Regionalen Verkehrskonferenz unterbreitet worden. Die definitiven Entscheide über eine Mitfinanzierung sind derzeit noch ausstehend. Diese Zusatzfinanzierung ist zur Deckung der umfangreichen Zusatzarbeiten jedoch unbedingt erforderlich.

3. Untersuchungsmethoden

3.1 Gesamtbelastung der Luft - Bioindikation mit Flechten

Flechten sind geeignet, als «*lebende Messgeräte*» die Wirkungen von Luftschadstoff-Gemischen auf Organismen aufzuzeigen. Flechten sind sehr sensible, aus Pilzen und Algen bestehende Symbioselebewesen, welche ihre Nährstoffe direkt aus der Atmosphäre (Luft, Regen, Nebel, Schnee) aufnehmen. Im Gegensatz zu höheren Pflanzen besitzen Flechten kein spezielles Abwehrsystem gegen giftige oder schädliche Stoffe. Daher nehmen sie Nähr- und Schadstoffe aus der Luft gleichermassen auf. Die aufgenommenen Schadstoffe hinterlassen bei den Flechten sowohl sichtbare wie auch messbare Schäden. Im allgemeinen sind Flechten etwa zehnmal empfindlicher als höhere Pflanzen und gelten daher zu Recht als «Frühwarnsystem der Luftverschmutzung».

Dies macht sich die Bioindikationsmethode zunutzen: Die Flechten zeigen die Gesamtwirkung der über längere Zeit vorhandenen Luftverschmutzung an. Flechtenuntersuchungen ergänzen somit die punktuellen technischen Messungen von Einzelschadstoffen in sinnvoller Weise. Seit Jahrzehnten schon werden daher baumbewohnende Flechten als Bioindikatoren, d.h. als Zeigerlebewesen der Luftverschmutzung eingesetzt.

Die **«Kalibrierte Flechtenindikationsmethode»** ist geeignet zur Untersuchung der Auswirkung der Luftverschmutzung auf Lebewesen. Als Zeigerorganismen werden baumbewohnende Flechten verwendet. Die Kalibrierte Flechtenindikationsmethode wurde Mitte der Achtzigerjahre von Mitarbeitern der *AGB* im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP14 «Lufthaushalt und Luftverschmutzung in der Schweiz» für die speziellen Verhältnisse im Schweizer Mittelland entwickelt.

Diese Bioindikationsmethode resultiert aus einer breiten Evaluation verschiedener Flechtenzustandsparameter und einer Eichung (Kalibration) dieser Parameter mit technischen Luftmessdaten anhand von drei unabhängigen, geländedifferenzierten Messnetzen: Region Biel-Seeland, NABEL und Mittelland (HERZIG et al. 1985, 1988, 1990, 1991).

- **Als Mass für die Gesamtbelastung der Luft dient der «Gesamtbelastungsindikator IAP18»** (**I**ndex of **A**tmospheric **P**urity).

Die Kalibrierte Flechtenindikationsmethode basiert auf dem Gesamtbelastungs-Index IAP18. Ausgangspunkt dazu bildete der IAP-Wert (**I**ndex of **A**tmospheric **P**urity), der 1970 in Kanada von LeBlanc und DeSloover entwickelt wurde.

Im NFP14-Projekt in der Achzigerjahren wurde erstmals eine breit angelegte Evaluation und Kalibration von 20 verschiedenen Berechnungsvarianten des IAP-Index, welche fünf unterschiedliche Zustandsparameter (Deckungsgrad, Frequenz, Vitalität, Schädigungsgrad, Toxitoleranz) der Flechtenvegetation in verschiedenen mathematischen Kombinationen enthielten durchgeführt. Die Luftgüte-Berechnungsversion Nr.18 zeigte in multivariaten Analysen verglichen mit acht verschiedenen Luftschadstoffen der Stadt Biel die grösste statistische Übereinstimmung mit technischen Immissionsdaten auf.

Dieser Gesamtbelastungsindikator IAP18 beinhaltet die Häufigkeit (Summe der Frequenzwerte) von 50 potentiellen Flechtenarten, welche mit dem standardisierten Aufnahmeverfahren der Kalibrierten Flechtenindikationsmethode im Stammbereich von ausgewählten Laubbaumarten erfasst werden und nach untenstehender Vorschrift zur Frequenzsumme aggregiert werden.

$$IAP18 = \sum_{i=1}^{n} F_i$$

F_i: Frequenzwert der i-ten Flechtenart am Baum (Wert von null bis zehn)
n: Anzahl der im IAP18 berücksichtigten Flechtenarten eines Baumes

Der IAP18 ist somit ein biologischer Luftgütewert, welcher sich aus den Daten der Flechtenerhebungen mittels Frequenzzählmethode berechnet. Die Flechten messen über ihre Wirkungsanzeige integrativ die Belastung aller flechtentoxischer Luftschadstoffe. Der IAP18 ist ein Mass der Gesamt-Immission, weshalb er auch als Gesamtbelatungsindikator IAP18 bezeichnet wird.

Für jeden untersuchten Trägerbaum wird der IAP18-Wert berechnet. Die Auswahl der zu untersuchenden, flächenrepräsentativen Bäume (Sommer- bzw. Winterlinde, Spitzahorn, Esche, Stiel- bzw. Traubeneiche und Berg-, bzw. Feldahorn), sowie die Bestimmung des Luftgütewertes IAP18, erfolgt nach standardisierten Kriterien, wie sie durch die Kalibrierte Flechtenindikationsmethode gegeben sind (HERZIG et al. 1985, 88, 90).

Trägerbaum an immissionsarmem, ländlichem Standort mit üppigem Flechtenbewuchs, bestehend aus 11 verschiedenen, auch immissionsempfindlichen, Flechtenarten; IAP18 = 55. Dieser Baum befindet sich bezüglich der Flechtenwirkung in der «*Übergangszone*»,was einer «*Geringen Gesamtbelastung*» der Luft entspricht.

Trägerbaum in der Innenstadt ohne jeglichen Flechtenbewuchs; IAP18 = 0. Das am Baum fixierte Frequenzgitter definiert die standardisierte Aufnahmefläche der Luftqualitätsmessung.
Dieser Baum befindet sich in der «*Flechtenwüste*», was einer «*Kritischen Gesamtbelastung*» der Luft entspricht.

Abb. 4 Trägerbäume mit Frequenzgitter zur Messung des Luftgütewertes IAP18.

Links *Baum in ländlichem Gebiet mit üppigem Flechtenbewuchs.*

Rechts *Baum im Stadtgebiet, ohne Flechtenbewuchs, wird als «Flechtenwüste» bezeichnet.*

Die Luftgütewerte des Gesamtbelastungsindikators IAP18 lassen sich wie folgt charakterisieren (Abb. 4):

Je geringer die Luftschadstoffbelastung an einem Standort ist, desto mehr verschiedene Flechtenarten treten auf und desto häufiger sind diese, d.h. desto höher ist deren Frequenzwert. Dies führt zu hohen IAP18-Werten, was einer hohen Luftqualität entspricht. Kahl dagegen sind die Baumstämme an Standorten sehr hoher Luftgesamtbelastung. Unter solchen Belastungsbedingungen vermögen empfindliche Flechtenarten nicht mehr zu überleben. Dies wiederum führt zu tiefen IAP18-Werten, was einer schlechten Luftqualität entspricht.

Die Kalibrierte Flechtenindikationsmethode unterscheidet in Form eines Wirkungskatasters fünf Zonen unterschiedlicher Flechtenschädigung. Gestützt auf die hohe multiple Korrelation mit technisch gemessenen Luftschadstoffen kann jeder Zone des Wirkungskatasters eine Zone der lufthygienischen Gesamtbelastung zugeordnet werden.

Wirkungs-Kataster		Gesamtimmissions-Kataster	Zonenfarbe
Flechtenwüste	→	**Kritische Gesamtbelastung**	**rot**
Innere Kampfzone	→	**Starke Gesamtbelastung**	**orange**
Äussere Kampfzone	→	**Mittlere Gesamtbelastung**	**gelb**
Übergangszone	→	**Geringe Gesamtbelastung**	**grün**
Normalzone	→	**Sehr geringe Gesamtbelastung**	**blau**

In der Beschreibung der Luftgütekarten werden die Namen der einzelnen Belastungszonen als stehende Begriffe verwendet. Die Namen der Flechtenzonen des Wirkunskatasters, welche nach heutigem Sprachverständnis etwas «militärisch» tönen wurden von Botanikern anfang des 19. Jahrhunderts definiert und beschreiben im Falle der Kampfzonen den Überlebenskampf dem die sensiblen Flechten in luftbelasteten Gebieten ausgesetzt sind.

Die Kalibrierte Flechtenindikationsmethode eignet sich besonders für die grossräumige Erfassung von lufthygienischen Problemgebieten, welche Massnahmenpläne erfordern. Weiter ermöglicht sie einen raschen und detaillierten Überblick über das Gesamtimmissionsmuster eines Grossraumes im Sinne eines «Frühwarnsystems», welches schon reagiert, bevor für höhere Pflanzen, Tiere und Menschen irreversible Schäden entstehen.

Nebst der Langzeitüberwachung eines Grossraumes eignet sich die Methode besonders auch für die Erfolgskontrolle nach der Durchführung emissionsmindernder Massnahmen: Wiederholungen der Flechtendatenerhebungen ermöglichen den direkten Vergleich mit der Ausgangssituation. Sowohl Verschlechterungen wie Verbesserungen der lufthygienischen Gesamtbelastung können so räumlich differenziert angegeben und dadurch die immissionsseitige Wirksamkeit der getroffenen Sanierungsmassnahmen abgeschätzt werden.

In den vergangenen 20 Jahren wurden in mehreren Kantonen und Städten der Schweiz Luftqualitätsuntersuchungen mit der Kalibrierten Flechtenindikationsmethode durchgeführt, so auch in den Kantonen Bern, Luzern, Aargau, Solothurn, Appenzell A.Rh., Zürich, Schwyz, Zug sowie im Fürstentum Liechtenstein. In mehreren Fällen konnten auch bereits lufthygienische Erfolgskontrolluntersuchungen durchgeführt werden. Diese Untersuchungsergebnisse lassen sich dank Methodenstandardisierung und Kalibration direkt miteinander vergleichen.

- **Flechtenindikationsmethode umfassend kalibriert mit technischen Immissionsdaten**

Die im NFP14 (1991), den Studien Liechtensteins (1992) und der POPs (BUWAL 2002) unabhängig durchgeführten mutlivariaten Kalibrationsverfahren (Varianz- und Regressionsanalysen) der Messparameter der Flechtenindikations- und der Biomonitoringmethode mit technischen Immissionsmessungen haben ergeben, dass der Feinstaub und die darin enthaltenen toxischen Inhaltsstoffe (Schwermetalle, organische Schadstoffe wie z.B. Polyaromate PAKs) zusammen mit Stickoxiden, Schwefeldioxid und Ozon in der Erklärung der Vanianzanteile der Regressionsmodelle die entscheidende Rolle spielen. Mit dem Gesamtbelastungsindikator IAP18 wird die Luftqualität als lufthygienische Gesamtbela-

stung (Gesamtimmission) quantitativ ermittelt. Diese Luftgesamtbelastung umfasst die phytotoxischen Luftschadstoffe SO_2, NO, NO_2, Ozon, Staub und Schwermetalle sowie organische Luftschadstoffe (z.B. PAKs, PCBs, Organochlorpestizide, Dioxine und Furane) in ihrer gesamtheitlichen Schadwirkung, wie sie für Pflanzen und auch für Menschen und Tiere wirksam sind (HERZIG et al. 1985, 87, 88, 90, 93, 02, AGB 1992c, AGB 1994, AGB 1999). Dank der im NFP14 durchgeführten multivariaten Methodenkalibration mit technischen Luftschadstoffmessungen (Messnetz Biel: R^2=0.98; 8 Schadstoffe: SO_2, NO_3, Cl, Staub, Pb, Cd, Zn, Cu; sowie Messnetz NABEL Mittelland: R^2=0.92, 4 Schadstoffe: NO, NO_2, SO_2 O_3,) können mit der Kalibrierten Flechtenindikationsmethode statistisch gesicherte quantitative Rückschlüsse auf die **Gesamtbelastung der Luft** (lufthygienische Gesamtbelastung) gezogen werden.

- **Zeitliche Repräsentanz der IAP18-Gesamtbelastungswerte**

  Univariate und multivariate Regressionsanalysen, welche im NFP14-Projekt mit den IAP18-Gesamtbelastungswerten und den mit technischen Messgeräten gewonnenen Immissionswerten von SO_2, NO, NO_2 NO_x, Ozon, CO, Schwebestaub und Staubniederschlag durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass mit Jahresmittelwerten und 3-Jahresmittelwerten die besten Übereinstimmungen bestehen. Generell geringer war die statistische Übereinstimmung des IAP18 mit den Kurzzeitwerten nach LRV von SO_2, NO, NO_2 und Ozon (HERZIG et al. 91, 93).

  Diese statistisch gesicherten Ergebnisse erlauben den Schluss, dass mit dem **Gesamtbelastungsindikator IAP18** die **längerfristig wirksame Luftgesamtbelastung** erfasst wird, wie sie auch mit technischen Messgeräten in Form von Jahresmittelwerten gemessen wird. Die zeitliche Repräsentanz des IAP 18 entspricht somit mindestens einer ganzjährigen Belastung.

- **Vergleich der Gesamtimmissionszonen mit den Grenzwerten der Luftreinhalte-Verordnung LRV**

  Der Zusammenhang zu den Immissionsgrenzwerten der Luftreinhalte-Verordnung (LRV 2000) des Bundes basiert auf einer 20-jährigen Vergleichserfahrung von über 40 erfassten technischen Messstandorten in allen Landesgegenden und zeigt sich wie folgt:

  In der Zone «Kritische Gesamtbelastung» mit der stärksten Beeinträchtigung der Flechtenvegetation (Flechtenwüste) muss nach bisherigen Vergleichserfahrungen angenommen werden, dass die Grenzwerte (Lang-

zeit- und Kurzzeitgrenzwerte) der Schweizer Luftreinhalte-Verordnung LRV für Stickstoffdioxid (NO_2) und bis Mitte der Achtzigerjahre auch für Schwefeldioxid (SO_2) mit grösster Wahrscheinlichkeit überschritten werden. Auch in der Zone mit «Starker Gesamtbelastung» sind Grenzwertüberschreitungen des Primärschadstoffes NO_2 noch zu erwarten.

Der Sekundärschadstoff Ozon kann in den Sommermonaten in allen fünf Gesamtbelastungszonen den Immissionsgrenzwert (Kurzzeitgrenzwert) der LRV überschreiten. Ozon zeigt als Sekundärschadstoff vielfach ein gegenläufiges Verhalten im Vergleich mit den Primärschadstoffen. In stadt- und agglomerationsnahen Gebieten mit einer geringen oder sehr geringen Gesamtbelastung finden sich Primärschadstoffe zumeist in niedrigen Konzentrationen, währenddem Sekundärschadstoffe oft in erhöhten Konzentrationen gemessen werden. Dies führt zu einer geringeren Gesamtbelastung als in Gebieten, in welchen sowohl viele verschiedene Primärschadstoffe als auch Sekundärschadstoffe zusammen auftreten: Die Ansammlung von Schadstoffen und deren kumulativen Effekte führen zu einer bedeutend höheren Gesamtbelastung, als wenn nur ein einzelner Schadstoff, z.B. Ozon übermässig auftritt.

- Bildhaft lassen sich die Unterschiede der Gesamtimmissionssituation zwischen stark belasteten städtischen, bzw. industriell geprägten Gebieten und gering belasteten ländlichen Gebieten gut anhand einer Balkenwaage veranschaulichen.

  Auf der Seite der städtisch, bzw. industriell geprägten Gebiete präsentiert sich eine Waagschale, welche mit zahlreichen gas- und partikelförmigen Primärschadstoffen in z.T. stark erhöhten Konzentrationen angefüllt ist. Aber auch Sekundärschadstoffe sind hier, zumindest zeitweise, in erhöhten Konzentrationen vorhanden.

  Auf der Seite der schwach belasteten ländlichen Gebiete zeigt sich eine Waagschale, welche vor allem geprägt ist durch ihre Anteile an Sekundärschadstoffen, besonders von Ozon, welches hier sogar in höherer Konzentration vorliegt, als in typischen Stadt-, bzw. Industrieregionen. Zwar sind auch hier Primärschadstoffe vertreten, aber in vergleichsweise deutlich geringeren Konzentrationen.

  Das Ergebnis dieser «Wägung der Gesamtimmissionsbelastung» mit dem System der Flechten fällt damit eindeutig zu Ungunsten der durch sehr viele und in erhöhter Konzentration vorliegenden Luftschadstoffen belasteten städtisch, bzw. industriell geprägten Gebiete aus.

  Da die Atmosphäre heute durch ein kompliziertes Gemisch verschiedener Einzelschadstoffe belastet ist, deren gesamtheitliche Auswirkungen auf Lebewesen beurteilt werden muss, ist es zweckmässig, für die Beurteilung wirkungsbezogene Systeme, wie es Flechten darstellen, mit einzusetzen.

3.2 Einzelstoffbelastung der Luft - Passives Biomonitoring mit Flechten

Seit Jahrzehnten sind Flechten bekannt als gute Speicherorganismen, sogenannte «Biomonitoren» für Schwermetalle und weitere anorganische und organische Luftschadstoffe. Zwischen den in Flechten gespeicherten Gehalten von Schwermetallen und der mit technischen Messeinrichtungen erfassten Schwermetallbelastung der Luft besteht ein sehr enger Zusammenhang. Das Passive Biomonitoring ermöglicht somit die umfassende stoffbezogene Charakterisierung von Messstandorten.

Mitte der Achtzigerjahre wurde diese Biomonitoringmethode in der Region Biel und an den NABEL-Stationen (Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe) im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes NFP 14 *«Lufthaushalt und Luftverschmutzung in der Schweiz»* entwickelt. Zusammen mit der *«kalibrierten Flechtenindikationsmethode»* stellt das *«Passive Biomonitoring»* ein *«Integriertes biologisches Messsystem der Luftverschmutzung»* dar, welches sowohl detaillierte Angaben zur lufthygienischen Gesamtbelastung wie auch einzelschadstoffbezogene Aussagen ermöglicht (HERZIG 1999, HERZIG & URECH 1991, AGB 1994). Basierend auf dem **«Passiven Biomonitoring mit Flechten»**, wurde diese Biomonitoringmethode in verschiedenen Anwendungsprojekten, so im Fürstentum Liechtenstein, den Städten Bern und Biel, im Kanton Appenzell A.Rh. und bei emittentenbezogenen Studien im Gebiet der KVA-Hagenholz in Zürich-Nord und der Regionalen Entsorgungsanlage Niedergösgen (RENI) seither soweit verbessert, dass überregionale Direktvergleiche zur Einzelstoffbelastung erfolgen können (AGB 1994, 97, 2000, 2002).

In den frühen Neunzigerjahren wurde die Biomonitoringmethode auf die gleichzeitige Analyse von organischen Schadstoffen aus der Stoffklasse der PAK und PCB erweitert, verbunden mit einer umfassenden Standardisierung der Methode und einer Kalibration für PAKs (HERZIG 1993, AGB 1993). Eine Ausweitung des «Organischen Biomonitorings mit Flechten» auf «Persistente organische Schadstoffe POPs» aus den Stoffklassen: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe PAKs, Polychlorierte Biphenyle PCBs, leichtflüchtige-chlorierte Kohlenwasserstoffe LCKWs, Chlorbenzole, Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine/Furane PCDD/PCDFs sowie Organochlorpestizide (DDT, Aldrin, Endrin u.a.) wurde an einem gesamtschweizerischen Messnetz mit gegen 100 Einzelsubstanzen (HERZIG & BIERI 2002) durchgeführt.

- **Methodenkalibration im Schweizer Mittelland**

Bei der Methodenentwicklung des Passiven Biomonitorings im NFP14 hat sich gezeigt, dass die Elementgehalte der meisten Elemente nicht nur gute Korrelationen zum Luftgüteindikator IAP18 aufweisen, sondern dass mehrere Elemente eine gute Übereinstimmung zu technisch gemes-

senen Immissionswerten aufweisen (HERZIG et al.,1989, 91, AGB 1994). Für die beiden Schwermetalle Blei und Kupfer waren die Regressionsbeziehungen so gut, dass von den in Flechten gemessenen Blei- und Kupferkonzentrationen (Akkumulation) auf die Depositionswerte dieser Schwermetalle, gemessen mit dem technischen Staubmessverfahren «Bergerhoff», geschlossen werden kann. Die Kalibration für das Schwermetall Blei gründet auf insgesamt 17 Messstandorten der Blei-Deposition (Bergerhoff) in der Stadt Biel und dem NABEL-Messnetz im Schweizer Mittelland. Die Regressionsbeziehung ist hochsignifikant und zeigt ein gutes Bestimmtheitsmass von $R^2 = 0.84$. Die Kalibration für das Schwermetall Kupfer stützt sich auf 14 Messstandorte der Stadt Biel mit einem Bestimmtheitsmass von $R^2 = 0.82$. Die Methodenkalibration für Blei und Kupfer erfolgte im NFP14 mit der Flechtenart *Hypogymnia physodes*.

Im Rahmen der Studie AWZ (AGB 1994) führten Methodenvergleiche zwischen den in *Parmelia sulcata* akkumulierten Belastungswerte von Blei, Cadmium, Zink und Kupfer und der Bergerhoff-Deposition zu sehr guten Ergebnissen. Eine weitere Studie im Fürstentum Liechtenstein (AGB 1992) ermöglichte den statistischen Vergleich zwischen den Gesamtstickstoff-Analysen in der Flechtenart *Parmelia sulcata* und der NO_2-Konzentration der Luft (Passivsammler). Das Regressionsmodell ist hochsignifikant und liefert ein gutes Bestimmtheitsmass von $R^2 = 0.78$.

Die zeitliche Repräsentanz der Multielementanalysen beträgt ebenfalls ein bis drei Jahre.

Aus einer emittentenbezogenen Biomonitoringstudie in Dänemark (PILEGAARD 1979), bei der zum Vergleich mit Elementdaten der Flechte *Hypogymnia physodes* und technisch gemessene Depositionsdaten der Schwermetalle (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn) zur Verfügung standen, sind vergleichbar gute Korrelationen mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0.83 und 0.97 bekannt.

Leider fehlen bisher in der Schweiz Messnetze mit technischen Depositions- und oder Konzentrationsmessungen, welche es erlauben würden, die Methodenkalibration des Biomonitorings auf weitere Einzelschadstoffe und neue Stoffklassen auszudehnen. Dennoch dürfen die bisher durchgeführten Kalibrationen dahingehend interpretiert werden, dass zwischen den in Flechten gemessenen Einzelstoffkonzentrationen, besonders von Schwermetallen und anderen lufthygienisch relevanten Elementen (S-total, N-total) sowie von PAKs und den mit technischen Methoden gemessenen Schadstoffkonzentrationen, bzw. Depositionen statistisch gut gesicherte Beziehungen bestehen.

4. Vorgehen und weitere Grundlagen

4.1 Gesamtbelastung der Luft - Bioindikation mit Flechten

Die in der Stadt Bern untersuchte Fläche ersteckt sich über insgesamt 30 km^2 und ist identisch mit dem Untersuchungsgebiet der Erstuntersuchung von 1990.

Die aktuelle Luftgütekarte der Stadt Bern basiert auf insgesamt 365 Gesamtbelastungserhebungen, welche im Herbst 2003 bis Sommer 2004 an repräsentativen Bäumen gemäss der «Kalibrierten Flechtenindikationsmethode» erhoben wurden.
Von den 365 kartierten Bäumen sind 236 identisch mit der Ersterhebung. Ersetzt wurden 129 Trägerbäume, weil die ursprünglichen Bäume in der Zwischenzeit gefällt wurden oder weil sie in selteneren Fällen den streng definierten methodischen Anforderungen zum heutigen Zeitpunkt nicht mehr genügten.

Anhand der IAP18-Luftgütewerte von 365 kartierten Untersuchungsbäumen wurde die Luftgütekarte (Wirkungs- und Gesamtimmissions-Kataster) in Form einer Isoliniendarstellung erstellt. Im Wirkungs- und Gesamtimmissions-Kataster werden Linien gleicher IAP18-Werte dargestellt. Diese Isolinien unterteilen die untersuchten Gebiete in fünf Zonen zunehmender Flechtenbeeinträchtigung, resp. Gesamtimmissionsbelastung.

Zur Konstruktion der Isolinien werden IAP18-Mittelwerte innerhalb von sogenannten «Georäumen» berechnet. Die Flechtendaten der Stadt Bern wurden zu 74 homogenen Georäumen zusammengefasst.

Ziel dieser Georaumbildung ist es, geographisch einheitliche Unterräume mit einer möglichst homogenen Immissionsbelastung zu erhalten. Für jeden Georaum wird der IAP18-Mittelwert aus einer Stichprobe von möglichst fünf gebietsrepräsentativen Trägerbäumen berechnet und im entsprechenden Georaumschwerpunkt in die Landeskarte übertragen.

Zwischen diesen Georaumschwerpunkten werden mit dem Verfahren der linearen Interpolation die Kreuzungspunkte der fünf Isolinien berechnet und auf die Luftgüte-Rohkarte übertragen. Punkte gleicher Klassengrenzen werden anschliessend zu Polygonzügen verbunden. Diese geraden Verbindungslinien werden darauf in einem mehrstufigen Optimierungsprozess in gebogene Isolinien umgewandelt (Isolinie = Zonengrenze: Verbindungslinien gleicher IAP-Werte).

Die Isolinien, welche die fünf Wirkungs- und Gesamtbelastungszonen trennen, sind theoretisch berechnete Grenzlinien. In Wirklichkeit verlaufen die Gradienten der Luftqualität kontinuierlich (allmählicher Übergang) und nicht sprunghaft, wie dies die Isolinien darstellen.

Aus methodischen Gründen sind die Isolinien im Randbereich des Untersuchungsperimeters punktiert eingetragen. Dies weist auf eine minimale Unsicherheit in der Linienführung hin.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass zwischen der tatsächlichen Schadstoffbelastung in der freien Natur und deren Erfassung mit verschiedenen Erhebungsmethoden (technische Einzelschadstoffmessungen, wirkungsbezogene Gesamtimmissionsmessungen mit Flechten, Ausbreitungsrechnung von Einzelschadstoffen) methodisch bedingte Unterschiede bestehen, welche zwangsläufig zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Im vorliegenden Bericht wird zuerst die **Luftgütekarte von 1990** dargestellt. Die nachfolgende **aktuelle Luftgütekarte von 2004** bezieht sich auf den vollständigen Perimeter der Erstuntersuchung.

Eine zusätzliche **«Differenzkarte»** verdeutlicht die Veränderung der Luftbelastung der vergangenen 14 Jahre in ihrer räumlichen Ausprägung. Der Perimeter entspricht demjenigen der Luftgütekarte 2004.

Die Luftgütekarten der erstmals untersuchten Gebiete in den Gemeinden Bremgarten, Köniz und im Wangental, welche in Zusatzuprojekten und zeitverschoben bearbeitet wurden, sind in diesem Gesamtbericht nicht enthalten. Diese Luftgütekarten finden sich in den entsprechenden Teilberichten, welche für die jeweilige Auftraggeberschaft erstellt wurden (AGB 2004, 2005).

4.2 Einzelstoffbelastung der Luft - Passives Biomonitoring mit Flechten

Währenddem im Grundauftrag zur Durchführung der ersten Berner Erfolskontrolluntersuchung zur Luftreinhaltung vom 27. November 2003 im Untersuchungsmodul Biomonitoring aus Kostengründen zuerst nur eine vorgezogene Probennahme vorgesehen war, konnte seither mit dem Zusatzauftrag vom 19. August 2005 des Amtes für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle der Stadt Bern (AfUL) und den Projektpartnern beco, ewb - Energie Wasser Bern sichergestellt werden, dass die bereits vorhandenen Schwermetall- und PAK-Daten detailliert ausgewertet und ebenfalls in den Schlussbericht integriert werden konnten.

Untersuchungsstandorte

Die Untersuchungsstandorte im Modul Biomonitoring richten sich weitgehend nach der Erstuntersuchng von 1990 und unterteilen sich in Standorte mit Schwermetalluntersuchungen (anorg. Biomonitoring), welche vor 14 Jahren bereits untersucht wurden und in sieben neue Verkehrsstandorte, welche im Jahr 2004 erstmals auf ihre Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwaserstoffe PAKs (organ. Biomonitoring) untersucht wurden. Die Untersuchungsstandorte beider Teiluntersuchung präsentieren sich wie folgt (Tab. 2):

Tab. 2 Standorte der Biomonitoringuntersuchung der Schwermetall- und PAK-Belastung in der Stadt Bern und in Köniz.

Untersuchungsgebiete mit Standortcharakteristik. Aus untersuchungstechnischen Gründen sind die Standortnummern 4 und 8 nicht belegt. Die zweite Zahl bezeichnet die Standortnummer der Erstuntersuchung von 1990.

Standortklassifikation gemäss Umweltschutz / Gesundheitstechnik 4/84:66.

DTV '03 bezeichnet den mittleren täglichen Verkehr von 2003.

Standort-Nr.	Standortbezeichung	Standortcharakteristik	
Anorganisches Biomonitoring - Schwermetalle			
1/27	Bern-Stadtlabor	Wohnquartier an Hauptverkehrsachse	
2/29	Bern-Marzili	Wohnquartier mit Grünzone nicht an Hauptachse	
3/30	Bern-Eigerplatz	Wohnquartier an Hauptverkehrsachse	
5/31	Bümpliz-Schwabgut	Wohnquartier nicht an Hauptachse	
6/32	Bümpliz-Bernstrasse	Wohnquartier an Hauptverkehrsachse	
7/33	Bern-Elfenau	Grünzone mit Stadtgärtnerei	
9/35	Bern-Sonnenhof	Wohnquartier an Hauptachse	
10/36	Bern-Schenkstrasse-KVA	Wohnquartier nicht an Hauptachse; Einflussbereich KVA	
11/37	Forst Neuenegg Referenzmessstandort	Waldlichtung im Forst; emittentenfern	
Organisches Biomonitoring an Verkehrsstandorten - PAKs			**DTV '03**
12	Bern-Wankdorf (BE)	A6; Regio-,Transitverkehr, > LKW-Anteil	32900
13	Bern-Forsthaus (BE)	A1,12; Regio-,Transitverkehr, > LKW-Anteil	14500
14	Bern-Eigerplatz (BE)	Innerstädtisch, Pendlerverkehr	13000
15	Bern-Burgernziel (BE)	Innerstädtisch, Pendlerverkehr	20680
17	Bern-Elfenau (BE)	Stadtrand, < Lokalverkehr	3980
16	Köniz-Neuhausplatz (BE)	Innerstädtisch Lokal-, Pendlerverkehr	15870
11	Forst Neuenegg Referenzmessstandort	kleine Waldlichtung in grossflächigem Waldgebiet; emittentenfern	ca. 150

Anorganisches Biomonitoring - Schwermetalle

Räumlich differenziertes Erfassen der gegenwärtigen Belastung (Istzustand) mit Einzelschadstoffen an neun Untersuchungsstandorten (davon sechs KLIMB-Immissions-Messtandorte der Stadt) in wichtigen Hauptsiedlungs-, Gewerbe- und Industriegebieten der Stadt sowie in geringer belasteten Aussengebieten und Vergleich mit der Belastung vor 14 Jahren.

Organisches Biomonitoring - PAKs

Zusatzuntersuchungen von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen PAKs an fünf Verkehrsstandorten in der Stadt Bern und in Köniz sowie an zwei Standorten mit Hintergrundbelastung. Diese Untersuchungen und Spurenanalysen erfolgten koordiniert mit dem BUWAL-Projekt Flankierende Massnahmen Umwelt MfM-U (Herzig, 2005). Diese neunen PAK-Standorte sind nicht identisch mit jenjenigen der Ersuntersuchung von 1990.

Probennahme

Bei allen Arbeitsschritten der Probennahme, Vorbereitung und Konditionierung, Mahlung sowie den Spurenanalysen wurden stark erhöhte Vorsichtsmassnahmen zur Vermeidung von Querkontaminationen getroffen. Die Probenahme erfolgte von Januar - März 2004 anhand repräsentativer Mischproben der Flechtenart *Parmelia sulcata*, bestehend aus mehreren Einzelthalli pro Trägerbaum an insgesamt sechs repräsentativen Bäumen pro Untersuchungsstandort. In der Stadt Bern und in Köniz wurden insgesamt neun besonders ausgewählte Standorte für Schwermetallanalysen sowie sieben weitere Standorte für PAK-Analysen, je inclusive den Referenzmessstanort mit Hintergrundbelastung Forst-Neuenegg, beprobt. Letzterer wurde im Rahmen der MfM-U Studie für des BUWAL beprobt und in die Berner Untersuchungen miteinbezogen. Dabei wurden für die Schwermetallanalyen 59 Proben und für die PAKs weitere 21 rezente Flechtenproben an den Untersuchungsstandorten entnommen. Dieses Gesamtkollektiv ermöglicht stofflich und räumlich differenzierte Aussagen zum Istzustand der Luftbelastung mit Schwermetallen und weiteren anorganischen Elementen sowie mit polycylischen aromatischen Kohlenwasserstoffen PAKs.

Probenaufbereitung

Vor dem Mahlvorgang wurden die Proben im Trockenschrank bei schonender Temperatur von 30^{0}C (Vermeidung von Verlusten volatiler Spezies, Schwermetalle und PAKs) während 24h bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der Mahlvorgang erfolgte mit einer Ultrazentrifugalmühle «Retsch ZM-1» mit Titanrotor und Titansieb 500 µm. Titanrotor und -sieb garantieren eine bezüglich Schwermetallen absolut kontaminationsfreie Mahlung. Um mögliche geringfügige Kontaminationen infolge Probenverschleppung zu vermeiden, wurden die Proben entsprechend

ihrem potentiellen Belastungsgrad abgearbeitet, begonnen mit den geringstbelasteten und endend mit den stärkstbelasteten Proben. Nach jeder Einzelprobe wurde die Mühle mit Pressluft sehr sorgfältig und zwischen den einzelnen Messstandorten zusätzlich mit Alkohol (60%) gereinigt. Die Schwermetalluntersuchungen erfolgten gemäss dem hochstandardisierten «*Passiven Biomonitoring*» (HERZIG 1991, 1992, 1993).

Da die chemische Spurenanalytik von Schwermetallen und PAKs zuerst nicht Bestandteil des vorliegenden Erfolgskontroll-Projektes in der Stadt Bern war, wurden die gemahlenen Proben bis zur weiteren Verwendung tiefgefroren archiviert.

Chemische Spurenanalytik - Schwermetallanalytik

Aus Kostenspargründen wurden die Spurenanalysen von Markus Kaufmann vom Stadtlabor ausgeführt. Die Analysen wurden als unabhängige, d.h. als «echte» Doppelbestimmungen ausgeführt. Die Druckaufschlussanalysen erfolgten mittels Mikrowellenaufschluss auf einem MLS 1200Plus mit einer Einwaage von 100 mg Probenmaterial und 1ml HNO_3 und 100 µl HF unter Verwendung von PFA-Gefässen (AGB-Methodik).

Die Schwermetallgehalte der höher konzentrierten Schwermetalle Cu, Cr, Fe, Mo, Ni, Pb, V wurden mit ICP-AES; Spectro Ciros CCD (Inductivly Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) analysiert. Die geringer konzentrierten Spurenmetalle Cd, Ni, Cr und Pb wurden zusätzlich auf dem höher auflösenden Graphitrohr HGA-Analyzer Perkin Elmer Analyst 300 analysiert.

Aufgrund von schwerwiegenden Matrixstörungen der Flechtenproben auf beiden ICP-AES- und GFA-Analyzern konnten Cr und Ni nicht quantitativ analysiert werden. Für Tl und weitere Spurenmetalle wie Mo, Sn, As, Sb, welche für die Bestimmung des Schwermetallbelastungsindex (Mass für ganzheitliche Schwermetallbelastung) verwendet werden, reichten die Messempfindlichkeiten der beiden Geräte nicht aus. Die analysierten Pflanzennährelemente Ca, K und Mg wurden nicht ausgewertet, da sie keine lufthygienische Relevanz aufweisen.

Die Multielementanalysen von insgesamt 27 Elementen (davon 17 Schwermetalle) der Erstuntersuchung von 1990 wurden von Dr. C. A. Barras vom Zentrallabor der Lonza AG in Visp auf einem hochauflösenden Plasma-Quad Quadropule-ICP-MS ausgeführt. Die mit ICP-MS erzielten Nachweisgrenzen waren für die Spurenmetalle um 1-3 Grössenordnungen besser als auf den Geräten des AfUL. Zusammen mit verschiedenen Referenz- und Archivmaterialien (BCR482, BCR 679, TP25) wurden insgesamt 98 Einzelproben quantitativ analysiert. Überständiges Probenmaterial wird zur Qualitätssicherung und für nachfolgende Erfolgskontrollen von der AGB tiefgefroren aufbewahrt (Probenbanking).

Organisches Biomonitoring (PAKs)

Das organische Monitoring umfasst sechs speziell ausgewählte Untersuchungsstandorte (fünf in der Stadt Bern sowie einer in Köniz) und Belastungskategorien welche zusätzlich zum anorganischen Monitoring beprobt wurden. Probennahme und -aufbereitung erfolgten analog des anorganischen Biomonitorings, wobei pro Standort nur je 3 repräsentative Flechtenproben für PAKs entnommen wurden (identisch zur POP-Studie: BUWAL Umwelt-Materialien Nr. 146, 2002 und zum MfM-U Schwerverkehrsmonitoring des BUWAL, Herzig 2005).

Probenvorbereitung, chemische Spurenanalytik und Qualitätssicherung

Die Durchführung der analytisch anspruchsvollen PAK-Analysen der Berner Proben erfolgten zusammen mit der MfM-U-Probenserie unter der Supervision von Dr. R. Herzig AGB im akkreditierten Spurenlabor der Holinger AG unter der fachlichen Leitung von Dr. I. Beranek, welcher bereits im POP-Auftrag die organischen Spurenananalysen von PAKs und weiteren POPs ausführte und auch die hochkomplizierte Extraktions- und Cleanup-Methode sowie GC-MS-Methodik zur quantitativen Analysen von PAHs in Flechtenproben mitentwickelt hat. Dabei wurde zuerst getestet, welche der sieben zusätzlich interessierenden neuartigen und toxikologisch besonders kritischen PAKs (WHO 2003) analysiert und eventuall sogar in die Routineanalysen miteinbezogen werden können.

Die provisorischen Analysenergbnissen der vollständigen Serie wurden der AGB im August 2004 zur Verfügung gestellt. Nach einigen Verifikationsanalysen konnten die definitiven Ergebnisse Ende Oktober 2004 von der AGB zur Auswertung übernommen werden.

Probenvorbereitung, Spezialextraktion und -cleanup

Im Gegensatz zu den anorganischen Totalaufschlüssen erfolgen organische Spurenanalysen durch Extraktion der Ausgangsproben mit spezifischen Lösungsmitteln, welche je nach Stoffklasse unterschiedlich sind. Dies führt methodenbedingt zu gewissen Verlusten bei den gemessenen Gehalten. Dementsprechend sind Extraktionsmethoden stets mit einem etwas grösseren Messfehler behaftet als Totalaufschlussmethoden. Die Analysenergebnisse von Extraktionsmethoden werden generell durch Bestimmung der Wiederfindungsraten (Recovery-Werte) verifiziert, d.h. durch Zugabe von geeigneten Tracern (deuterierte, bzw. nicht-deuterierte Standards), welche den Proben während der Extraktion zugegeben werden.

Die PAK-Spurenanalysen (incl. Probenextraktion & Cleanup) im Labor der Holinger AG, Aarau unter strikter Einhaltung von GLP-Vorschriften und unter der fachlichen Leitung von Dr. I. Beranek. Das Labor ist nach ISO 9001 zertifiziert nach ISO 17025 akkreditiert (STS 142).

Die Spurenanalysen aller Messparameter wurden entsprechend der geringen vor Ort verfügbaren Probenmenge als Einfachbestimmungen, basierend auf einheitlicher Homogenisation, Extraktion und anschliessendem Cleanup mittels GC-MS-Analyse ausgeführt.

Die Probenmenge wurde während 10-15h vorsichtig bei 40°C getrocknet und anschliessend mit einer Schlagmühle homogenisiert. Danach wurden 1.5 g Flechtenhomogenat in vorextrahierte Filterhülsen eingewogen. Die Extraktion erfolgte mittels eines Soxtec-Extraktors in Serien von 5 Proben mit je einer Blindprobe während 4h in Hexan/Toluol; 3.5h «heiss», 0.5h «kalt». Der Cleanup erfolgte sequenziell, zuerst über eine Silicagel-Kolonne, danach zur Nachreinigung über eine Silicagel-Sulfonsäure-Kolonne, durch Spühlung mit 3x1 ml Hexan/Toluol (1:1) und unter Zugabe von 5µl ISTD- (deut. PAK-Standard) auf die Kolonne. Der klare Extrakt wurde mittels N2/IR am Backerbound-Extraktor auf Endvolumen von 0.2 - 0.3 ml eingeengt und in Autosampler-Röhrchen überführt.

GC-MS-Analysen und Quantifizierung

Mittels GC-MS wurden die folgenden 16 Einzel-PAKs gemäss EPA 8100 analysiert: Napthalin, Acenaphtylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Indeno-(123-cd)pyren, Dibenzo(ah)anthracen, Benzo(ghi)perylen. Vier weitere PAKs, Benzo(e)pyren, Perylen, Anthanthren und Coronen, welche nicht in der EPA-Richtlinie enthalten sind, werden von uns schon seit 10 Jahren ebenfalls analysiert.

Im Rahmen der PAK-Analysen für das MfM-U und die Berner Erfolgskontrolle wurden erstmals und versuchsweise sieben weitere humantoxikologisch relevante Spezies analysiert. Es handelt sich dabei um die besonders kritischen Dibenzo-PAKs Dibenz(a,j)anthracen, Dibenz-(a,l)pyren, Dibenz(a,h)pyren, mit einer im Vergleich zur Leitsubstanz Benz(a)pyren bis zu 100fach erhöhten Toxizität sowie um 3.6-Dimethylphenanthren, Benzo(b)fluoren, Benzo(c)phenanthren und Benzo(b)-naphtho-(1,2-d)thiophen.

Die Analysen erfolgten mittels Ion Trap-GC/MS, bestehend aus GC Varian 3200und MS Varian 2000 und einer DB-5- Trennsäule (60m x 0.25mm, 0.25µm Film, 100kPAK$_2$) im SIM-Modus (selective ion monitoring).

Die Quantifizierung der Einzel-PAKs am GC-MS erfolgte aufgrund der in Tabelle 3 genannten Massen und unter berücksichtigung der PAK-spezifischen Rf-Werte nach Integration der betreffenden Peaks durch Vergleich ihrer Flächen mit den 20 deuterierten internen Standards (ISTD-Gemisch), welche den Flechtenextrakten vorgängig zugegeben wurden.

Die sieben Einzel-PAKs: Anthanthren, 3.6-Dimethylphenanthren, Benzo-(b)fluoren, Benzo(c)phenanthren, Benzo(b)naphtho-(1,2-d)thiophen, Dibenz(a,l)pyren und Dibenz(a,h)pyren, für welche keine deuterierten Standards existieren, wurden unter Einsatz von nicht-deuterierten internen Standards quantifiziert.

PAK- Nachweisgrenze	µg/kg [T.S.]	Standard	Name	Suplier	Ion Quantific.
Naphthalen	< 2	D8 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	128
Acenaphthylen	< 2	D8 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	152
Acenaphthen	< 2	D10 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	153 & 154
Fluoren	< 2	D10 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	165 & 166
Phenanthren	< 2	D10 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	178
Anthracen	< 2-5	D10 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	178
Fluoranthen	< 2	D10 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	202
Pyren	< 2-5	D10 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	202
Benz(a)anthracene	< 5	D12 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	226:229
Chrysen	< 5	D12 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	228
Benzo(b)fluoranthen	< 5	D12 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	252
Benzo(k)fluoranthen	< 5	D12 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	252
Benzo(e)pyren	< 5	D12 10ng/µl	single, deuterated	CDN-Isotopes	252
Benzo(a)pyren	< 5	D12 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	252
Perylen	< 5	D12 10ng/µl	single, deuterated	Dr. Ehrendorfer	252
Indeno(123-cd)pyren	< 5	D12 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	276 & 277
Dibenz(ah)anthracen	< 20	D10 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	278
Benzo(ghi)perylen	< 5-10	D14 10ng/µl	PAH-Mix 9 deuterated	Dr. Ehrendorfer	275 & 276 & 277
Anthanthren	< 5	10ng/µl	single, non-deuterated	Dr. Ehrendorfer	276
Coronen	< 10	D12 10ng/µl	single, deuterated	CDN-Isotopes	300
3.6-Dimethylphenanthren	< 5	10ng/µl	single, non-deuterated	Dr. Ehrendorfer	190
Benzo(b)fluoren	< 5	10ng/µl	single, non-deuterated	Dr. Ehrendorfer	215
Benzo(c)phenanthren	< 5	10ng/µl	single, non-deuterated	Dr. Ehrendorfer	228
Benzo(b)naphtho(1,2-d)thiophen	< 5	10ng/µl	single, non-deuterated	Dr. Ehrendorfer	234
Dibenz(a,j)anthracen	< 5	10ng/µl	single, deuterated	Dr. Ehrendorfer	278
Dibenz(a,l)pyren	< 10	10ng/µl	single, non-deuterated	Dr. Ehrendorfer	302
Dibenz(a,h)pyren	< 10	10ng/µl	single, non-deuterated	Dr. Ehrendorfer	302

Tab. 3 *Erreichbare Nachweisgrenzen für PAKs in Flechtenproben, unter Berücksichtigung einer Probeneinwaage von 1.5g (T.S).*

Verwendete deuterierte und nicht-deuterierte interne Standards, welche vor der Extraktion den Eluaten beigegeben wurden zur optimalen Quantifizierung der Konzentrationen der Einzel-PAKs in den Flechtenproben.

Die dabei erzielten Nachweisgrenzen für die einzelnen PAKs sind in Tab. 3 zu finden. Diese gelten unter der Berücksichtigung einer Probeneinwaage von 1.5 g Flechtenmaterial und bezogen auf die Trockenmasse (T.S).

Zur Vermeidung systematischer Fehler wurde in jeder Probenserie eine Blindprobe analysiert und nachträglich eine Blindwertkompensation der Daten durchgeführt.

Qualitätssicherungsmassnahmen für PAKs

Die Proben-Extraktion sowie der Clean-up erfolgten unter strenger Ausschaltung von verfahrenstechnischen Kontaminationsquellen (Vorextraktion Soxtec, incl. Papierhülsen unter Verwendung von vorher getesteten Extraktionsmitteln zur Rückstandsanalyse, Konditionierung aller Glaswaren; Spülen in Hexan und 15h ausheizen bei 250°C). Auch wurden die Proben entsprechend ihrer erwarteten Belastung gruppenweise abgearbeitet, um probenbedingte Verschleppungseffekte in der Extraktion möglichst gering zu halten.

Zur Qualitätssicherung erfolgten zusätzlich an ausgewählten Einzelproben unabhängige Doppelbestimmungen. Zum Zeitpunkt der Analysen standen zur Absicherung der PAK-Analysen die beiden Referenzmaterialien NIST-Standard CRM 1649, Urban dust; und IAEA 1400C, Seaweed *Fucus sp.*) zur Verfügung, welche je mit unabhängigen Doppelbestimmungen, basiernd auf vollständig getrennten Clean-up, analysiert wurden.

4.3 Quellen, Verwendung und Umweltverhalten der untersuchten Substanzen

4.3.1 Schwermetalle und andere umwelt- und humantoxische Elemente

Die Grundlagen bezüglich der Hauptemissionsquellen und dem allgemeine Umweltverhalten der analysierten Schwermetalle und weiterer toxischer Elemente wurden aus der einschlägigen Fachliteratur sowie eigenen Analysen und Spezialauswertungen in verschiedenen landesweiten Biomonitoringprojekten gewonnen. Soweit bekannt, wurden die relevanten Emissionsquellen aus den Bereichen der gewerblich/industriellen Tätigkeit, der Energienutzung, der Verkehrstechnik sowie der Intensivlandwirtschaft bezeichnet (Tab. 4).

Diese Angaben basieren auf einer Auswertung der wissenschaftlichen Fachliteratur, auf Rücksprachen mit Fachleuten und eigenen Erkenntnissen, welche aus dem Vergleich der in Flechtenproben gemessenen Elementgehalte mit den verschiedenen Nutzungsklassen am Probenahmestandort (Siedlungstyp, I-G-Nuzung, Verkehrsvolumen, Strassenabstand, Landwirtschaft) resultieren. Gleichzeitig wurden für die einzelnen Schadstoffe auch die Hauptaufnahmepfade der Schadstoffbelastung beim Menschen genannt und sofern bekannt, ergänzt mit Angaben zur Phyto- und Humantoxizität (Giftigkeit für Pflanze und Mensch).

Bei der Bewertung muss folgendem Umstand gebührend Rechnung getragen werden: Geringste Konzentrationen einiger Schwermetalle sind durchaus lebensnotwendig (essentiell), währenddem nur geringfügig höhere Konzentrationen bereits zu Vergiftungserscheinungen bei Pflanze, Tier und Mensch führen können.

Die Sichtung der Fachliteratur basiert insbesondere auf den folgenden Autoren, resp. Werken:
BACCINI, P. et al. 1992; BRUNNER, P. H., ZOBRIST, J., 1983; DIETL, C. et al., 1996 u. 97; FALBE, J., REGITZ, M., 1996-99; FÖRSTNER, 1991; HAPKE, H.-J., 1990; HERZIG & BIERI 2002; JÄCKLE, H., EMPA, Abteilung Betriebsstoffe, 1991; KÜNZLER & ANDREE, 1991; MATSCHULLAT, J., TOBSCHALL, H.J., VOIGT, H.-J. 1991; MERIAN, E., 1991; OZOLINS, G., 1989; RENNER, H., SCHMUCKLER, G., 1991; VON STEIGER, B., OBRIST, J., SCHÄRER, F., 1991; WEDEPOHL, K.H., 1991; ZEREINI, F., ALT, F., 1999; Verkehrsbezogene Immissionen und Immissionswirkungen von Antimon und anderen Metallen 1998, Bayer. Landesamt für Umweltschutz, Schriftenreihe 153.Die Schwermetallbelastung des Bodens in der Umgebung von Kehrichtverbrennungsanlagen im Kanton St. Gallen, 1991; Die Bodenbelastung in der Umgebung von Kehrichtverbrennungsanlagen des Kantons Zürich, 1992; Verkehrsbezogene Immissionen und Immissionswirkungen von Antimon und anderen Metallen, 1998; Wegleitung für die Probenahme und Analyse von Schadstoffen im Boden, 2002; Multi-Elementanalysen mit Passivem Biomonitoring im Fürstentum Liechtenstein, in Zürich-Nord (KVA-Hagenholz) dem Kanton Appenzell A.Rh., den Städten Bern, Biel und Thun (KVA) und der Regionalen Entsorgungsanlage RENI in Niedergösgen, MfM-U-Monitoring (AGB, 92, 93, 94, 99, 01, 02, 03, 05).

Luftschad-stoff	Sym-bol	Hauptemittenten (Quellen)	Haupt-Aufnahme-wege / Mensch	Wirkungsmechanismus Pflanze / Mensch
Anorganische Schadstoffe, Schwermetalle u.a. Elemente (Partikel)				
Antimon	Sb	Asbestersatz in Bremsbelägen, Schmiermitteladditiv, Metallverarbeitung, Glas-/ Keramikindustrie, Chemie, Kunststoffe, Elektronik, KVAs, Pflanzenschutzmittel	Sb-Sufid aus Bremsbelägen ; Luft bes. bei exponierten Arbeitern, Nahrungsmittel, Medikamente	stark humantoxisch; bes. Sb(III), Sb (V) und Organo-Sb; Leber, Blut, Reproduktion
Arsen	As	Erzabbau/Verhüttung, Glasindustrie, Pflanzenschutzmittel, Kohle- und Geothermische Kraftwerke	Luft bes. bei exponierten Arbeitern, Nahrungsmittel (Tabak, Wein)	mässig phytotoxisch, stark humantoxisch: z.T. Carzinogen: Lunge, Leber, Haut
Cer	Ce	Additiv von Diesel-Partikelfilter (Eolyt)	Luft	unklar
Blei	Pb	verbleites Benzin, Schmiermitteladditiv, Bremsbeläge, metallverarbeitende Industrie (Giessereien), Kohle, Kehrichtverbrennung (Batterien), Klärschlamm	Luft, Nahrungsmittel, Medikamente	sehr phytotoxisch, mässig humantoxisch, jedoch Akkumulation! Blutbild, Nervensystem, Krebsverdacht
Cadmium	Cd	Pneuabrieb, Kohle, Heizöl, Kehrichtverbrennung (Batterien), kunststoff- und metallverarbeitende Industrie (Galvanik), Elektronik, Phosphatdünger, Klärschlamm	Luft, Boden, Nahrungsmittel, Wasser	mässig phyto- und humantoxisch, jedoch Akkumulation Nieren-, Leberdegradation, Bluthochdruck
Chrom	Cr	metallverarbeitende Industrie (Galvanik, Giessereien), Kehrichtverbrennung, Kohle, Klärschlamm, Bremsbeläge, Schmiermitteladditiv	Luft bes. bei exponierten Arbeitern, Nahrungsmittel, Medikamente	sehr toxisch: Allergien, hohe Krebsgefährdung durch Cr (VI); Lungenkrebs
Cobalt	Co	metallverarbeitende Industrie, Kohle, Schmiermitteladditiv Klärschlamm	Luft bes. bei exponierten Arbeitern	essentiell (Bestandteil von Vitamin B12), Krebsverdacht: Lungen, Herz, Haut
Eisen	Fe	Bremsbeläge, metallverarbeitende Industrie (Stahlwerke, Giessereien), Korrosion (Rost), Kohle, Heizöl, Schmiermitteladditiv	Luft, Boden, Wasser, Nahrungsmittel	essentiell; Blutbildner, generell geringe Toxizität; Zellgift bei hoher Konzentration
Kupfer	Cu	Bremsbeläge, Stromleitungen, metallverarbeitende Industrie, Heizöl, Kohle, Schmiermitteladditiv, Kehrichtverbrennung, Klärschlamm, Pflanzenschutz (Weinbau), Schweinegülle	Luft, Boden, Wasser, Nahrungsmittel (Wein)	sehr phytotoxisch; Zellgift mässig humantoxisch
Mangan	Mn	metallverarbeitende Industrie, Kohle, Kehrichtverbrennung	Luft, Nahrungsmittel, Wasser	in Spuren essentiell, gering phyto- und humantoxisch
Molybdän	Mo	Heizöl, Kohle, Schmiermitteladditiv, Bremsbeläge	Luft bes. bei Berufsarbeitern, Nahrungsmittel	in Spuren essentiell; Phyto- und Humantoxizität unklar!
Nickel	Ni	metallverarbeitende Industrie (Giessereien, Galvanik), Bremsbeläge, Kohle, Heizöl, KVA, Klärschlamm	Luft bes. bei exponierten Arbeitern, Nahrungsmittel, Edelstahlpfannen	mässig phytotoxisch, stark humantoxisch: Allergien, Asthma, Krebsverdacht: Lungen
Platin	Pt	Katalysatoren 1. Gen. & Dieselkats, Kernkraftanlagen: leichte Pt-Nuklide	Luft	Allergien, Krebsverdacht
Palladium	Pd	Katalysatoren der 2. Generation für Benzin PWs	Luft	Allergien, Krebsverdacht
Quecksilber	Hg	Elektrolyse, Kehrichtverbrennung (Batterien), Krematorien (Amalgam), Heizöl, Pflanzenschutzmittel	Luft, Nahrungsmittel (bes. Meertiere)	sehr stark phyto- und humantoxisch; besonders Methylenquecksilber
Thallium	Tl	Zementindustrie, Ziegeleien, KVA	Luft, Wasser, Nahrung	sehr phyto- & humantoxisch
Vanadium	V	metallverarbeitende Industrie, Raffinerien, Kehrichtverbrennung, Heizöl, Kohle	Luft bes. bei exponierten Arbeitern	in Spuren essentiell, mässig phyto- und human-toxisch
Zink	Zn	metallverarbeitende Industrie (Zinkereien) Kohle, Heizöl, Kehrichtverbrennung (Batterien), Schmiermitteladditiv, Bremsbeläge, Klärschlamm	Luft, Wasser, Nahrungsmittel	in Spuren essentiell, mässig phytotoxisch, gering humantoxisch
Zinn	Sn	metallverarbeitende- und Farbindustrie, Kohle, Kehrichtverbrennung, Scavanchers im Benzin, Schmiermittel-Additiv, Bremsbeläge, Pflanzenschutz	Luft, Nahrungsmittel, (u.a. Weissblechdosen)	gering phyto- und humantoxisch; Organozinnverbindungen jedoch sehr humantoxisch
Brom	Br	Scavancher im Benzin; mit Pb und Sn, Kunststoffe Feuerlöscher (Halone)	Luft	sehr phyto- und humantoxisch; starkes Atemgift

Tab. 4 Stoffeigenschaften von Schwermetallen u.a. toxischen Elementen.

analysiert im Rahmen der Erfolgskontrolle Bern 2004.

4.3.2 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAKs bestehen aus zwei- bis mehrfach kondensierten Benzolringstrukturen und entstehen generell als Nebenprodukte bei unvollständiger Verbrennung von organischen Materialien (> 700 °C), Treib- und Brennstoffen, in Kokkereien oder bei Pyrolyseprozessen und insbesondere von Dieselfahrzeugen ohne Partikelfilter. Sie sind in geringeren Konzentrationen jedoch auch Bestandteile natürlicher Emissionen von Pflanzen und Bakterien. Dementsprechend breit ist das Vorkommen von PAKs, welche sich besonders in Steinkohlenteer, Schieferöl, beim Asphaltieren (Bitumen), in Russ, Autoabgasen, Weichmacherölen von Autopneus und im Tabakrauch finden. Nur wenige Stoffe werden in reiner Form synthetisiert, der Grossteil der PAK-Rohstoffe wird aus dem Steinkohlenteer isoliert. Diese dienen zur Herstellung von Kunststoffen, Herbiziden, Pharmazeutikas, Farbstoffen, Sprengstoffen, Isolationsflüssigkeiten, Weichmachern, Gerbstoffen und Beizmitteln. Kokkereien, anodische Schmelzwerke und die Graphitherstellung gelten als Quellen sehr hoher PAK-Emissionen (PETRY et al., 1996). Weitere Angaben zu den Stoffeigenschaften, Quellen, Produktion und Verwendung von PAKs finden sich in Tabelle 5.
Lufthygienisch bedeutungsvoll ist die Tatsache, dass die Emission von PAKs grösstenteils an Russpartikel adsorbiert erfolgt und über den Feinstaub PM10 verbreitet wird. Sind die Russpartikel kleiner als 10µm oder noch kleiner und als Nanopartikel vorliegend, wie das bei Dieselabgasen teilweise der Fall ist, so werden diese mit PAK-beladenen Partikel bis in die tiefsten Lungenregionen eingeatmet und gefährden diese hochempfindlichen Gewebe in besonderem Masse. Generell sind die Luftkonzentrationen von PAKs im Winter deutlich höher als im Sommer.

- **In städtischen Gebieten und entlang von Hauptverkehrsachsen sind heutzutage Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter mit Abstand die grössen Emittenten von PAKs.**

Im süddeutschen Raum wurde anhand von Autobahnprofilen eine klare Distanzabhängigkeit von einzelnen PAKs aufgezeigt (NOBEL und MICHELFELDER, 1986). Von besonderer Bedeutung sind dabei Dieselfahrzeuge, welche bedeutende Frachten von PAKs (z.B. Phenanthren, Fluoranthen, Pyren, Benz(a)pyren) emittieren (WILLIAMS et al.,1986). Auch Kehrichtverbrennungsanlagen ohne weitergehende Rauchgasreinigung und Feuerungen sowie die illegale Abfallverbrennung zählen zu den relevanten PAK-Emittenten. Viele PAKs werden von Pflanzen sehr gut akkumuliert. Als geeignete Biomonitoren für PAKs haben sich Grünkohl und Flechten schon mehrfach bewährt. Untersuchungen in der Schweiz mittels Passivem Biomonitoring mit der Flechtenart *Parmelia sulcata* in verschiedenen Landesgegenden zeigen sehr deutliche Konzentrationsunterschiede und eine deutliche Abhängigkeit zur Siedlungsintensität und insbesondere zur Motorfahrzeugdichte für die meisten der 15 PAK-Einzelkomponenten und den PAK-Summenparameter (AGB 1991, 93, 2002, 05 und HERZIG 1993).

Tab. 5

Stoffeigenschaften der analysierten PAKs.

In Flechtenproben quantitativ analysierte PAKs; erweiterte EPA-Liste. Analysiert im Rahmen der Erfolgskontrolle Bern 2004.

Für die sieben erstmals analysierten PAKs bestehen noch kaum Grundlagen zur Toxikologie und dem Umweltverhalten.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)	Chemische Formel	US-EPA-Liste	Chemische Eigenschaften	Verwendung und Quellen
Naphthalen	$C_{10}H_8$	x	Bis zu 5-6% in Steinkohleteer enthalten. Feststoff von penetrantem Geruch. Hohe Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit; hochgradig lipoidlöslich, geringe Bio- und Geoakkumulation.	Grosstechn. Ausgangsprodukt für Farb-, Gerbstoffe-, Pthalate, Pflanzenschutz-, Kautschukchemie, Weichmacher, Lösungs-, Beizmitteln, Fussbodenreinigern, Terpentin-Ersatz sowie als Abgase von Motorfahrzeugen. Kokkereien, anod. Schmelzwerke.
Acenaphthylen	$C_{12}H_{10}$	x	Hohe Flüchtigkeit/Wasserlöslichkeit; geringe Bio- und Geoakkumulation.	Emission von Kokkereien, anod. Schmelzwerke. Abgase von Dieselfahrzeugen.
Acenaphthen	$C_{12}H_8$	x	Relativ hohe Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit; geringe Bio- und Geoakkumulation.	Zwischenprodukt bei Farb- und Plastikherstellung sowie als Fungizid verwendet. Emission von Kokkereien, anodische Schmelzwerke; Motorfahrzeuge.
Fluoren	$C_{13}H_{10}$	x	Rel. hohe Flüchtigkeit/Wasserlöslichkeit; geringe Bio-/Geoakkumulation.	Emission von Kokkereien, anod. Schmelzwerke. Abgase von Motorfahrzeugen.
Phenanthren	$C_{14}H_{10}$	x	Isomer mit Anthracen, aus Anthracenöl des Steinkohleteers isoliert. Rel. hohe Flüchtigkeit/Wasserlöslichkeit; geringe Bio- und Geoakkumulation.	Als Ausgangsstoff zur Herstellung von Kunststoffen, Herbiziden, Pharmaka, Farbstoffen und Sprengstoffen. Keine Verwendung im techn. Massstab. Abgase von Motorfahrzeugen, Kokkereien, anodische Schmelzwerke.
Anthracen	$C_{14}H_{10}$	x	Isomer mit Phenanthren, wird aus Anthracenöl des Steinkohleteers isoliert. Rel. geringe Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit; rel. hohe Bio- und Geoakkumulationstendenz.	Hilfsmittel für Beizfärbereien, Herstellung von sauren Farb- , Beizstoffen und Dispersionsfarben, neuerdings Zusatzstoff bei Holzaufschlüssen zur Steigerung der Celluloseausbeute. Emission von Kokkereien, anod. Schmelzwerke, Motorfahrzeuge.
Fluoranthen	$C_{16}H_{10}$	x	Ubiquitär. Relativ geringe Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit; relativ hohe Bio- und Geoakkumulationstendenz.	Technisch-chem. Zwischenprodukt bei der Herstellung von Farbstoffen und Pharmazeutika. Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Kokkereien, anod. Schmelzwerke.
Pyren	$C_{16}H_{10}$	x	Im Erdöl bis zu 2-11mg/kg enthalten. Synthese durch Ankondensieren eines Benzolrings an Phenanthren. Rel. geringe Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit; rel. hohe Bio- und Geoakkumulationstendenz.	Technisch-chem. Zwischenprodukt bei Herstellung von Farbstoffen und Bestandteil von Isolatorflüssigkeit in Transformatoren. In Teer, Anstrichmitteln, Zigarettenrauch enthalten. Freisetzung durch Autoabgase (30-120µg/l Kraftstoff), von Heizanlagen, Kokkereien, anod. Schmelzwerke.
Benz(a)anthracen	$C_{18}H_{12}$	x	Aus Steinkohleteer gewonnen. Geringe Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit, hohe Bio- /Geoakkumulation.	Pyrolyse organischer Materialien. Keine kommerzielle Verwendung. Emission von Kokkereien, anod. Schmelzwerken, Motorfahrzeugen, Tabakrauch.
Chrysen	$C_{18}H_{12}$	x	Aus Steinkohleteer gewonnen. Geringe Flüchtigkeit & Wasserlöslichkeit, hohe Bio- u. Geoakkumulation.	In geringen Mengen für UV-Filter, Sensibilatoren, Farbstoffe verwendet. Emission von Kokkereien, anod. Schmelzwerken, Motorfahrzeugen.
Benzo(b)fluoranthen	$C_{20}H_{12}$	x	Geringe Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit, hohe Bio- u. Geoakkumulationstendenz.	Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Keine Verwendung im techn. Massstab. Kokkereien, anod. Schmelzwerke.
Benzo(k)fluoranthen	$C_{20}H_{12}$	x	Ubiquitär. Sehr geringe Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit, sehr hohe Bio- und Geoakkumulationstendenz.	Keine Verwendung im techn. Massstab. Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Kokkereien, anod. Schmelzwerken.
Benzo(e)pyren	$C_{20}H_{12}$	x	Geringe Flüchtigkeit/Wasserlöslichkeit, hohe Bio-/Geoakkumulation.	Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren.
Benzo(a)pyren	$C_{20}H_{12}$	x	Bis zu 1.5% in Steinkohleteer enthalten. Geringe Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit, hohe Bio- und Geoakkumulationstendenz; Teratogen.	Ubiquitär. Keine Verwendung im techn. Massstab. Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen, Kokkereien, anod. Schmelzwerken.
Perylen	$C_{20}H_{12}$		Sehr geringe Flüchtigkeit/Wasserlöslichkeit, hohe Bio-/Geoakkumulation.	Im Steinkohleteer, Farbpigment-Produktion. Abgase von Verbrennungsmotoren und Feuerungsanlagen.
Indeno(123-cd)-pyren	$C_{22}H_{14}$	x	Sehr geringe Flüchtigkeit/Wasserlöslichkeit und hohe Lipidlöslichkeit; sehr hohe Bio- und Geoakkumulation.	Keine Verwendung im techn. Massstab. Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen, Kokkereien, anod. Schmelzwerken.
Dibenz(ah)anthracen	$C_{22}H_{12}$	x	Geringe Flüchtigkeit/Wasserlöslichkeit; hohe Bio- und Geoakkumulation.	Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren, Heizanlagen, Kokkereien, anod.Schmelzwerken.
Benzo(ghi)perylen	$C_{22}H_{14}$	x	Sehr geringe Flüchtigkeit/ Wasserlöslichkeit und hohe Lipidlöslichkeit; sehr hohe Bio-/Geoakkumulation.	Keine Verwendung im techn. Massstab. Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Kokkereien, anod. Schmelzwerken.
Anthanthren	$C_{22}H_{12}$		Geringe Flüchtigkeit/Wasserlöslichkeit; hohe Bio- /Geoakkumulation.	Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren.
Coronen	$C_{24}H_{12}$	x	Sehr geringe Flüchtigkeit/ Wasserlöslichkeit; hohe Bio-/Geoakkumulation.	Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und im Tabakrauch enthalten.

5. Gesamtbelastung der Luft in der Stadt Bern

5.1 Ausgangszustand - Luftgüte der Ersterhebung von 1990 *Kurzbeschrieb*

Die Luftgütekarte der Stadt Bern zeigt in der Ersterhebung von 1990 sehr deutliche Unterschiede in der Ausprägung der Flechtenvegetation, bzw. in der Luftqualität auf (Karte 1 und als Faltblatt im Anhang). Sie ist ein getreues Abbild der Schadwirkungen der gesamten Luftbelastung auf die immissionsempfindliche Flechtenvegetation. Dank der umfassenden Eichung der Flechtenvegetation mit technischen Luftmessdaten können gesicherte Rückschlüsse auf die Gesamtbelastung der Luft gezogen werden. Die Verteilung der fünf Wirkungs- und Gesamtimmissionszonen waren wie folgt:

Die «rote» Zone mit ***Kritischer Gesamtbelastung*** (*Flechtenwüste*) trat grossflächig in den zentrumsnahen Quartieren Länggasse, Brückfeld, Altenbergrain, Altstadt, Mattenhof mit Monbijou und Sulgenbach, Villette und Stadtbach. Die Zone lag auch in den drei Aussenzentren Breitenrain, Kirchenfeld und im Quartier Ostring-Sonnenhof mit hohen Verkehrs- und Siedlungsdichten vor. Die Fläche machte 14% des Untersuchungsgebietes aus.

Die orange Zone mit ***Starker Gesamtbelastung*** (*Innere Kampfzone*) umschloss ringförmig die Zone kritischer Gesamtbelastung mit einem Flächenanteil von 16%.

Die grösste Flächenausdehnung im Untersuchungsgebiet zeigte mit 35% die gelbe Zone mit ***Mittlerer Gesamtbelastung*** (*Äussere Kampfzone*). Diese Zone folgte auf die zentrumsnahen Gebiete und lag in den Aussenquartieren in nördlicher, östlicher, südlicher und westlicher Richtung des Untersuchungsgebietes.

Die grüne Zone mit ***Geringer Gesamtbelastung*** (*Übergangszone*) zeigte sich vor allem in zwei grösseren Gebieten im westlichen und südöstlichen Teil der Untersuchungsfläche in grösserer Distanz zu den Zentrumsgebieten. Sie nahm einen Flächenanteil von 28% ein.

Beschränkt auf vier kleinere Gebiete am Perimeterrand sowie auf den Gurten trat die blaue Zone mit ***Sehr geringer Gesamtbelastung*** (*Normalzone*) auf. Mit einer Fläche von 7.5% verzeichnete diese Zone die geringste Flächenausdehnung.

Karte 1 Erste Luftgütekarte der Stadt Bern - Ersterhebung von 1990 mit überlagerten Windrosen

Visualisiert den Zustand der Luftgesamtbelastung vor 14 Jahren.

siehe Seite 28 und als Faltblatt im Anhang, dort erscheint die Karte mit der überlagerten NO_2-Belastung von 1990.

Die Windrosen in Karte 1 charakterisieren die Durchlüftungssituation in der Region Bern. Erklärungen dazu in Kap. 5.3.

5.2 Ist-Zustand - aktuelle Luftgüte von 2004 *Kurzbeschrieb*

Die Luftgütekarte der aktuellen ersten Erfolgskontrolluntersuchung zeigt die fünf Belastungszonen des Wirkungs- und Gesamtimmissionskataster wie folgt (Karte 2 und als Faltblatt im Anhang):

Die rote Zone mit ***Kritischer Gesamtbelastung*** (*Flechtenwüste)* hat sich in den letzten 14 Jahren seit der Ersterhebung von 14% auf 5% im Zentrum der Stadt Bern markant verkleinert. Heute tritt sie nur noch im oberen Altstadtzentrum um den Bahnhof mit Bollwerk und entlang der Neuengasse bis zur Kornhausbrücke sowie im Stadtbachquartier und vom östlichen Teil des Mattenhofs Richtung Monbijou bis Sulgenbach auf. Von den drei Aussenzentren Breitenrain, Kirchenfeld und Ostring-Sonnenhof, welche bei der Ersterhebung ebenfalls eine kritische Gesamtbelastung aufwiesen, findet sich diese Zone heute nur noch im Kirchenfeld mit minimaler Ausdehnung.

Die orange Zone mit ***Starker Gesamtbelastung*** (*Innere Kampfzone)* umschliesst die zentrumsnahen Gebiete mit kritischer Gesamtbelastung und dehnt sich entlang der städtischen Hauptverkehrsachsen aus (Nordring, Neubrück-, Kirchenfeld-, Monbijou- und Seftigenstrasse). Im Stadtzentrum hat die orange Zone durch die Reduktion der roten Zone an Fläche zugelegt, im Südwesten und Nordosten hingegen wurde sie durch die vordringende gelbe Zone zurückgedrängt. Der aktuelle Flächenanteil bleibt mit 15% unverändert hoch. Zu den stark belasteten Quartieren gehören Länggasse, Breitenrain, die Altstadt und das Kirchenfeld, das Gebiet vom Muristalden bis Sonnenhof und Teile vom Mattenhof bis Weissenbühl.

Die gelbe Zone mit ***Mittlerer Gesamtbelastung*** (*Äussere Kampfzone)* umschliesst die kritisch bis stark belasteten Zentrumsgebiete. Der Flächenanteil der gelben Zone hat sich von einst 35 % auf aktuelle 30% reduziert. Mit einer mittleren Gesamtbelastung ausgewiesen sind heute die Quartiere Bümpliz Höhe, Holligen, Weissenstein, Marzili, Chalchegg bei Brunnadern, Schosshalde, Obstberg, Beundenfeld, Wankdorffeld, Wyler, Seftau, Felsenau, Rossfeld und Tiefenau.

Karte 2 Aktuelle Luftgütekarte der Stadt Bern von 2004

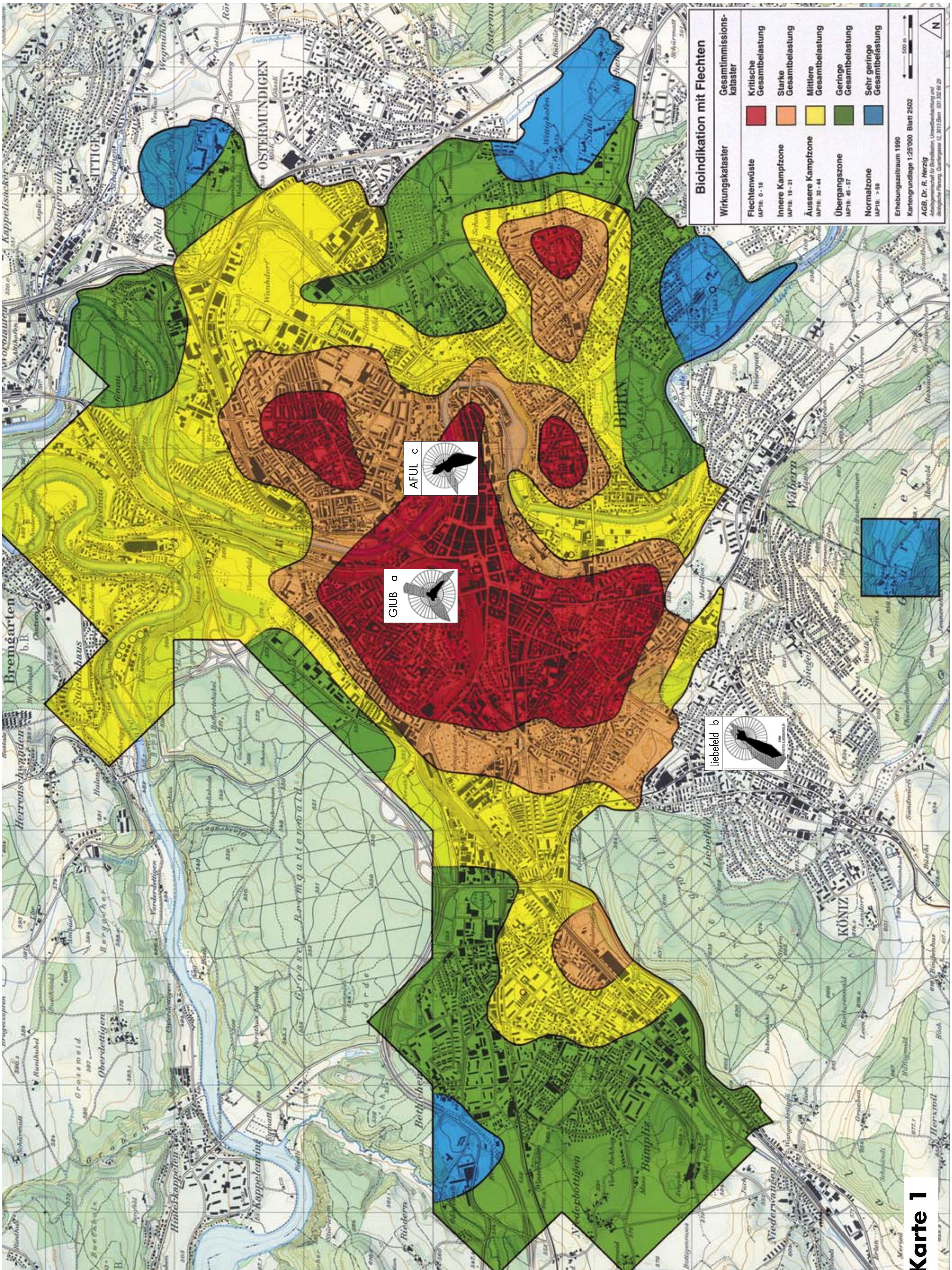
Visualisiert den Zustand der Luftgesamtbelastung von 2004.

siehe Seite 29 und als Faltblatt im Anhang, dort erscheint die Karte mit der überlagerten NO_2-Belastung von 2003.

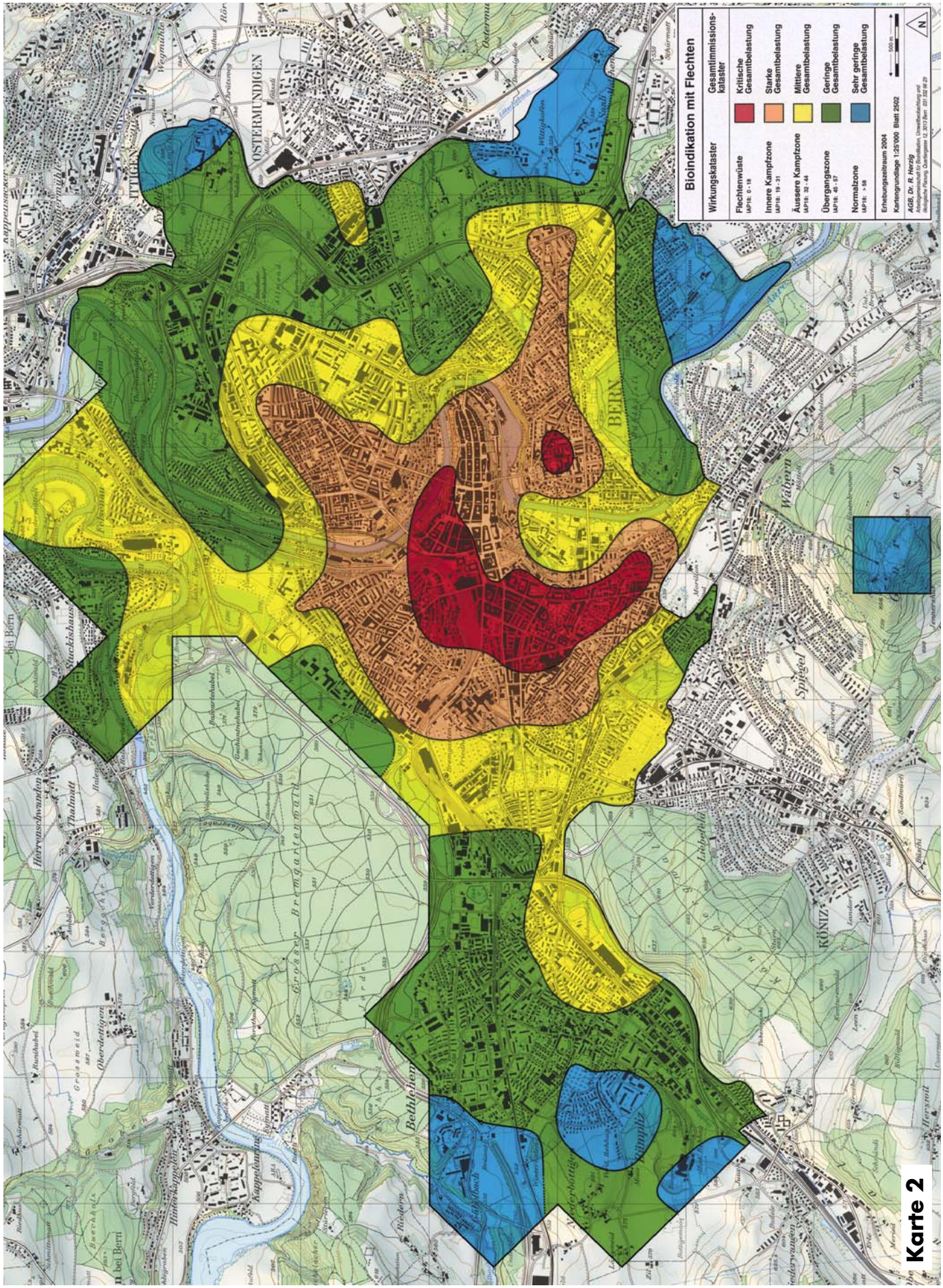
Die grüne Zone mit ***Geringer Gesamtbelastung*** (*Übergangszone)* macht heute mit 38%, gegenüber 28% der Ersterhebung, den grössten Anteil des Untersuchungsgebietes aus. Sie hat sich in Richtung der zentrumsnahen Quartiere ausgedehnt. Die grössten zusammenhängenden Gebiete liegen im westlichen und nordöstlichen Teil der Untersuchungsfläche, in Bethlehem, grösstenteils Bümpliz, Weyermannshaus sowie in Brunnadern gegen Elfenau, Galgenfeld, Burgfeld, Wankdorf und Wylergut.

Die blaue Zone mit ***Sehr geringer Gesamtbelastung*** (*Normalzone)* tritt wie bei der Ersterhebung am östlichen Perimeterrand in drei kleineren Gebieten sowie beim Höhenstandort Gurten auf. Im westlichen Teil der Untersuchungsfläche hingegen hat sich die blaue Zone von einem auf drei Teilgebiete ausgedehnt. Der Flächenanteil der blauen Zone hat sich heute insgesamt von 7.5% auf 12% erhöht.

Luftgütekarte der Stadt Bern - Erstuntersuchung von 1990



Erfolgskontrolle 2004 - Aktuelle Luftgütekarte der Stadt Bern 14 Jahre nach der Erstuntersuchung



Karte 2

5.3 Windverhältnisse im Raum Bern beeinflussen die Luftqualität

Wie schon im Erstbericht (AGB 1990) ausführlich dargelegt, beeinflussen auch die Windverhältnisse im Raum Bern massgeblich die räumliche Ausbreitung der Luftgütezonen. Das dominierende Windregime in der Stadt Bern ist stark geprägt durch die Topographie der ganzen Region. Da es nebst den eigentlichen Emissionsverhältnissen einer der prägendsten Faktoren für die Immissionsbelastung darstellt, wird an dieser Stelle kurz darauf hingewiesen.

Der Übergang vom Höheren zum Tieferen Mittelland wird im Raum Bern durch die hervorragenden Hügelzüge von Grauholz, Bantiger, Gurten und Ulmizberg gebildet. Es treten dabei Höhenunterschiede von etwa 300 Metern auf, welche sich als richtungsgebende Faktoren für die bodennahen Windströmungen erweisen. Ein Bild der Durchlüftung der Stadt und Region Bern bieten die Windrosen der drei Messstationen AfUL-Stadtlabor, Geographisches Institut GIUB und ANETZ-Liebefeld. Diese drei Windrosen aus den Jahren 1986 und 1988 sind in der Luftgütekarte von 1990 überlagert und lassen sich vie folgt interpretieren.

Windrose der GIUB-Station

Die beiden Hauptwindrichtungen im Schweizer Mittelland erscheinen in der Windrose von Bern (GIUB-Station) als Südwest- und Nordostkomponente. Die dritte Komponente der mittleren Windverteilung wird bestimmt durch die Achse des rund 3 km breiten Aaretals und die thermisch induzierten Regionalwinde. Das nächtliche Windfeld über den zentralen und östlichen Stadtteilen wird bestimmt durch den Kaltluftabfluss aus dem nahe gelegenen Voralpenraum und aus den Tälern des Berner Oberlands, nachfolgend als Aaretalwind bezeichnet. Diese Aaretalströmung tritt mit grosser Regelmässigkeit auf und hat für die Durchlüftung der Stadt Bern eine entscheidende Bedeutung. Der Aaretalwind kommt nur zum Erliegen, wenn sich die Hauptströmung im Mittelland auch nachts bis ins Bodenniveau durchsetzt oder wenn das gesamte Einzugsgebiet unter einer geschlossenen Wolkendecke liegt. Dies tritt regelmässig bei Bise und Hochnebelobergrenzen von mehr als 1000m.ü.M. ein. Falls schon tagsüber ausschliesslich geringe Windgeschwindigkeiten beobachtet wurden, ist damit zu rechnen, dass die schadstoffbelastete Luft der Agglomeration Bern im Becken von Bern hängen bleibt. Diese Situation tritt v.a. im Winterhalbjahr auf, wenn das Hochdruckgebiet sein Zentrum in den Alpenraum verlagert.

Windrose der ANETZ-Station Liebefeld

Die ANETZ-Station im Liebefeld ist durch den Gurten von der Strömung des Aaretals abgeschirmt. Daher verläuft die Windrose parallel zur Streichrichtung der Geländemulde von Köniz (Südwest-Nordost) und ist für das Innenstadtgebiet von Bern nicht repräsentativ, beeinflusst jedoch die Durchlüftungsverhältnisse im südlich gelegenen Teil der Stadt (Konvergenz mit Aaretalwindsystem).

Die Windrosen in Karte 1 charakterisieren die Durchlüftungssituation in der Region Bern.
Die schwarze Fläche bezeichnet die Häufigkeit von Schwachwinden mit Geschwindigkeiten von weniger als 2m/s, (unzureichende Duchlüftung), 'die äussere Kreisbegrenzung stellt eine Windhäufigkeit von 5% dar.

a) *GIUB-Station (Dach des Geographischen Instituts), 1986*

b) *ANETZ-Station (FAC-Liebefeld; Schweiz. Meteorolog. Anstalt, SMA), 1986*

c) *AfUL-Station (Fixstation) im Stadtlabor 1988.*

Daten nach KÜNZLE 1989, S. 13 und 1990 S. 20

Windrose der AfUL-Station

Im Bereich der Altstadt können vier verschiedene Windrichtungen festgestellt werden. Aus nördlicher Richtung werden in zwei verschiedenen Windsektoren grössere Windhäufigkeiten festgestellt. Südost- und Südwestwinde sind jedoch die hauptdominierenden Winde in diesem Stadtteil. Im Winter werden im Gegensatz zum Sommer vermehrt Südwestwinde registriert, im Sommer sind dagegen Nordwest- und Nordostwinde häufiger. Die schwachen Südostwinde ziehen sich aus dem Aaretal in einer bodennahen Strömung via Belpmoos über das Stadtgebiet hinweg und verzweigen sich Richtung Zollikofen und Wohlengraben. Die starken und turbulenten Westwinde blasen via Bümpliz und Bethlehem gegen Osten. Bisenlagen bewirken infolge der Kanalisierung des bodennahen Windfeldes eine Nordströmung via Zollikofen und Tiefenau. Die Nordwestwinde treten wie die SE-Winde als Talwinde, besonders an Nachmittagen mit starker Sonnenstrahlung auf. In überbauten Gebieten entstehen zudem infolge der Oberflächenrauhigkeit häufig Turbulenzen in den Windbewegungen. Die zur Durchlüftung wichtigen Winde werden umgelenkt und abgebremst, so dass die Luftschadstoffe häufig länger in diesen Gebieten liegen bleiben und sich so die Konzentrationen akkumulieren.

- **Windsysteme beeinflussen auch die Ausdehnung der Luftgütezonen**

Die beiden Hauptwindrichtungen im Schweizer Mittelland, die Südwest- und Nordostkomponente, zusammen mit zwei Nebenkomponenten aus dem Köniz- und dem Aaretal beeinflussen nebst thermisch induzierten Regionalwinden weitgehend die Durchlüftung in der Region Bern. Diese generellen Durchlüftungsachsen zeigen sich auch in beiden Luftgütekarten Berns von 1990 und 2004 in auffallender Weise. So dehnen sich die beiden am stärksten belasteten roten und orangen Luftgütezonen in west-östlicher Richtung aus, werden jedoch von den relativ auffrischenden Windmassen aus dem Wangen- und Köniztal, von Zollikofen und aus dem Aaretal her begrenzt.

Eine interessante Konvergenzerscheinung der Windsysteme aus dem Köniz- und Aaretal zeigt sich im Marzili und Sandrainquartier, wo sich dank auffrischenden Verwirbelungen eine gelbe Luftgütezone in einer sonst stärker belasteten Umgebung, ausbreitet. Von dieser auffrischenden Verwirbelung betroffen ist auch die inselförmige rote Zone mit kritischer Gesamtbelastung im Kirchenfeld, welche von der innerstädtischen Flechtenwüste abgetrennt wird.

Im Breitenrain- und im Ostringquartier zeigte die Luftgütekarte von 1990 zwei weitere inselförmige Zonen mit kritischer Gesamtbelastung, welche ebenfalls mit Konvergenzerscheinungen der Nordostwinde und der Aaretalwinde zu erklären waren. In der aktuellen Luftgütekarte von 2004 erscheinen allerdings diese beiden Flechtenwüsten nicht mehr, weil sich die Luftbelastung seither deutlich reduziert hat.

5.4 Interpretation der aktuellen Luftgütekarte 2004 nach Belastungszonen

Tabelle 6 zeigt die unterschiedliche Flächenausdehnung der fünf Belastungszonen im Untersuchungsgebiet. Die dominierende grüne Zone mit geringer Gesamtbelastung verzeichnet heute einen Flächenanteil von 38%, gefolgt von der gelben Zone mit mittlerer Gesamtbelastung (30%). Zusammen machen sie zwei Drittel der Untersuchungsfläche aus. 20% des Untersuchungsgebietes weisen eine kritische (5%) bis starke (15%) Gesamtbelastung auf. Die blaue Gunstzone mit sehr geringer Gesamtbelastung verzeichnet 12% der Untersuchungsfläche.

Tab. 6 Vergleich der Flächenanteile der Luftgütezonen in der Stadt Bern beider Luftgütekarten von 2004 und 1990.

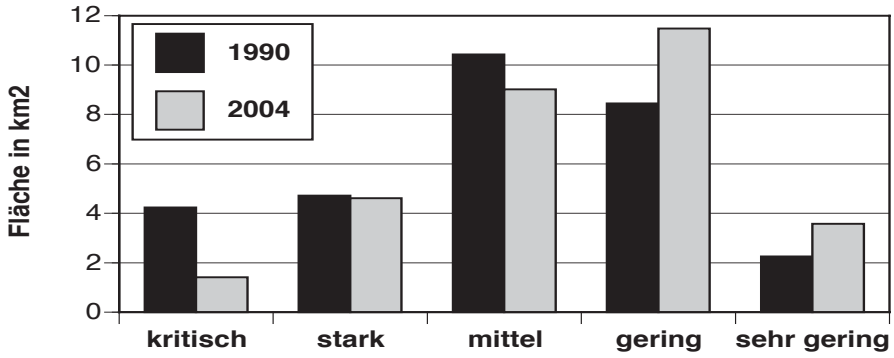
Luftgüte-Zonen		**Fläche [km²]**		**Fläche prozentual**		
Name	Farbe	1990	2004	1990	2004	Delta '04/90
kritisch	rot	4.2	1.4	14.1	5	- 67
stark	orange	4.7	4.6	15.7	15	- 2
mittel	gelb	10.4	9.0	34.7	30	- 14
gering	grün	8.4	11.5	28.1	38	+ 36
sehr gering	blau	2.3	3.6	7.5	12	+ 58
Total		30.1	30.1	100.0	100	

In der Stadt Bern hat sich die Ausdehnung der Belastungszonen seit der Ersterhebung von 1990 deutlich verändert (Abb. 5). Eine erfreuliche Abnahme von 67% weist die Zone mit kritischer Gesamtbelastung auf. Die verbleibende Fläche beträgt 1.4 km². Unverändert hoch zeigt sich die Ausdehnung der Zone mit starker Gesamtbelastung. Beide Zonen zusammen haben sich von einem Flächenanteil von einst 30% auf 20% verkleinert. Die Zone mittlerer Gesamtbelastung, welche noch in der Ersterhebung den grössten Flächenanteil ausmachte, weist heute eine um 14% reduzierte Fläche auf. Die grösste Fläche nimmt heute die Zone geringer Gesamtbelastung mit einer Zunahme von 36% ein. Mit 58% verzeichnet die Zone mit sehr geringer Gesamtbelastung die stärkste prozentuale Zunahme.

Abb. 5 Veränderung der Flächenanteile der Luftgütez7onen in der Stadt Bern Ersterhebung 1990 und Erfolgskontrolle 2004.

Luftgesamtbelastung

kritisch: Abnahme 67%
stark: Abnahme 2%
mittel: Abnahme 14%
gering: Zunahme 36%
sehr gering: Zunahme 58%



● *Immissionszone Kritische Gesamtbelastung*

Die rote Zone mit *Kritischer Gesamtbelastung* (*Flechtenwüste)* nimmt heute in der Stadt Bern 5% der Untersuchungsfläche ein und beträgt 1.4 km^2. Sie hat sich in den vergangenen 14 Jahren um 67% verkleinert.

Charakterisiert ist die rote Zone mit *Kritischer Gesamtbelastung* durch eine Flechtenwüste d.h. es kommen aufgrund der kritisch hohen Schadstoffbelastung keine oder nur ganz wenige und wenn überhaupt stark verkümmerte, immissions-unempfindliche Flechtenarten an den Untersuchungsbäumen vor. Dementsprechend erreicht die mittlere Begleitartenzahl einen tiefen Wert von 2.2 Arten, welche unter diesen extremen Standortbedingung überhaupt noch überleben können.

Aufgrund der bisherigen Vergleichserfahrung an über 40 Immissionsmessstandorten aus allen Landesteilen wird der Grenzwert für Stickstoffdioxid (NO_2) in dieser Zone mit Jahresmitteln zwischen 50-70 µg/m^3 meist massiv überschritten. Zusätzlich wirken weitere Luftschadstoffe, wie Schwefeldioxid, Staubniederschlag und Schwebestaub, darin enthaltene Schwermetalle aber auch Photooxidantien wie Ozon und eine Vielzahl von organischen Schadstoffen (PAKs, PCBs, Dioxine, Furane u.a.) schädigend auf die Flechten ein.

Die ehemalige rote Zone mit kritischer Gesamtbelastung hat sich in den letzten 14 Jahren seit der Ersterhebung von 14% auf 5% im Zentrum der Stadt Bern markant verkleinert. Von der ursprünglichen Ausdehnung im dichtbebauten Stadtgebiet von Bern ist ein sichelförmiger Bereich geblieben, welcher sich vom oberen Altstadtzentrum (Bahnhof mit Bollwerk und entlang der Neuengasse bis zur Kornhausbrücke sowie im Stadtbachquartier) und vom östlichen Teil des Mattenhofs Richtung Monbijou bis Sulgenbach ausdehnt. Von den drei Aussenzentren Breitenrain, Kirchenfeld und Ostring-Sonnenhof, welche noch bei der Ersterhebung eine kritische Gesamtbelastung aufwiesen, zeigt sich heute diese Zone nur noch im Kirchenfeld mit minimaler Ausdehnung.

Das Gebiet der Flechtenwüste in der Stadt Bern mit kritischer Gesamtbelastung ist sowohl extrem verkehrsbelastet, wie auch durch dichte Emissionen von Hausbrand und verschiedenen kleinen Industrie- und Gewerbebetrieben betroffen. Da gleichzeitig in diesen stark verdichteten Gebieten und in der Muldenlage des Mattenhofs die Durchlüftung z.T. stark eingeschränkt ist, werden die Schadstoffemissionen nur ungenügend verdünnt.

Im Messjahr 2003 überschreiten die NO_2-Jahresmittelwerte an den Messstandorten «Bahnhof» und «Eigerplatz» mit 42-43 µg/m^3 und mit 51 µg/m^3 beim «Bollwerk-Nabel» den Immissionsgrenzwert der LRV von 30 µg/m^3 deutlich und weisen auf die sehr starke Verkehrsbelastung hin.

● *Immissionszone Starke Gesamtbelastung*

Die orange Zone mit *Starker Gesamtbelastung* nimmt in der vorliegenden Luftgütekarte der Stadt Bern 4.6 km^2 ein, was 15% der gesamten Untersuchungsfläche ausmacht. Seit der Ersterhebung vor 14 Jahren hat sie sich um minimale 2% verkleinert.

In der orangen Zone mit *Starker Gesamtbelastung (Innere Kampfzone)* sind die wenigen unempfindlichen Flechtenarten, die in dieser Zone überhaupt überleben können immer noch sehr stark geschädigt und verkümmert, da die starke Luftbelastung keine voll ausgebildeten Wuchsformen zulässt. Die mittlere Begleitartenzahl erreicht in der orangen Immissionszone einen Wert von 5.4 Arten.

Insgesamt zeigt sich an den Baumstämmen ein eintöniges Bild mit wenigen schadstoff-unempfindlichen Arten. Weil die Flechten buchstäblich «um ihr Überleben kämpfen müssen», wird diese Belastungszone auch als *Innere Kampfzone* bezeichnet. Die Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid liegen aufgrund der Vergleichserfahrung in dieser Zone meist zwischen dem Langzeit-Grenzwert der LRV und einer mässigen Überschreitung im Bereich von 35 - 45 µg/m^3.

Die orange Zone mit starker Gesamtbelastung umschliesst das städtische Kerngebiet mit kritischer Gesamtbelastung und dehnt sich entlang der städtischen Hauptverkehrsachsen aus (Neubrückstrasse, Nordring, Stauffacherstrasse, Kirchenfeldstrasse/Thunstrasse/Muristrasse/Ostring, Monbijoustrasse/Seftigenstrasse, Schwarztorstrasse, Murtenstrasse). Sie konzentriert sich auf die zentrumsnahen Gebiete, wo bei der Ersterhebung in viel grösserer Ausdehnung eine kritische Gesamtbelastung vorlag. Im Südwesten (Holligen, Weissenstein) und Nordosten (Wyler, benachbartes Wankdorffeld, Beundenfeld) löste sie die Zone starker Gesamtbelastung durch die mittlere Gesamtbelastung ab. Stark belastet sind folgende Quartiere: Länggasse mit Brückfeld und Teile von Muesmatt und Stadtbach, Lorraine, Breitenrain mit Breitfeld und Spitalacker, mittlere und untere Altstadt mit Matte, Kirchenfeld, Muristalden, Ostring, Sonnenhof, Weissenbühl und Mattenhof.

Die zentrumsnahen Gebiete mit starker Gesamtbelastung weisen in der Stadt Bern erwartungsgemäss hohe Belastungswerte von NO_2 auf, welche immer noch deutlich über dem Grenzwert liegen. Die Jahresmittelwerte von 2003 liegen mehrheitlich zwischen 33 - 49 µg/m^3, was auf eine starke Verkehrsbelastung hinweist. Am strassenexponierten Messstandort «Thunstrasse» wurden 49 µg/m^3 gemessen. Eine deutlich niedrigere NO_2-Belastung von 31 µg/m^3 zeigt sich am Standort «Ostring Ost», wo die N6 vor 12 Jahren überdacht wurde. 1990 wurden dort noch 43 µg/m^3 gemessen, womit sich seit der Überdachung die NO_2-Belastung um 28% vermindert hat.

• *Immissionszone Mittlere Gesamtbelastung*

Mit 9 km^2 nimmt die gelbe Zone mit *Mittlerer Gesamtbelastung* 30% des ganzen Untersuchungsgebietes ein. Die Zone hat sich seit der Ersterhebung um 14% verkleinert.

Die gelbe Zone mit *Mittlerer Gesamtbelastung* (*Äussere Kampfzone)* ist durch eine mittelstarke Belastung mit Luftschadstoffen charakterisiert. Mehrere, auch empfindlichere Flechtenarten, können in dieser Belastungszone bereits überleben, weisen aber meist noch deutliche Krankheitsmerkmale auf, welche auf das Einwirken von Luftschadstoffen hinweisen. Daher wird diese Belastungszone schon seit über 100 Jahren auch als *Äussere Kampfzone* bezeichnet. Die mittlere Begleitartenzahl erreicht in der gelben Immissionszone bereits einen Wert von 7.2 Arten.

Gemäss der bisherigen Vergleichserfahrung aus dem Mittelland liegt der Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid in dieser Zone meist im Grenzwertbereich oder leicht darüber (in Strassennähe), währenddem diejenigen für Schwefeldioxid und andere Primärschadstoffe im Allgemeinen eingehalten werden. Die Luftbelastung an SO_2 hat dank wirksamer Luftreinhaltepolitik so geringe Belastungswerte erreicht, dass das Stadtlabor 1999 die aufwändigen Messungen einstellen konnte.

Die gelbe Zone mit mittlerer Gesamtbelastung umschliesst die kritisch bis stark belasteten Zentrumsgebiete. Der Flächenanteil der gelben Zone hat sich von einst 35% auf aktuelle 30% reduziert. In dieser Zone liegen die Quartiere Bümpliz Höhe, Holligen, Weissenstein, Marzili, Chalchegg bei Brunnadern, Schosshalde, Obstberg, Beundenfeld, Wankdorffeld, Wyler, Seftau, Felsenau, Rossfeld und Tiefenau.

Zwischen Siedlungsgebieten und Verkehrsachsen treten hier erstmals grosse städtische Freiflächen auf. An den strassennahen Messstandorten «Marzili Strasse», «Schlossstrasse» und «Bümpliz Bernstrasse» werden NO_2-Jahresmittelwerte gemessen, die zwischen 29-34 $\mu g/m^3$ (Passivsammler 2002), welche im Grenzwertbereich liegen. Der NO_2-Jahresmittelwert von 2003 an der «Standstrasse» beträgt 34 $\mu g/m^3$. Abseits von Hauptstrassen liegen die NO_2-Werte in der Regel unter dem Grenzwert wie im «Steigerhubel» 26 $\mu g/m^3$ und der «Felsenau» 24 $\mu g/m^3$.

Wie in Kapitel 5.3 bereits dargestellt, stellen die vorherrschenden Windverhältnisse im Raum Bern (Hauptwinde aus Richtung Aare-, Köniz- und Wangental und Zollikofen) nebst den eigentlichen Emissionsverhältnissen die prägendsten Faktoren dar, welche die Ausbreitung der Luftgütezonen stark beeinflussen. Dieses für Bern wichtige klimatische Phänomen der der relativ guten Durchlüftung zeigt sich in der Luftgütekarte deutlich, am Auffälligsten im «Marzili», wo sich zentrumsnah die gelbe Zone mit mittlerer Gesamtbelastung, umgeben von stärker belasteten Gebieten, ausbreitet. Dieser auffrischende Duchlüftungseffekt zeigte sich bereits bei der ersten Luftgütekarte von 14 Jahren.

● *Immissionszone Geringe Gesamtbelastung*

Die grüne Zone mit *Geringer Gesamtbelastung* zeigt sich mit einem Anteil von 38% des Untersuchungsgebietes (11.5 km^2) als die flächenmässig prägnanteste der fünf Belastungszonen. Sie ist von den Aussengebieten in Richtung zentrumsnaher Quartiere vorgerückt. In den vergangenen 14 Jahren ist sie um 36% grösser geworden.

In der grünen Zone mit *Geringer Gesamtbelastung (Übergangszone)* werden auch immissionsempfindliche Flechtenarten deutlich häufiger gefunden *(z.B. Parmelia tiliacea, Parmelia subrudecta, Lecanora argentata)*. Einige Flechtenarten weisen bereits grosswüchsige Exemplare auf, und an den Baumstämmen zeigt sich ein recht vielfältiges Bild der Flechtenvegetation. Da Krankheitsmerkmale in dieser Zone schon deutlich seltener sind und meist nur im stärker mit Schadstoffen belasteten Winterhalbjahr auftreten, wird diese Luftgütezone auch als *«Übergangszone»* bezeichnet.

Die mittlere Begleitartenzahl erreicht in der grünen Immissionszone mit geringer Gesamtbelastung bereits einen Wert von 9 Arten, welche normalerweise miteinander vergesellschaftet auftreten.

Die durchschnittliche Belastung mit Luftschadstoffen ist in dieser Zone bereits deutlich geringer. Die Grenzwerte für Stickstoffdioxid und anderer Primärschadstoffe werden im allgemeinen eingehalten.

Die grüne Zone mit geringer Gesamtbelastung hat sich seit der Ersterhebung in Richtung der zentrumsnahen Gebiete ausgedehnt. Im westlichen und nordöstlichen Teil der Untersuchungsfläche liegen die beiden Hauptgebiete dieser Zone. Es betrifft die Quartiere Bethlehem, grösstenteils Bümpliz, Weyermannshaus, Brunnadern Richtung Elfenau, Galgenfeld, Burgfeld, Wankdorf und Wylergut. Neu zeigt sich die Zone auch in Stuckishaus und einem Teilbereich von Bremgarten.

Am kleinstädtischen Messstandort «Bümpliz Zentrum» liegen die NO_2-Jahresmittelwerte von 2003 mit 29µg/m^3 im Grenzwertbereich. Auch im benachbarten Wohnquartier «Bümpliz Schwabgut» kann mit 27 µg/m^3 der NO_2 -Grenzwert knapp eingehalten werden. Entlang von hoch frequentierten Hauptachsen wie an der Autobahn A1 (Stauffacher-Nord; 39µg/m^3), A6 (Burgfeld-Ost; 48µg/m^3) und A12 (Bodenweid-West 47µg/m^3) werden strassennah immer noch sehr hohe Belastungswerte gemessen, welche deutlich über dem NO_2-Grenzwert liegen.

Dank grossräumigen Durchlüftungen werden diese linienförmigen Quellen in teilweise offenem Gelände jedoch ausreichend mit Frischluft verdünnt, so dass sich grossflächig insgesamt eine geringe Gesamtbelastung ergibt.

● *Immissionszone Sehr geringe Gesamtbelastung*

Die blaue Zone mit *Sehr geringer Gesamtbelastung* zeigt sich heute in 12% der Untersuchungsfläche, was einer Fläche von 3.6 km^2 entspricht. Mit 58% verzeichnet diese Luftgütezone die bedeutendste Zunahme.

In der blauen Zone mit *Sehr geringer Gesamtbelastung (Normalzone)* wurden durchschnittlich 11.2, maximal 17 verschiedene, auch schadstoff-empfindlichere Flechtenarten festgestellt. Hier ist nicht mehr mit Grenzwertüberschreitungen von Primärschadstoffen zu rechnen.

Die blaue Zone mit sehr geringer Gesamtbelastung tritt wie vor 14 Jahren in drei kleineren Gebieten am östlichen Perimeterrand (Elfenau, Wittikofen und Melchenbühl, Psychiaterische Klinik Waldau) sowie am Höhenstandort Gurten auf. Im westlichen Teil der Untersuchungsfläche hingegen hat sich die blaue Zone von früher nur einem Gebiet im Holenacher auf neu drei Teilgebiete in den Quartieren Gäbelbach/Holenacher/Brünnengut, Stapfenacker und Rehag ausgedehnt.

In diesen Gunstzonen wird denn auch die tiefste NO_2-Belastung aller Stationen gemessen. Sie beträgt am Messstandort «Elfenau» im Jahr 2003 nur 18 µg/m^3 und liegt damit weit unter dem LRV-Grenzwert von 30 µg/m^3. Eine etwas erhöhte NO_2-Belastung von 30 µg/m^3 wurde in «Brünnen-Nord» im direkten Einflussbereich der Autobahn A1, mit einem hohen mittleren täglichen Verkehr (DTV) von 32'108 Fahrzeugen pro Tag, gemessen.

Als Frischluftreservoirs haben diese Gunst- und Naherholungszonen eine überragende Bedeutung für die Durchlüftung der Stadt Bern.

Die festgestellen quantitativen Luftqualitätsverbesserungen werden auch von qualitativen Veränderungen im Flechtenartenspektrum bestätigt ...

Nebst den quantitativen Belegen für eine sichtbar verbesserte Luftqualität in der Stadt Bern, welche sich in den beiden Luftgütekarten und der Differenzkarte sogar auf der Ebene der verschiedenen Quartiere verfolgen lässt, zeigen die hochempfindlichen Baumflechten auch in qualitativer Hinsicht ein erwähnenswertes Phänomen der Luftqualitätsverbesserung.
Vergleicht man nämlich die beiden Flechtenartenspektren der Erstuntersuchung mit jener der Erfolgskontrolle von 2003, fällt eine markante Flechtenartenverschiebung von den um 1990 noch häufigen, säure-toleranten Flechtenarten (z.B. *Hypogymnia physodes, Pseudervernia furfuracea*), hin zu neutrophytischen und basiphilen Arten auf. Dies ist das deutliche Indiz dafür, dass dank der strengen Luftreinhaltepolitik, die Luftbelastungen an gefährlichen Säurebildnern wie HCl, HF und SO_2 im grossen Umfang reduziert werden konnten (vgl. auch Kap. 7.2).

5.5 Differenzkarte visualisiert Veränderung der Luftqualität der Stadt Bern in den letzten 14 Jahren

Die Veränderung der Luftqualität zwischen 1990 und 2004 kann mit Hilfe der differentiellen IAP18-Luftgütewerte (Delta 1990 - 2004) flächendeckend dargestellt werden, analog zu den Luftgütekarten 1990 und 2004. Diese Zoneneinteilung (Klassenbildung) zur Darstellung der IAP18-Veränderung (Verbesserung, bzw. Verschlechterung) gründet auf der Mitte der Achzigerjahre im NFP14 in der Region Biel etablierten Zonenfestlegung der IAP18-Luftgütewerte (AGB 1999), welche für das gesamte Schweizer Mittelland einheitlich und als vergleichbarer Massstab definiert wurde (HERZIG et al. 1985).

Die Klassenbildung der differentiellen IAP18-Luftgütewerte, welche auch in der ersten Berner Erfolgskontrolluntersuchung zur Anwendung kam, erfolgte nach demselben und heute für die ganze Schweiz verbindlichen statistischen Klassifikationsverfahren mittels Standardnormalverteilung und Klassenbreiten von einer Standardabweichung.

Diese einheitliche Klassenbildung wurde auf der Basis des umfassenden Datenkollektivs der zweiten Bieler-Erfolgskontrolle von 1998 etabliert, welche 15 Jahre nach der Erstuntersuchung von 1985 durchgeführt wurde, (AGB 1999) und erlaubt heute Direktvergleiche mit Studien aus anderen Regionen der Schweiz. Dazu die folgenden weiteren Erläuterungen, welche in Abb. 6 und 7 illustriert sind.

Nach der Berechnung der aktuellen Mittelwerte aller Bieler IAP-Georäume (Delta 83/98) und der Prüfung der statistischen Normalverteilung (Gauss-Verteilung) erfolgte die Klassenbildung auf der Basis der in Biel gefundenen statitischen Verteilung. Dasselbe statisisch gestützte Klassierungsverfahren wurde bereits zur Definition der Luftgütezonen im NFP14-Projekt verwendet. Vom Nullpunkt der Normalverteilung aus wurden Veränderungsklassen von je einer Standardabweichung Breite substrahiert bzw. addiert. Von diesen beiden Klassengrenzen mit geringer Verbesserung, bzw. geringer Verschlechterung der Luftgüte werden je zwei weitere Klassen derselben Klassenbreite (starke und sehr starke Verbesserung, bzw. Verschlechterung) abgetragen. Die oberste und unterste Klasse bleiben jeweils einseitig offen (Abb. 7).

Auf die Ausweisung einer speziellen Zone mit «indifferenter Belastung» wurde bei der Methodenentwicklung der Studie Biel bewusst verzichtet, weil der Methodenfehler der kalibrierten Flechtenindikationsmethode bei tiefen Luftgütewerten nahe den Nullponkt so klein ist (1-5%), dass eine solche indifferente Zone kartografisch nicht sinnvoll dargestellt werden kann. Da der Nullpunkt der IAP-Methode zudem eindeutig festgelegt ist, können differentielle IAP-Werte von 0.5 Einheiten um den Nullpunkt herum bereits als sehr geringfügige Verbesserungen, beziehungsweise als Verschlechterungen in der Luftgüte ausgewiesen werden.

Das Ausmass der Luftqualitätsveränderungen in der Stadt Bern in den vergangenen 14 Jahren

Für die differentiellen IAP18-Luftgütewerte der ersten Berner Erfolgskontrolle, welche die Ergebnise der Erstuntersuchung von 1990 mit denjenigen von 2004 vergleicht, ergibt sich die in Abb. 6 visualisierte statistische Verteilung und Klasseneinteilung (Abb. 6).

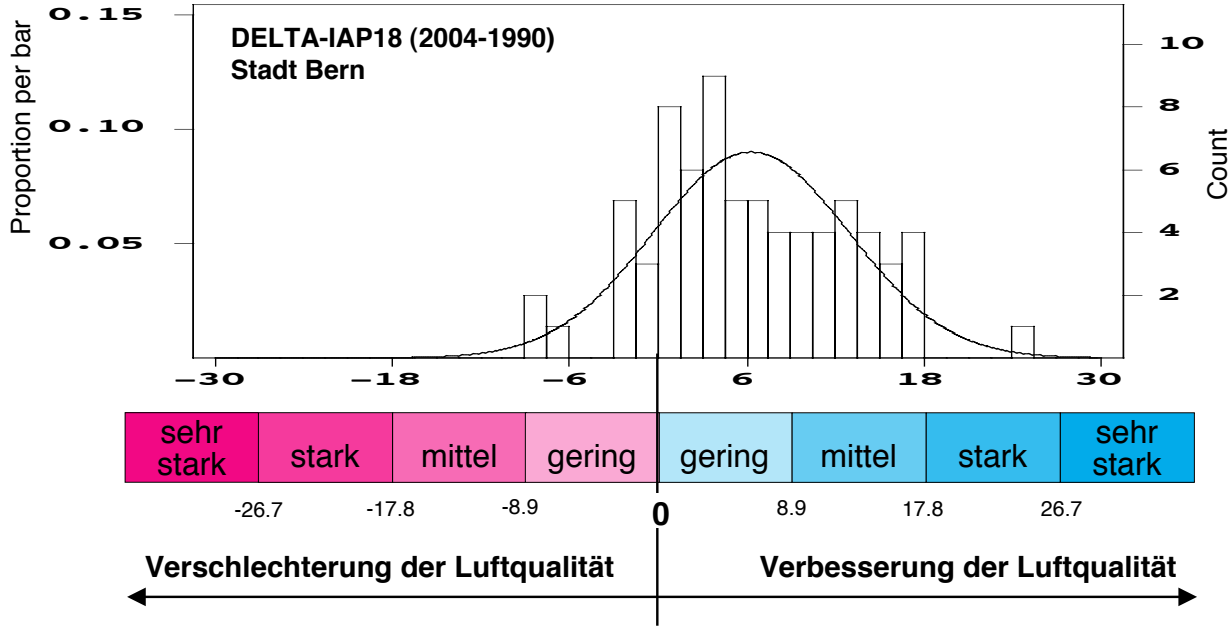


Abb. 6 Klassifikation der Luftqualitätsveränderungen in Bern.

Verteilung der differentiellen IAP-18-Mittelwerte (Delta 2004/1990 von Bern) pro Georaumeinheit und Bildung von acht Werteklassen der Luftgüteveränderung mittels Standardnormalverteilung.

Die Differenzkarte visualisiert die Luftqualitätsveränderungen der Stadt Bern in den vergangenen 14 Jahren, zwischen 1990 und 2004.

Mit abgestuften Blautönen werden zunehmende Verbesserungen, mit Purpurtönen Verschlechterungen in der Luftqualität aufgezeigt (Karte 3). Diese Differenzkarte kann nicht direkt aus dem «optischen Vergleich» der beiden Luftgütekarten 1990 und 2004 hergeleitet werden, sondern basiert auf einer georaumweisen Differenzrechnung mit anschliessender linearen Interpolation.

- **Erfreulicherweise überwiegen heute, 14 Jahre nach der Erstuntersuchung von 1990, mit 91% der Untersuchungsfläche klar diejenigen Gebiete, welche eine geringe bis stark verbesserte Luftqualität aufweisen. Demgegenüber wurde in 9% der Untersuchungsfläche eine geringe Verschlechterung der Luftqualität festgestellt.**

Am prägnantesten zeigt sich die Verbesserung in den zentrumsnahen Quartieren Brückfeld, Länggasse über das Bahnhofsgebiet in den Mattenhof bis Weissenstein und Sulgenbach sowie das Gebiet Breitenrain bis Wylergut.

Die relativen Flächenanteile der differenziellen Zonen mit Luftqualitätsverbesserungen bzw. Luftqualitätserschlechterungen werden in Tabelle 7 gezeigt.

Tab. 7 relative Flächenanteile der differenziellen Zonen mit Luftqualitätsverbesserungen, bzw. Luftqualitätsverschlechterungen in der Stadt Bern 2004.

Luftqualitätsverbesserung		Luftqualitätsverschlechterung	
gering - gleichbleibend	64%	gering - gleichbleibend	9%
mittel	26%	mittel	-
stark	1%	stark	-
sehr stark	-	sehr stark	-
Total	**91%**	**Total**	**9%**

Gebiete in der Stadt Bern mit verbesserter Luftqualität

- Die Zone ***geringe Verbesserung*** nimmt mit **64%** (19.4 km^2) knapp zwei Drittel der Untersuchungsfläche ein.

  Im zentrumsnahen Stadtgebiet beschränkt sich die Zone mit geringer Luftqualitätsverbesserung auf das in geschwungener Form vorliegende Gebiet, das sich vom Kirchenfeld und Marzili über den westlichen Teil des Mattenhofs zur Altstadt, Matte, Aargauerstalden, Altenberg, Lorraine zur vorderen Engehalde hinzieht. In den Aussengebieten überwiegt diese Zone mit geringer Luftqualitätsverbesserung. Zu diesen Gebieten und Quartieren gehören im Westen Niederbottigen, Bümpliz, Gäbelbach, Teile von Bethlehem, Stöckacher, Weyermannshaus und Holligen. Dann erstreckt sich die Zone über das Forsthaus und Neufeld zur Seftau und Felsenau bis zur Tiefenau. Im Osten betrifft es die Quartiere Wankdorffeld, Allmend, Burgfeld, Schosshalde und Wittigkofen. Zu den südlichen Quartieren in dieser Zone gehören Brunnadern, Elfenau, der südliche Teil des Kirchenfelds bis Sandrain und die Schönau

- Die Zone ***mittlere Verbesserung*** weist einen Flächenanteil von **26%** (7.7 km^2) auf, was einen Viertel des Untersuchungsgebietes ausmacht. Diese konzentriert sich hauptsächlich auf die zentrumsnahen Quartiere.

  Das Hauptgebiet bewegt sich von der Länggasse und dem Brückfeld zum oberen Teil der Altstadt, über den Stadtbach in den Mattenhof bis zur könizer Gemeindegrenze mit Quartierteilen von Weissenstein, Weissenbühl, Sulgenbach und Marzili und einem Ausläufer ins Kirchenfeld.

  Das Nebengebiet erstreckt sich vom Spitalacker/Beundenfeld zum Breitenrain, weiter nach Breitfeld, Wylergut bis zur Felsenau. In den Aussengebieten zeigt sich diese Zone mit mittlerer Verbesserung nur noch in vier kleineren inselförmigen Teilflächen, nämlich im Quartier Schwabgut, im hinteren Wankdorffeld, im Bereich Jolimont/Sonnenhof/oberes Murifeld/Ostring sowie in Stuckishaus bei Bremgarten. Auch am Höhenstandort auf dem Gurten liegt eine mittlere Verbesserung vor.

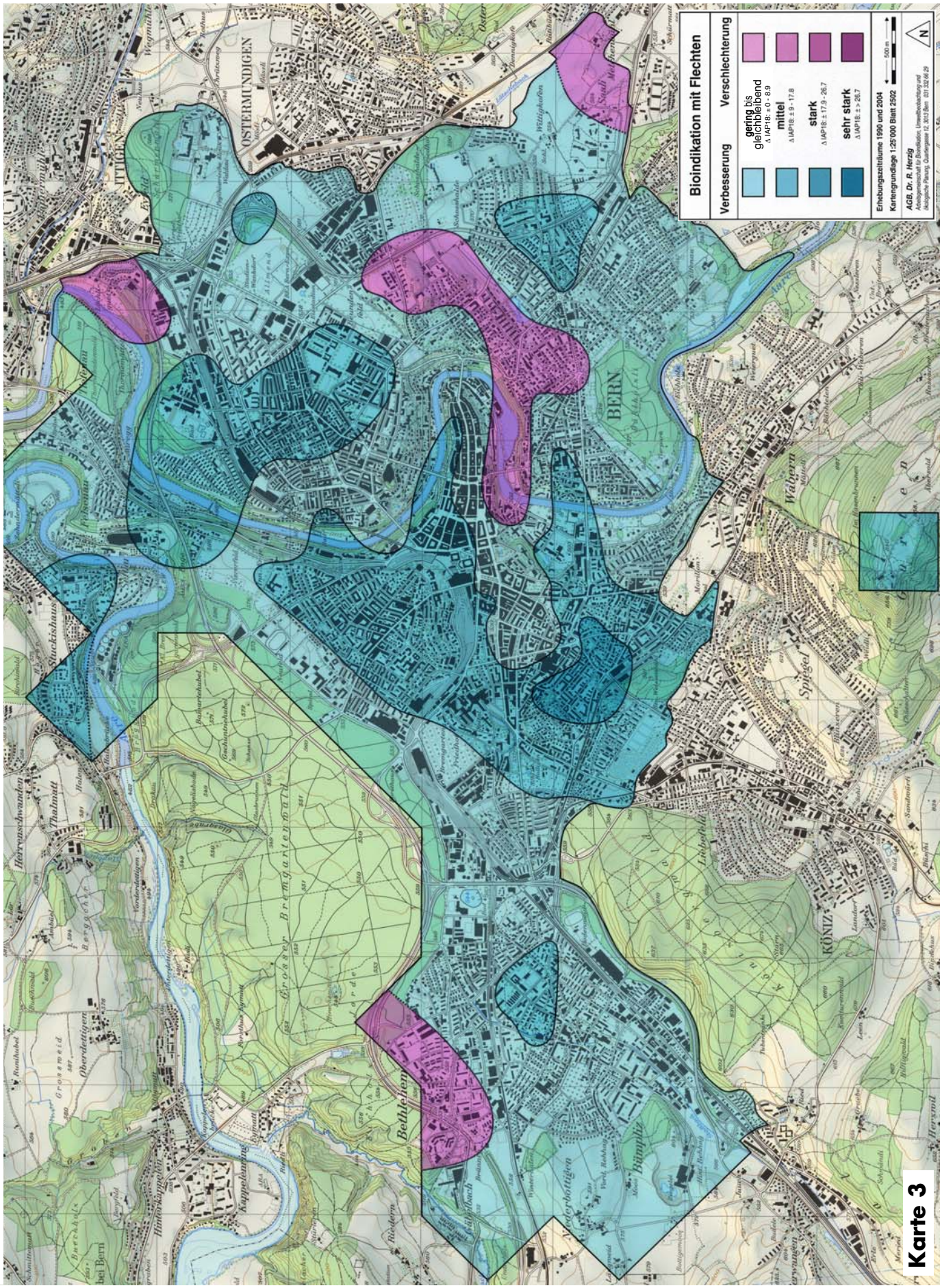
Karte 3 Differenzkarte zur flächenhaften Veränderung der Luftqualität in den vergangenen 14 Jahren - Ersterhebung 1990 bzw. Erfolgskontrolle 2004.

91% der Untersuchungsfläche weisen heute in der je vier Veränderungsklassen umfassenden Skala eine geringe bis sehr stark verbesserte Luftqualität gegenüber der Ersterhebung auf. Sie stehen einem Flächenanteil von 9% mit geringer Verschlechterung der Luftqualität gegenüber.

siehe Seite 42 sowie als Synthesekarte 4, Seite 119, dort erscheint die Karte mit der überlagerten differentiellen NO_2- und Verkerhsbelastungen zwischen 1990 und 2003.

Als Faltblatt finden sich die Karten 3 und 4 zusätzlich im Anhangteil.

Veränderung der Luftqualität in der Stadt Bern in den letzten 14 Jahren



Karte 3

- Die Zone ***starke Verbesserung*** tritt einzig und mit einem geringen Flächenanteil von 0.4 km^2 **(1%)** im Dreieck zwischen «Cäcilienplatz im Mattenhof - Seftigenstrasse im Sulgenbach - Weissenstein-Denkmal» auf.

Gebiete in der Stadt Bern mit verminderter Luftqualität

- In der Stadt Bern lassen sich in vierzehnjährigen Zeitvergleich auch kleinere Gebiete und Quartiere mit verschlechterter Luftqualität feststellen. Diese relative Verschlechterung in der Luftqualität beschränkt sich allerdings auf nur die Zone mit ***geringer Verschlechterung*** mit einem Flächenanteil von **9%** (2.6 km^2). Obschon diese Luftqualitätsverschlechterung in dieser Zone nur relativ gering ausfällt, ist sie mit der sensiblen Flechtenindikationsmethode im Vergleich beider Untersuchungen vom Trend her bereits nachweisbar.

  Die grösste zusammenhängende Fläche dieser Zone erstreckt sich entlang der A6 vom oberen Galgenfeld über den Obstberg, Muristalden und Thunplatz bis Schwellenmätteli und Dalmazibrücke. Die kleineren Aussengebiete mit einer ebenfalls geringen Verschlechterung befinden sich in Holenacher/Bethlehemacker/Tscharnergut und im Löchligut im unmittelbaren Einflussbereich von hochfrequentierten Verzweigungen der Autobahn A1 sowie im Melchenbühl neben Gümligen an der A6.

  Eine ganzheitliche Betrachtung mit einer Synthesekarte 4, welche auch die Veränderungen in der NO_2- und Verkehrsbelastung unter Mitberücksichtigung der KVA-Sanierung beinhaltet, findet sich in Kapitel 8.

Luftqualitätsveränderungen in den Städten Bern und Biel

- Beim Vergleich der Luftqualitätsveränderungen in den Städten Bern und Biel (Abb. 6 und 7) fällt auf , dass in Biel in einem vergleichbaren Zeitraum von 15 Jahren etwas stärkere Luftqualitätsverbesserungen festgestellt wurden als in Bern.

  Zwar betrug in beiden Städten die Flächenausdehnung der Zone mit geringer Luftqualitätsverschlechterung je nur 8-9% (Tab. 8), im Unterschied zu Bern konnte in Biel auch die "beste" Zone mit einer sehr starken Luftqualitätsverbesserung nachgewiesen werden.

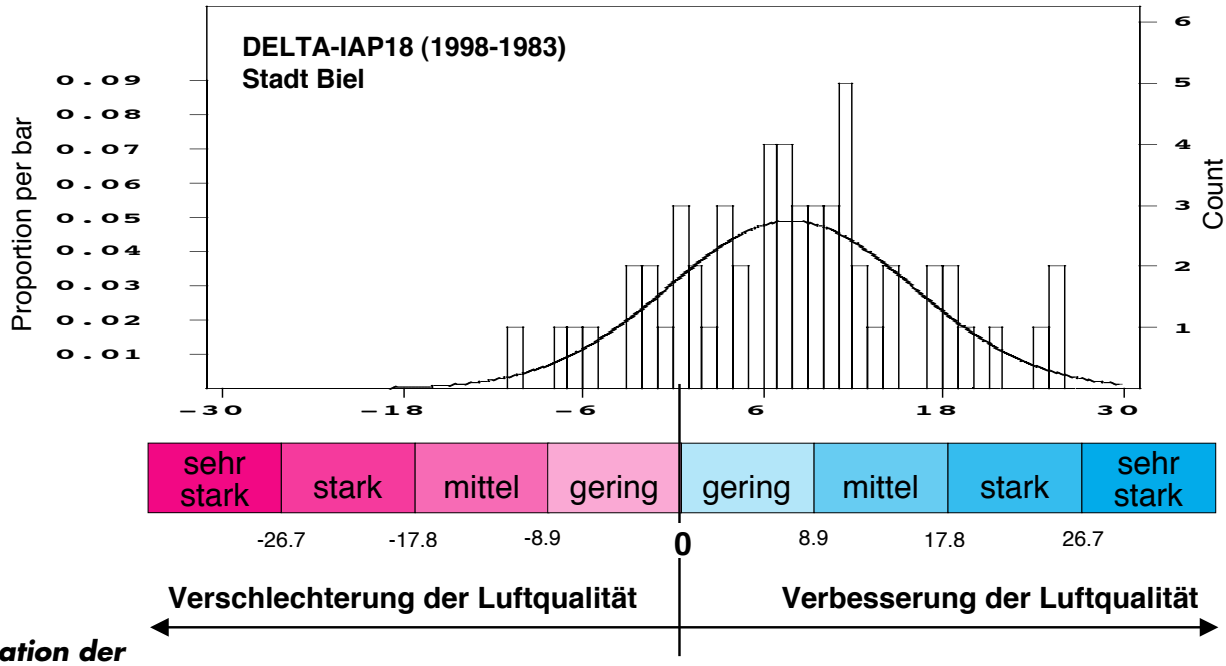


Abb. 7 Klassifikation der Luftqualitätsveränderungen in Biel.

Normalverteilung der differentiellen IAP-18-Mittelwerte (Delta 1998/1983 von Biel) pro Georaumeinheit und Bildung von acht Werteklassen der Luftgüteveränderung.

Tab. 8 Prozentuale Verbesserung bzw. Verschlechterung nach Zonen.

Luftqualitätsverbesserung			Luftqualitätsverschlechterung		
Erfolgs-kontroll-Studie	**Bern 1990 / 2004**	Biel 1983/ 1998	**Erfolgs-kontroll-Studie**	**Bern 1990 / 2004**	Biel 1983/ 1998
gering	**64%**	38%	gering	**9%**	8%
mittel	**26%**	47%	mittel	**-**	-
stark	**1%**	6%	stark	**-**	-
sehr stark	**-**	1%	sehr stark	**-**	-
Total	**91%**	92%	Total	**9%**	8%

Diese stärkere Luftqualitätsverbesserung in Biel kann damit erklärt werden, dass Biel im Vergleich zu Bern deutlich mehr grosse Industriebetriebe aufweist und der Tatsache, dass die bedeutendsten dieser Grossemittenten in der Stadt und Region Biel in dieser Untersuchungsperiode lufthygienisch saniert werden konnten (AGB, 1999, S. 49-50).

So hat die Raffinerie Cressier vor ihrer lufthygienischen Sanierung in den frühen Achzigerjahren täglich 6t SO_2 durch einen 110m hohen Kamin emittiert. Der Hauptaufschlagpunkt befand sich in den seenahen Quartieren Biels. Auch die Kehrichtverbrennungsanlage Müve wurde 1992 mit einem modernen Rauchgaswäscher ausgerüstet, welcher die Emissionsfrachten von Chloriden, Fluoriden, SO_2, Staub und Schwermetallen um 95-99% reduzieren konnte. Zudem wurde die Stahlgiesserei Von-Roll im Bözingenmoos mit einer Recyclinganlage ausgerüstet, die es erlaubte, die früheren massiven Staubemissionen beim Öffnen der Giessereiöfen fast vollständig zu vermeiden.

6. Einzelstoffbelastung der Luft in der Stadt Bern - Biomonitoring

Passives Biomonitoring mit Flechten

Die Darstellung der Einzelstoffbelastung der Luft in der Stadt Bern und ihrer zeitlichen Veränderung gliedert sich in wie folgt nach den beiden Haupt- und Subkapiteln:

- **Hauptkapitel 6.1 Luftbelastung mit Schwermetallen**
- **Subkapitel 6.1.1**
  Zeigt zuerst im generalisierenden Sinne die Veränderung der Schwermetall-Belastung an acht Messstandorten der Stadt Bern im 14-jährigen Zeitraum von 1990-2004.
- **Subkapitel 6.1.2**
  Vergleicht die in Bern festgestellten Belastungsveränderungen der Schwermetalle mit den Vergleichsstudien Biel von 1998 und Kanton Appenzell A.R. von 2002, welche beide einen vergleichbaren, 10-15-jährigen Zeitraum umfassen.
- **Subkapitel 6.1.3**
  Präsentiert die verfeinerten element- und standort-bezogenen Analysen zur Veränderungen der Schwermetall-Belastung in der Stadt Bern.

- **Hauptkapitel 6.2 Luftbelastung mit polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen PAKs**
- **Subkapitel 6.2.1**
  Präsentiert die PAK-Belastung der Ersterfassung von 2004 an fünf Verkehrsstandorten und zwei Hintergrundstandorten in der Stadt Bern und in Köniz anhand der standardisierten Stationstafeln.
- **Subkapitel 6.2.1**
  Zeigt und interpretiert die einzelsubstanz- und standort-bezogenen Analysen der Luftbelastung mit PAKs.

6.1 Luftbelastung mit Schwermetallen

6.1.1 Veränderung der Schwermetall-Belastung in der Stadt Bern im 14-jährigen Zeitraum von 1990-2004

Im Rahmen der Berner Erstuntersuchung von 1990 wurde an den acht Messstandorten des damaligen KLIMB-Messnetzes der Stadt Bern (Tab. 2) auch die Schwermetall-Belastung von 19 Schwermetallen und anderen Elementen (Multielementanalysen) mit dem Passiven Biomonitoring mittels Flechtenproben erstmalig untersucht (AGB, 2002).

Die Wiederholung dieser Schwermetalluntersuchungen erlauben es nun, die Veränderung der luftbürtigen Schwermetallbelastung in der Stadt Bern im 14-jährigen Zeitabstand zu analysieren und damit den Erfolg der bisher getroffenen lufthygienischen Sanierungsmassnahmen auf die Reduktion der humantoxikologisch relevanten Schwermetalle abzugeschätzen.

Infolge der in den Kapiteln 1-3 dargestellten Mittelbeschränkung wurden dazu sieben besonders geeignete und auf den Analysern des AfUL messbare Schwermetalle als Schlüsselindikatoren ausgewählt:
Cadmium, Blei, Eisen, Vanadium, Cobalt, Kuper und Zink.

Die wichtigsten Resultate dieser 14-jährigen Belastungsvergleiche sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Dargestellt sind die relative mittlere Veränderung pro Element und Messstandort sowie die Mittelwerte aller acht Standorte. Diese Ergebnisse basieren auf acht repräsentativen Einzelproben in der Umgebung jeder Messstation, welche zu Standortmittelwerten aggregiert wurden.

Die blau und mit negativen Vorzeichen markierten Felder zeigen das Ausmass der prozentualen Belastungsabnahme. Rot und mit positiven Vorzeichen markierte Felder zeigen das Ausmass der prozentualen Zunahme der Schwermetallbelastung auf.

- **Im 14-jährigen Belastungsvergleich dominieren heute mehrheitlich die Blautöne, was auf eine deutliche Abnahme der Schwermetallbelastung in der Stadt Bern hinweist.**

- **Element-bezogen Schwermetallbelastung**

Zur Berechnung der durchschnittlichen Abnahme der Schwermetallbelastung Berns wurden die je acht Stichprobenwerte je Metall und Messstandort gemittelt.

Relative Veränderung der Schwermetallbelastung in der Stadt Bern im Zeitraum von 1990-2004 - Biomonitoring mit Flechten

Mittelwerte der Eizelstandorte	Cadmium Cd	Blei Pb	Vanadium V	Eisen Fe	Cobalt Co	Zink Zn	Kupfer Cu
Bern Eigerplatz	- 36	- 25	- 15	+ 5	+ 76	+ 16	+ 30
Bern Brunngashalde	- 37	- 36	- 19	- 21	+ 27	- 25	- 19
Bern Schenkstrasse KVA	- 34	- 20	- 29	- 15	- 40	+ 61	+ 12
Bümpliz Bernstrasse	- 25	- 8	- 21	- 8	+ 23	+ 14	+ 23
Bern Sonnenhof	- 44	- 23	- 30	- 14	- 26	+ 26	+ 12
Bern Marzili	+ 10	- 21	- 19	- 10	+ 7	+ 7	- 8
Bümpliz Schwabgut	- 26	- 16	- 17	- 9	+ 78	+ 7	- 5
Bern Elfenau	- 44	+ 30	- 13	+ 2	- 73	+ 10	81
Mittelwert aller Standorte	- 28	- 21	- 20	- 8	- 15	+ 11	+ 13

Belastungsabnahme in %	-	1 - 25	26 - 50	> 50
Belastungszunahme in %	+	1 - 25	26 - 50	> 50

Tab. 11 Prozentuale Veränderung der luftbürtigen Schwermetallbelastung in der Stadt Bern im Zeitintervall von 1990 bis 2004.

Standort-bezogene Belastung

Über alle Elemente betrachtet zeigt sich die grösste Abnahme in der Schwermetallbelastung am Standort «Brunngasshalde», gefolgt vom «Sonnenhof», wo die Autobahn A6 überdeckt wurde. Die geringste Abnahme zeigt sich am nach wie vor verkehrsbelasteten Standort «Bümpliz Bernstrasse».

Element-bezogene Belastung

Cadmium zeigt im «Sonnenhof» und der «Elfenau» die maximale Belastungsreduktion von 44%. Alle acht Standorte zeigen eine mittlere Cd-Reduktion von 28%.

Blei zeigt am Standort «Brunngasshalde» maximale Belastungsreduktion von 36%. Alle Standorte zeigen eine mittlere Pb-Reduktion von 21%.

Die grösste prozentuale Belastungsabnahme von 28% zeigt Cadmium, gefolgt von Blei mit 21% und Vanadium mit 20%. Eine mittlere bis geringe Belastungsabnahme von 8-15% liegt bei Eisen und Cobalt vor, wobei die Belastungsveränderung bei Cobalt auffällig stark fluktuiert. Für die Elemente Zink und Kupfer musste eine geringe Belastungszunahme von 11 bis 13 % festgestellt werden.

Standort-bezogene Schwermetallbelastung

Die Veränderung der Schwermetallbelastung zeigt auch standörtliche Unterschiede. Mit Ausnahme von Cobalt, Zink und Kupfer zeigen die meisten Untersuchungsstandorte mehrheitlich eine Belastungsabnahme. Am Auffälligsten ist die Belastungsverminderung an den verkehrsexponierten Standorten «Brunngasshalde» und «Sonnenhof». Die Mitder Neuzigerjahre gebaute Überdachung des Autobahn-A6 Trassees zeigt klar eine positive Wirkung auf. Eine deutliche Entlastung zeigt sich auch am Standort der KVA «Schenkstrasse», was mit der verbesserten Rauchgasreinigung sowie der Substitution des Fernheizwerkes von Kohle und Schweröl durch Heizöl Leicht und Gas erklärt werden kann. Auch am Standort «Elfenau» zeigt sich für Cadmium und Cobalt eine markante Entlastung, für Blei und insbesondere Kupfer hingegen eine markante Mehrbelastung. Der vermehrte Einsatz von kupferhaltigen Spritzmitteln in der Stadtgärtnerei oder Schweinegülle im benachbarten Feld könnten die Ursache sein.

Bei Cobalt zeigen sich für 2004 Mehrbefunde, besonders am verkehrsbelasteten «Eigerplatz» und an der «Brunngasshalde» sowie in «Bümpliz Schwabgut». Für Zink und Kupfer zeigt sich über alle Standorte gemittelt sogar eine geringe Belastungszunahme von11-13%.

6.1.2 Vergleich der Belastungsveränderung der Schwermetalle in der Stadt Bern mit anderen Regionen der Schweiz

Die in der Stadt Bern festegestellten Veränderungen der Schwermetallbelastung werden in Tab. 12 mit den Erfolgskontrollstudien in der Region Biel und im Kanton Appenzell verglichen. Währenddem die Bieler Erfolgskontrolle ebenfalls eine 14-jährige Vergleichsperiode umfasst, beziehen sich die Ergebnisse der Appenzeller Erfolgskontrolle auf eine 10-jährige Periode.

Relative Veränderung der Schwermetallbelastung in verschiedenen Gebieten der Schweiz - Biomonitoring mit Flechten

Mittelwert aller Standorte (N)	Cadmium Cd	Blei Pb	Vanadium V	Cobalt Co	Eisen Fe	Zink Zn	Kupfer Cu
Erfolgskontrolle Stadt Bern 1990-2004 (8)	- 28	- 21	- 20	- 15	- 8	+ 11	+ 13
Erfolgskontrolle Kt. Appenzell A.Rh. 1990-2004 (12)	- 17	- 7	- 53	- 6	+ 3	+ 17	+ 28
Erfolgskontrolle Stadt Biel 1985 -1999 (10)	- 50	- 48	n.d.	- 15	- 36	- 13	- 17

Belastungsabnahme in %	-	1 - 25	26 - 50	> 50
Belastungszunahme in %	+	1 - 25	26 - 50	> 50

Tab. 12 Vergleich der relativen Veränderung der luftbürtigen Schwermetall-Belastung in der Stadt Bern mit anderen Untersuchungsregionen.

N Anzahl der untersuchten Standorte

Die Vergleichsergebnisse lassen sich sich wie folgt zusammenfassen:

Cadmium

Die in Bern festgestellte 28%ige Reduktion der Cd-Belastung erreicht die in Biel festgeststellte Halbierung der Werte nicht, liegt aber doch über derjenigen vom Kanton Appenzell A.Rh..

Blei

Auch die 20%ige Belastungsverminderung von Blei in Bern liegt unter der in Biel nachgewiesenen Halbierung, aber sehr deutlich über den Befunden im Kanton Appenzell.

Vanadium
Für Vanadium bestehen erst Vergleichswerte mit der Appenzeller Erfolgskontrolle, wo deutlich höhere Belastungsabnahmen festgestellt wurden.

Cobalt
Für Cobalt wurden in der Bieler Studie ebenfalls eine 15% Belastungsverminderung festgestellt, in der Appenzeller Erfolgskonrolle hingegen nur eine Entlastung um 6%.

Eisen
Die in Bern festgestellt 8 % Belastungsverminderung an Eisen erreicht die 36% Entlastung von Biel ebenfalls nicht, steht aber im Gegensatz zu einer 3% Belastungserhöhung in der Appenzeller Studie. Eisen ist ein derart weit verbreitetes Schwermetall, dass grössere Belastungsverminderungen, gestützt auf die Luftreinhaltemassnahmen, nicht erwartet werden dürfen.

Zink
Dasselbe gilt auch für Zink. Die Berner Belastungszunahme von 11% liegt für Zink im Rahmen der Appenzeller Befunde. Einzig in der Bieler Studie wurde bisher eine 17% Entlastung nachgewiesen.

Kupfer
Auch für Kupfer zeigen die aktuellen Analysen eine Belastungszunahme von 13%, aber auch in der Appenzeller Studie wurde in Zunahme der Kupferbelastung von 28% nachgewiesen. Erneut kommt die Bieler Erfolgksontrolle auch für Kupfer zu einer Minderbelastung von 17%.

- **Lufthygienische Sanierungsmassnahmen an Grossanlagen führen zu einer vergleichsweise stärkeren Entlastung der Luftbelastung im Raum Biel**

Diese in Biel festgestellten deutlich stärkeren Minderbelastungen mehrerer Schwermetalle haben durchaus eine materielle Grundlage. So sind nämlich in der Region Biel relevante lufthygienische Sanierungen von mehreren Grossanlagen während der Beobachtungsperiode der 2. Bieler Erfolgskontrollle realisiert worden.

So erhielt die Kehrichverbrennungsanlage Müve den modernen Rauchgaswäscher erst 1991 und reduzierte damit ihren Ausstoss an Schwermetallen, Staub, Chloriden um Fluorinden um 95-99%. Demgegenüber wurde die Berner KVA bereits 1986, also kurz vor der Biomonitoring-Erstuntersuchung mit einem Rauchgaswäscher ausgerüstet. Hinzu kommen die Ausrüstung der Stahlgiesserei VonRoll im Bözingenmoos mit einer Recyclinganlage, die es ermöglichte, die früheren massiven Staub- und Schwermetallemissionen (Zn, Cd, Pb, Cu) beim Öffnen der Giessereiöfen nahezu vollständig zu vermeiden.

6.1.3 Verfeinerte element- und standortbezogene Analyse der Veränderung der Schwermetallbelastung Berns

Allgemeine Grundlagen zu den Quellen und dem Umweltverhalten der Schwermetallbelastung

Im Belastungsvergleich der sieben dargestellten Schwermetalle wird zuerst in einem Grundlagenteil das derzeit vorhandene allgemeine Wissen zu den Hauptemissionsquellen der ausgewählten Schwermetalle dargestellt *(Kursivschrift)*.Soweit bekannt, werden die relevanten Emissionsquellen aus den Bereichen der Verkehrstechnik, der gewerblich/industriellen Tätigkeit und Energienutzung sowie der Intensivlandwirtschaft bezeichnet. Weitere Angaben dazu finden sich in Tab. 4, Seite 23. Diese Angaben basieren auf der Auswertung der wissenschaftlichen Fachliteratur, auf Rücksprachen mit Fachleuten und eigenen Studien, welche aus dem Vergleich der in Flechtenproben gemessenen Elementgehalte mit den verschiedenen Nutzungsklassen am Probenahmestandort (Siedlung, Verkehrsvolumen, Strassenabstand, Landwirtschaft). Gleichzeitig werden für die einzelnen Schadstoffe auch die Hauptaufnahmepfade beim Menschen genannt und sofern bekannt, ergänzt mit Angaben zur Phyto- und Humantoxizität (Giftigkeit für Pflanze und Mensch).

Bei der Belastungsbewertung muss folgendem Umstand gebührend Rechnung getragen werden: Geringste Konzentrationen einiger Schwermetalle sind durchaus lebensnotwendig (essentiell), währenddem nur geringfügig höhere Konzentrationen bereits zu deutlichen Vergiftungserscheinungen bei Menschen, Tieren und Pflanzen führen können.

Elementbezogene Belastungsveränderung

Die Ergebnisse der sieben ausgewälten Schwermetalle Cd, Pb, V, Co, Fe, Cu, Zn werden nach dem Ausmass ihrer Belastungsveränderung im 14-jährigen Zeitintervall geordnet, dargestellt. Diese Darstelltung der Belastungsveränderung erfolgt mittels einer vergleichenden Säulengrafik, welche die aktuelle Schwermetallbelastung der acht Berner Untersuchungsstandorte von 2004 sowie den Mittelwert aller Standorte mit derjenigen von 1990 vergleicht. Mittels t-Test wurde zusätzlich die Signifikanz der Mittelwertsveränderung 1990-2004 geprüft. Dabei gelten die nebenan ausgewiesenen Signifinaknzniveaus.

Signifikanztest der Mittelwertsveränderung 2004-1990 mittels t-Test.

** * * hochsignifinant p<0.01*

*** signifinant p<0.05*

** schwach signifinant p<0.09*

ns *nicht signifinant p>0.1*

Eine Grafik zur statistischen Verteilung der jeweiligen Schwermetallwerte (Box & Wisker Plot) gibt verfeinerte Informationen zur jeweiligen Belastungsveränderung. Diese Darstellungsweise erlaubt es insbesondere Extremwerte, welche in der Regel von einzelnen Punktquellen verursacht werden, besser zu erkennen.

Cadmium: Belastungsveränderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

Hauptemittenten und Quellen

Da der technische Einsatz von Cadmium durch die Stoffverordnung (StoV) seit 1991 drastisch eingeschränkt oder teilweise sogar verboten ist, handelt es sich heute vorwiegend um Altlasten. Frühere wichtige Quellen waren der Pneuabrieb von Autoreifen (Vulkanisierungsadditiv), Kehrichtverbrennung (Batterien, Farbrückstände), Kunststoff-Industrie (Additiv von Weichmachern und Farbpigmenten), metallverarbeitende und galvanische Industrie, Verunreinigung von Metalllegierungen sowie die Cadmierung, welche heute verboten ist.

Als rezente Quellen kommen heute noch in Betracht: Elektronikindustrie, Verunreinigungen in Kohle, Heizöl u.a. Energieträgern, Phosphatdüngern, Klärschlamm- und Kehrichtverbrennung bei unzureichender Rauchgasreinigung. In Wohngebieten ist die illegale Abfallverbrennung (Cheminée-Entsorgung!) heutzutage leider eine sehr relevante Quelle von Cd.

Haupt-Aufnahmewege beim Menschen

Luft, Boden, Nahrungsmittel, Wasser.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch

mässig phyto- und stark humantoxisch mit hoher Akkumulationstendenz in Organen: Nieren-, Leberdegradation, Bluthochdruck, neurotoxische Wirkungen, Krebsverdacht.

Cadmium-Belastung früher und heute ...

Sieben von acht Standorten weisen 2004 in Vergleich zu 1990 eine deutliche Belastungsreduktion von Cadmium auf (Abb.8). Einzig der Standort «Bümpliz Schwabgut» zeigt eine geringfügige Belastungszunahme. Weil die Flechtenproben mehrheitlich in Gartenanlagen entnommen wurden, vermuten wir Illegale Abfallverbrennung als Grund dieser geringfügigen Mehrbelastung an Cd.

Die höchste Cadmium-Belastung aller acht Messtandorte wurde am Standort «Marzili» gemessen und beruht, wie bereits vor 14 Jahren, auf einer besonders erhöhten und verkehrsexponierten Einzelprobe (PNR 40) an der Laubeggstrasse. Es könnte sich aber auch noch um eine lokale Kleinquelle handeln. Eine Aschenprobe bei der Feuerungskontrolle (Kaminfeger) könnte in beiden Verdachtsfällen mehr Gewissheit schaffen.

Abbildung 9 zeigt die statistische Verteilung (Box-Plots) der Cadmium-Belastung im Zeitraum 1990/2004. Die aktuellen Belastungswerte von Cadmium bewegen sich heute auf einem tieferen Belastungsniveau und einer engneren Bandbreite.

Über alle Standorte gemittelt zeigt Cadmium eine erhebliche und statistisch hochsignifikante 28%ige Belastungsabnahme. Dies ist umso erfreulicher, da Cadmium humantoxikologisch von sehr grosser Bedeutung ist.

Cadmium: Belastungsverminderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

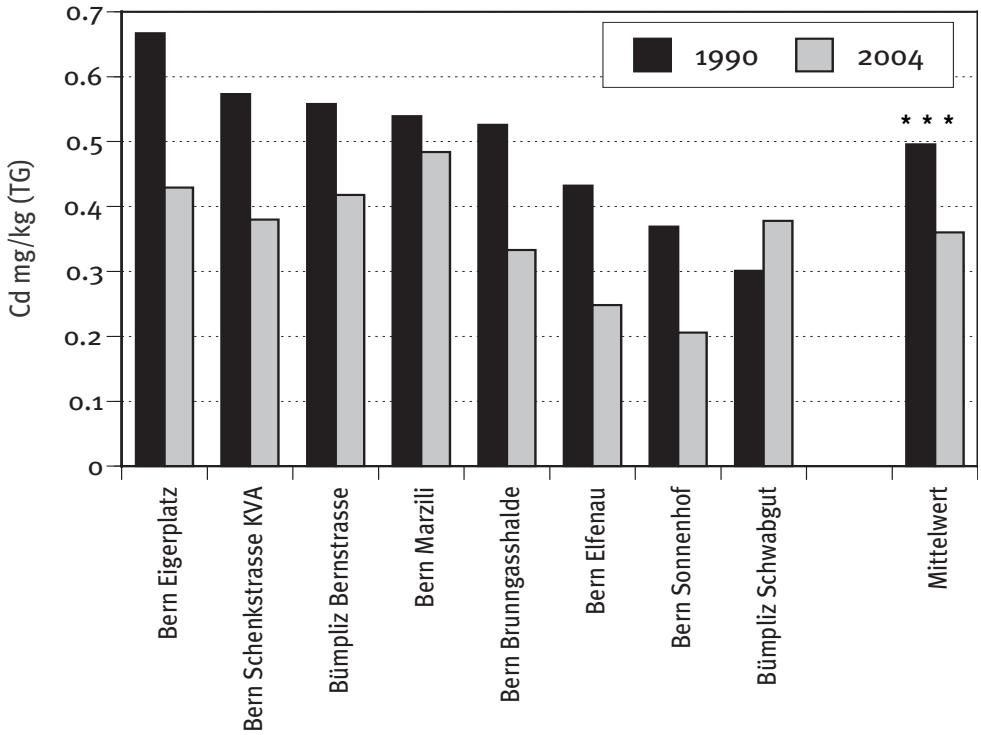


Abb. 8 Veränderung der Cadmium-Belastung in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004.

Sieben von acht Standorten weisen eine deutliche Belastungsreduktion auf.
Einzig in «Bümpliz-Schwabgut» zeigt sich eine geringfügige Mehrbelastung. Illegale Abfallverbrennung wird als Grund dieser geringen Mehrbelastung vermutet.
Die Cadmium-Belastung von 2004 hat gegenüber 1990 um 28 % deutlich und hochsignifikant abgenommen.

Cadmium: Verteilung der Belastung in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

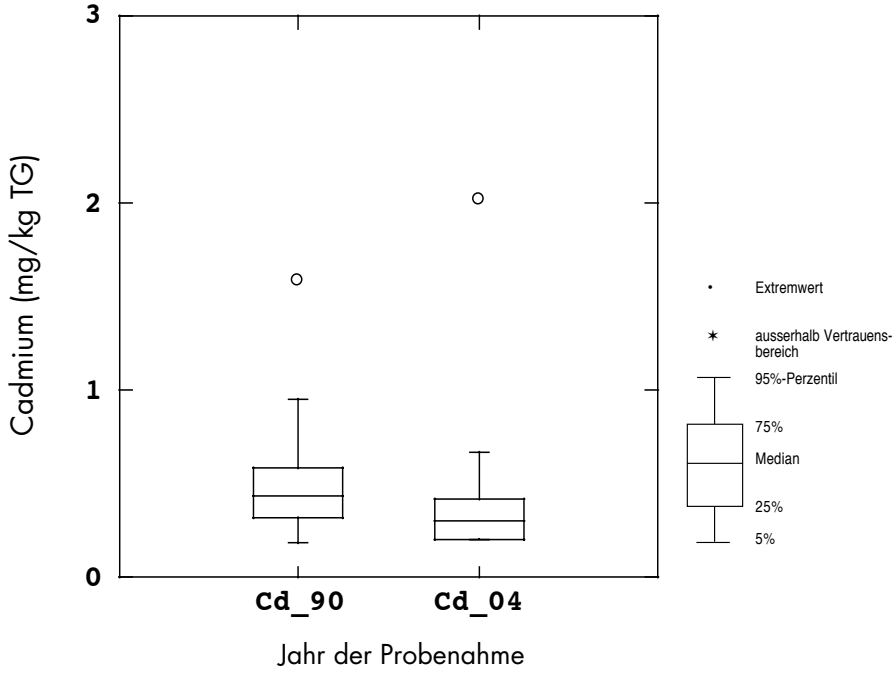


Abb. 9 Statistische Verteilung der Cadmium-Belastung (Box Plot) im Zeitraum 1990 / 2004.

Sowohl die Streubreite der Gesamtverteilung (Perzentilwerte) als auch der Median der Cadmiumbelastung haben sich 2004 deutlich vermindert.

Blei: Belastungsveränderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

Hauptemittenten und Quellen
Verbleites Benzin (bis 1986; Katalysatorobligatorium für Neufahrzeuge die wichtigste Quelle in der Schweiz), daneben metallverarbeitende Industrie (Giessereien, Metallurgie, Lot, Legierungsbestandteil, Batterien), Verunreinigungen von Kohle, Erdöl u.a. Energieträgern, in Farbpigmenten, Klärschlamm, Kehrichtverbrennung mit unzureichender Rauchgasreinigung (Batterien). In Wohngebieten ist heutzutage die Illegale Abfallverbrennung (Cheminée-Entsorgung!) leider eine sehr relevante Quelle von Pb. Sehr relevant sind aber auch noch Bremsbeläge von Motorfahrzeugen und Zügen.

Haupt-Aufnahmewege beim Menschen
Luft, Nahrungsmittel, Medikamente

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Phytotoxisch, mässig humantoxisch, jedoch mit Akkumulationsgefahr. Blutbild, neurotoxische Wirkungen.

Blei-Belastung früher und heute ...

An sieben von acht Standorten zeigt sich auch eine geringe bis deutliche Belastungsabnahme an Blei (Abb. 10). Eine geringfügige Belastungszunahme zeigt sich einzig am Standort Elfenau. Wir vermuten dort Illegale Abfallverbrennung (Cheminée-Entsorgung) als Ursache dieser Belastungszunahme von Blei, wie dies in anderen Studien bereits nachgewiesen wurde (Appenzell 2000).

Die höchsten Belastungswerte von Blei wurden auch im Jahr 2004 an den Verkehrsstandorten «Eigerplatz», «Brunngasshalde», «Schenkstrasse» und «Bümpliz Bernstrasse» sowie im «Marzili», gefunden. Die höchstbelasteten der je acht Einzelproben pro Standort wurden stets in unmittelbaren Strasseneinfluss entnommen. Obschon das verbleite Benzin heute nicht mehr existiert kommen über die bleihaltigen Bremsbeläge immer noch namhafte Anteile der aktuellen Bleibelastung vom Strassenverkehr.

Abbildung 11 zeigt die statistische Verteilung (Box-Plots) der Blei-Belastung im Zeitraum 1990/2004. Extreme Belastungswerte der Ersterhebung von 1990, welche auf Strasseneinflüsse (verbleites Benzin) hinwiesen, treten in der Erfolgskontrolle 2004 nicht mehr so stark auf. Auch die Streubreite der Belastungswerte hat sich merklich verringert, was sich auch in einem etwas tieferen Medianwert der Blei-Belastung von 2004 äussert.

Für Blei zeigt der Mittelwert aller Berner Messstandorte eine mittelstarke und schwach signifikante Belastungsabnahme von 21%.

Blei: Belastungsverminderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

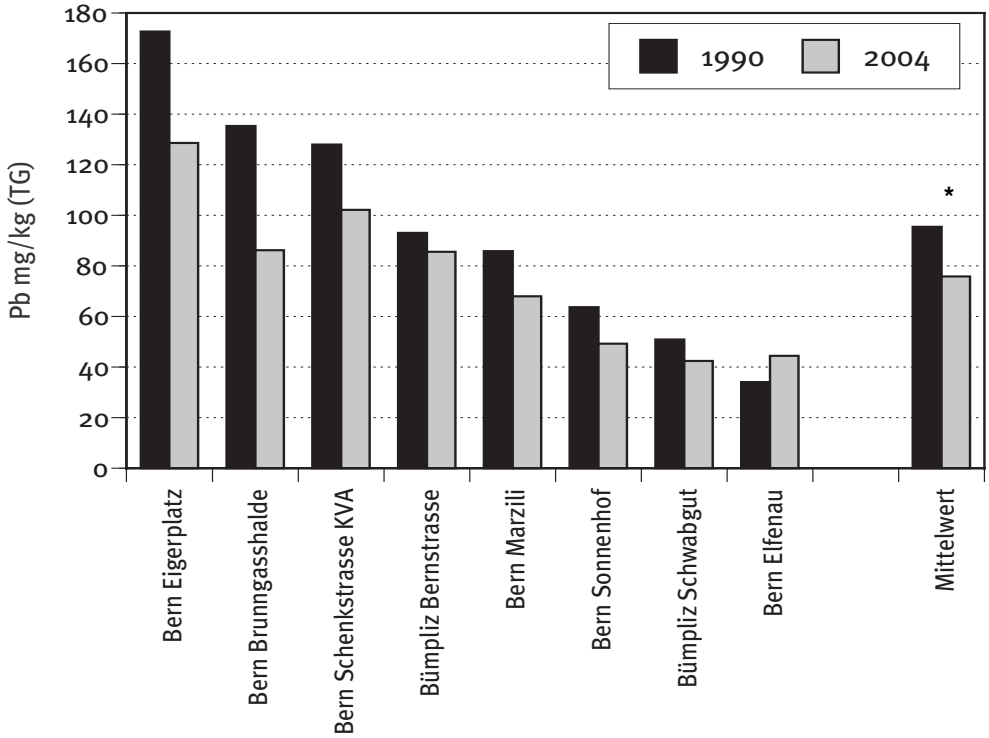


Abb. 10 Veränderung der Blei-Belastung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004.

An sieben von acht Berner Standorten hat sich über den Zeitraum die Belastung von Blei verringert.
Von dieser Belastungsreduktion besonders betroffen sind die Verkehrsstandorte, weil das Verbot des verbleiten Benzins sich positiv auswirkte.
Über alle acht Standorte gemittelt hat sich Blei-Belastung von 2004 gegenüber 1990 um 21 % ebenfalls deutlich und signifikant reduziert.

Blei: Verteilung der Belastung in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

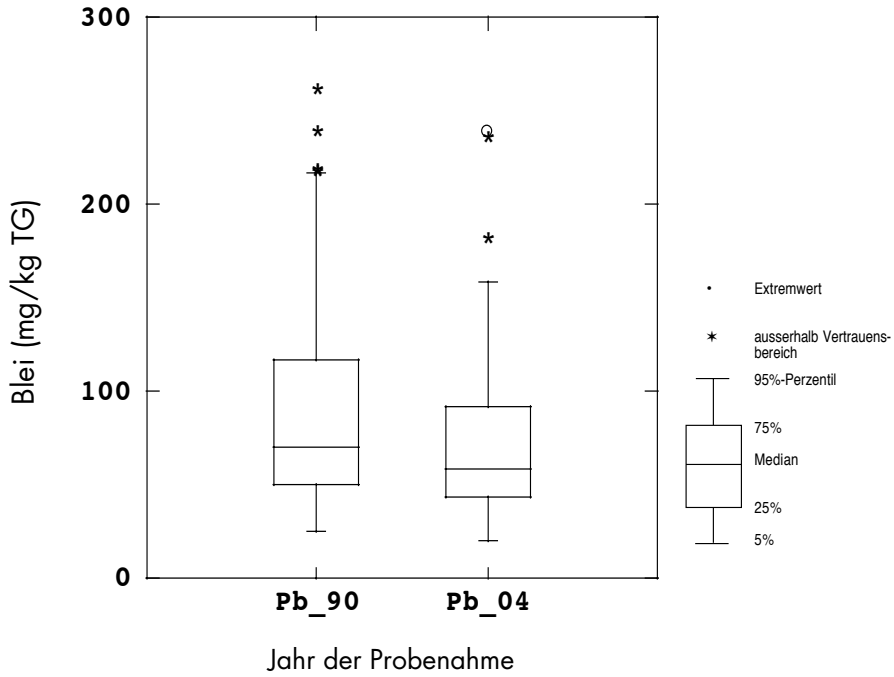


Abb. 11 Statistische Verteilung der Blei-Belastung (Box Plot) von Flechten im Zeitraum 1990/2004.

Der Median und die Streubreite der Blei-Belastungen haben sich ebenfalls deutlich verringert.
Ebenso hat sich die Zahl von stark erhöhten Werten gegenüber der Ersterfassung von 1990 deutlich verringert.

Vanadium: Belastungsveränderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

Hauptemittenten und Quellen
Motorfahrzeugverkehr (Legierungsmetall Motoren, Ventile sowie Additiv von Bremsbelägen und Motorenölen), metallverarbeitende Industrie, Raffinerien, Kehrichtverbrennung bei unzureichender Rauchgasreinigung, Heizöl, Kohle.

Haupt-Aufnahmewege beim Menschen
Luft, besonders bei exponierten Arbeitern.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
In Spuren essentiell; mässig phyto- und humantoxisch.

Vanadium-Belastung früher und heute ...

Alle acht Berner Standorte zeigen im Untersuchungszeitraum einen deutlichen Belastungsrückgang von Vanadium. Die höchsten Belastungswerte von Vanadium finden sich heute noch an den Verkehrsstandorten «Eigerplatz» und «Bümpliz Bernstrasse» (Abb.12).

Einen besonders starken Belastungsrückgang zeigen die beiden Standorte «Sonnenhof» und «Schenkstrasse», was mit der A6-Überdachung im Ostring und der weitergehenden Rauchgasreinigung der KVA Bern erklärt werden kann.

Vanadium zeigt über alle Standorte gemittelt eine mittlelstarke und hochsignifinaknte Belastungsabnahme von 20%.

Die statistische Verteilung (Box-Plots) der Vanadium-Belastung ist in Abbildung 13 ersichtlich. Wie bereits für Blei festgestellt, reduzieren sich auch für Vanadium die extremen Belastungswerte und die Streubreite der aktuellen Messwerte von 2004 deutlich, was sich in einem geringeren Medianwert der aktuellen Vanadium-Belastung äussert.

Vanadium: Belastungsverminderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

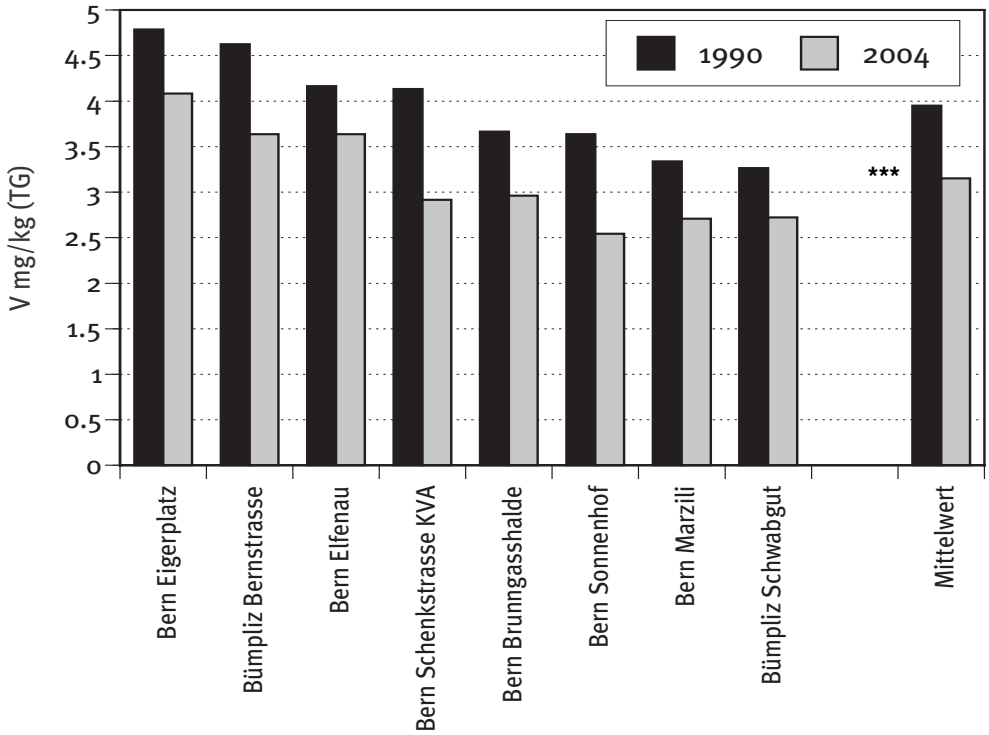


Abb. 12 Veränderung der Vanadium-Belastung von Flechten in der Stadt Bern 1990/2004.

Alle acht Berner Standorte weisen im 14-jährigen Zeitvergleich eine deutlich geringere Belastung an Vanadium auf.
Über alle acht Standorte gemittelt hat sich die Vanadium-Belastung von 2004 gegenüber 1990 um 20 % deutlich und hochsignifikant reduziert.

Vanadium: Verteilung der Belastung in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

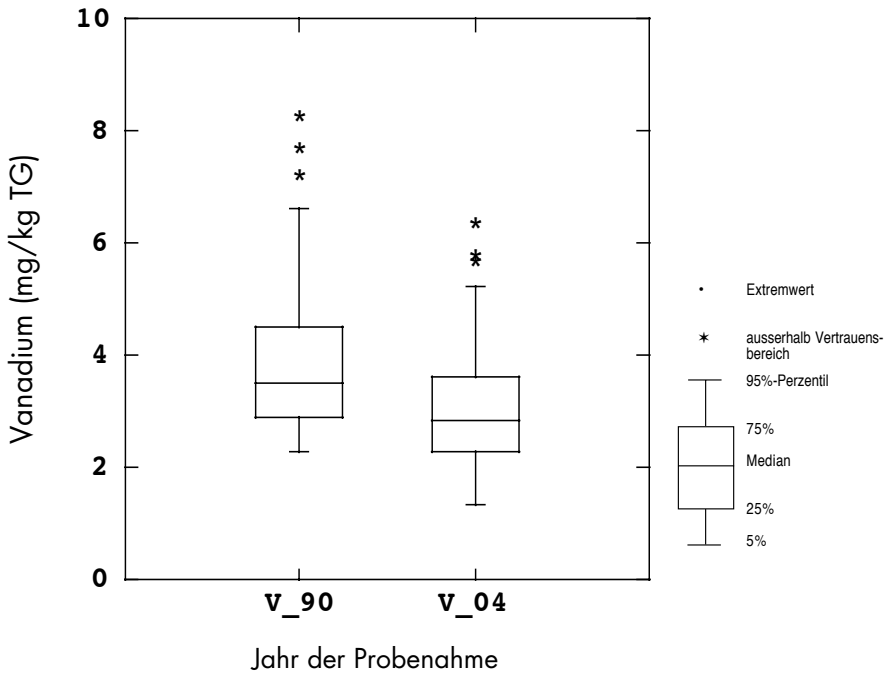


Abb. 13 Statistische Verteilung der Vanadium Belastung (Box Plot) von Flechten im Zeitraum 1990/2004.

Der Median der Vanadium-Belastungen hat sich deutlich verringert. Die aktuelle Vanadiumbelastung weist eine schmalere Verteilung auf, was sich an geringeren Perzentilwerten erkennen lässt. Stark erhöhte Belastungswerte haben sich gegenüber der Ersterfassung von 1990 verringert.

Cobalt: Belastungsveränderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

Hauptemittenten und Quellen
Motorfahrzeugverkehr (Legierungsmetall Motoren, Ventile sowie Additiv von Motorenölen), metallverarbeitende Industrie, Kohle, Klärschlamm, Schmiermitteladditiv.

Haupt-Aufnahmewege beim Menschen
Luft, besonders bei exponierten Arbeitern.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
essentiell (Bestandteil von Vitamin B12), Krebsverdacht: Lungen, Herz, Haut.

Cobalt-Belastung früher und heute ...

Die Cobalt-Belastung zeigt ein uneinheiltiches Bild mit markanten Minderbelastungen wie an den Standorten «Elfenau», «Schenkstrasse KVA», «Sonnenhof» und mit geringeren Mehrbefunden an allen anderen Messtandorten (Abb.14). Die Analysen der schwach belasteten Proben erfolgte nahe an der gerätebedingten Nachweisgrenze.

Am stärksten hat sich die Cobaltbelastung am Standorte Elfenau verringert, wo sie sich um einen Faktor 4 reduziert hat. Offentsichtlich konnte in diesem Gebiet eine frühere Belastungsquelle beseitigt werden, das zeigt sich daran, dass Belastungspitzen an Cobalt die 1990 in zwei von acht Proben (PNR 49, 50) gemessen wurden, heute nicht mehr auftreten.

Am stärksten gestiegen ist die Cobalt-Belastung am Eigerplatz, dies obschon die Verkehrsbelastung im Untersuchungszeitraum markant gesunken ist.

Die mittlere Belastungsabnahme an Cobalt aller acht Standorte ist mit 15% eher gering und ist statistich nich signifikant.

Die Abbildung 15 zeigt die statistische Verteilung (Box-Plots) der Vanadium-Belastung im Zeitraum 1990/2004.

Bei Cobalt fällt im 14-jährigen Zeitvergleich besonders das Verschwinden von Extremwerten, welche auf frühere Punktwuellen hinwiesen, auf. Wie bereits erläutert, handelt es sich v.a. um die sehr stark reduzierte Belastung am Standort «Elfenau». Median und Streubreite der Cobalt-Belastung haben sich ebenfalls sichtbar verringert.

Cobalt: Belastungsverminderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

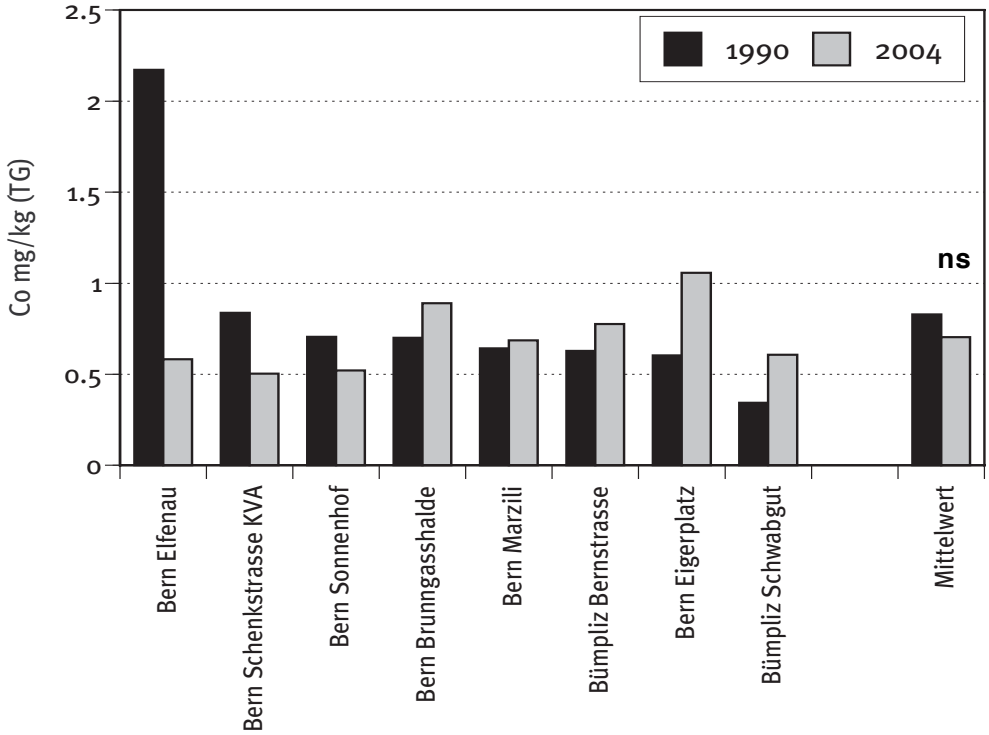


Abb. 14 Veränderung der Cobalt-Belastung von Flechten in der Stadt Bern 1990/2004.

Die Cobalt-Belastung zeigt ein uneinheitliches Bild mit markanten Minderbelastungen an den Standorten «Elfenau», «Schenkstrasse KVA» und «Sonnenhof» und geringeren Mehrbelastungen allen anderen Messstandorten.
Über alle acht Standorte gemittelt hat sich die Cobalt-Belastung von 2004 gegenüber 1990 um 15 % leicht reduziert.

Cobalt: Verteilung der Belastung in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

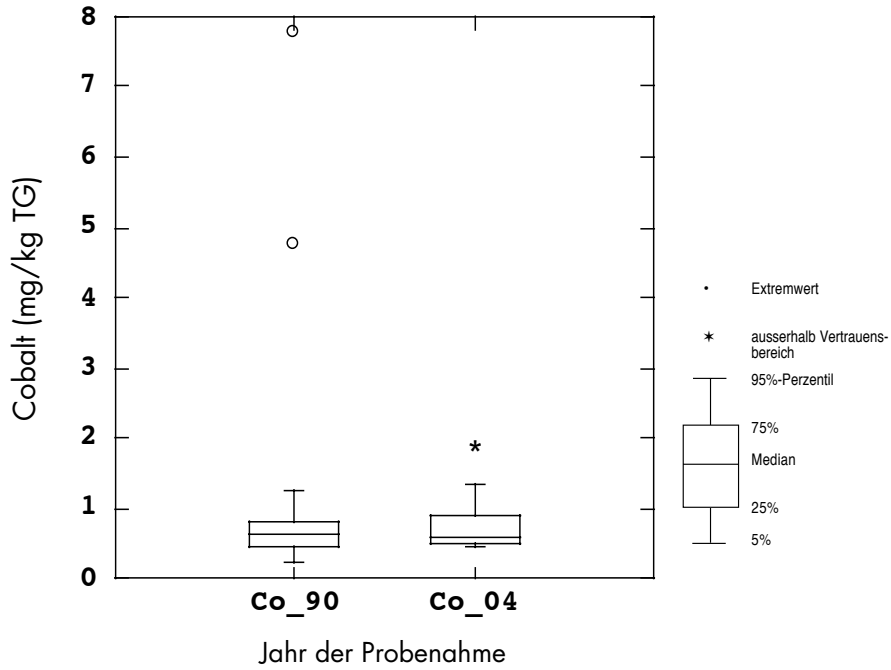


Abb. 15 Statistische Verteilung der Cobalt-Belastung (Box Plot) von Flechten im Zeitraum 1990/2004.

Stark erhöhte Cobalt-Werte haben sich gegenüber der Ersterfassung ganz markant verringert. Auch der Medianwert hat sich ebenfalls leicht verringert.

Eisen: Belastungsveränderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

Hauptemittenten und Quellen
Motorfahrzeugverkehr (Motoren, Ventile, Karrosserieteile sowie Additiv von Bremsbelägen), metallverarbeitende Industrie (Stahlwerke, Giessereien), Korrosion (Rost), Verunreinigungen von Energieträgern (Feuerungen), Schmiermitteladditiv, Mineraldünger, Klärschlamm sowie die Kehrichtverbrennung.

Haupt-Aufnahmewege beim Menschen
Luft, Boden, Wasser, Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
essentiell; Blutbildner, geringe Toxizität; Zellgift bei hoher Konzentration.

Eisen-Belastung früher und heute ...

Sieben von acht Berner Standorten zeigen auch eine leicht verminderte bis gleichbleibende Eisen-Belastung. Einzig am «Eigerplatz» wurde eine leicht erhöhte Eisen-Belastung gemessen, dort wurde auch der Maximalwert aller Standorte festgestellt (Abb. 16). Dies kann mit einem veränderten Bremsverhalten am Eigerplatz erklärt werden, denn Bremsbeläge sind an Verkehrsstandorten auch eine relevante Belastungsquelle von Eisen und anderen Legierungsmetallen wie Cu,Cr, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn, Zr sowie von Ba.

Die tiefsten Belastungswerte Eisen wurden an den Standorten «Elfenau», «Sonnenhof» und «Schwabgut» gemessen.

Die mittlere Belastungsabnahme an Eisen aller acht Standorte muss mit 8% als gering und statistisch nicht signifikant bezeichnet werden.

Die statistische Verteilung (Box-Plots) der Eisen-Belastung im Zeitraum 1990/2004 zeigt Abb. 17 auf.

Eisen zeigt im 14-jährigen Zeitvergleich kaum Veränderungen im Verteilungsbild. Einzig die Extrem- und Perzentilwerte haben etwas abgenommen.

Eisen: Belastungsverminderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

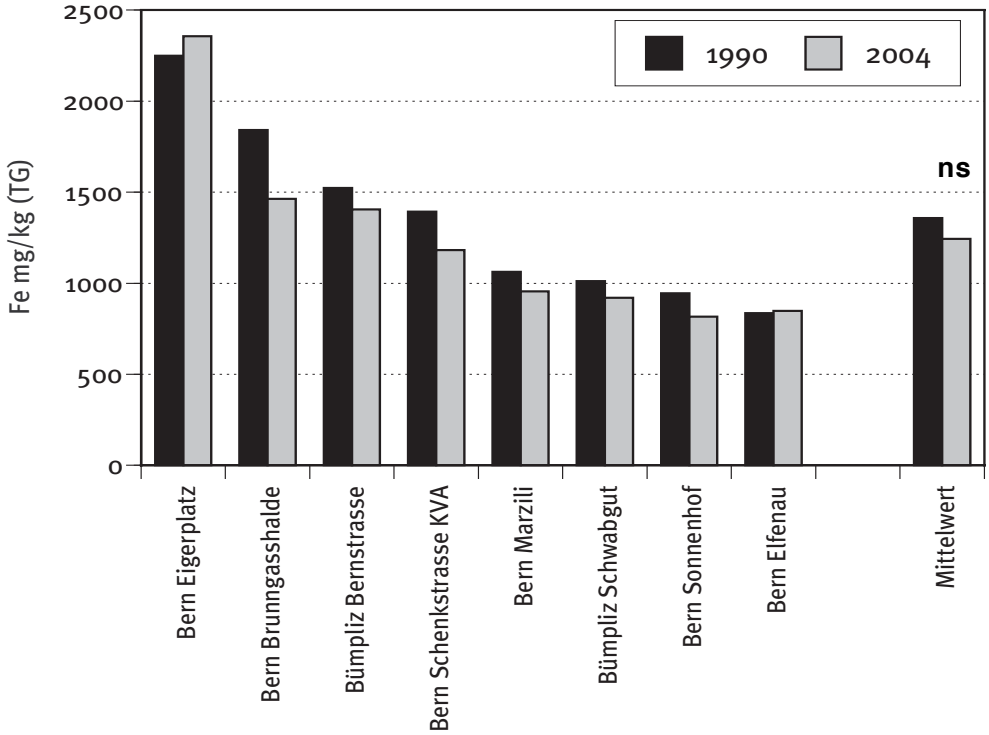


Abb. 16 Veränderung der Eisen-Belastung von Flechten in der Stadt Bern 1990/2004.

Insgesamt zeigen heute sechs von acht Berner Standorte eine leicht geringere Eisen-Belastung.

Der Mittelwert der Eisen-Belastung hat sich gegenüber 1990 mit 8% aber nur geringfügig verringert.

Eisen: Verteilung der Belastung in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

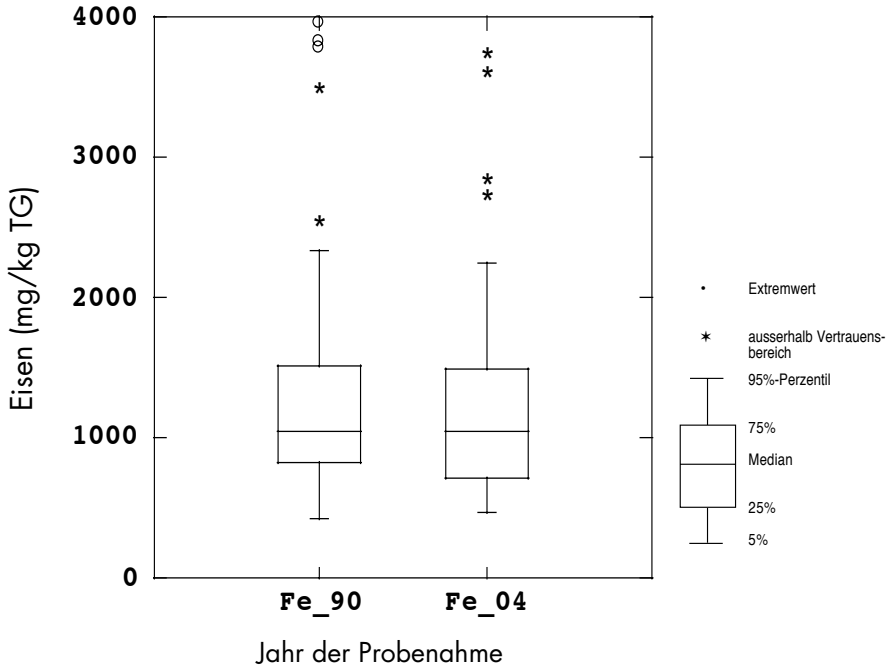


Abb. 17 Statistische Verteilung der Eisen-Belastung (Box Plot) von Flechten im Zeitraum 1990/2004.

Der Median der Eisen-Belastungen hat sich kaum verändert. Das aktuelle Belastungsbild weist etwas weniger Extremwerte auf.

Kupfer: Belastungsveränderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

Hauptemittenten und Quellen
Motorfahrzeug- und Schienenverkehr (wichtiges Additiv von Bremsbelägen), Starkstromleitungen, Metallverarbeitende und Elektroindustrie/Gewerbe (Messingproduktion, Galvanik, Wasserleitungen, Dachabdeckungen, Galvanik), Chemische Industrie (Medikamente, Farbpigmente, Beizmittel, Katalysatoren), Malereien, Druckereien, Verunreinigungen von Energieträgern (Feuerungen), Pflanzenschutz (Algi-, Fungi-, Molluskizide, z.B. Weinbau), Schweine- und Geflügelgülle/Mist (Cu-haltige Wachstumsförderer), Klärschlamm sowie die Kehrichtverbrennung bei unzureichender Rauchgasreinigung.

Haupt-Aufnahmewege beim Menschen
Luft, Boden, Wasser, Nahrungsmittel, Medikamente.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Sehr phytotoxisch; Zellgift, mässig humantoxisch.

Kupfer-Belastung früher und heute ...

Bis auf die Standorte «Brunngasshalde», «Marzili» und «Bümpliz Schwabgut», welche eine leichte Belastungsabnahme aufweisen, zeigen die andern fünf Berner Standorte einen leichten bis sogar deutlichen Belastungsanstieg von Kupfer (Abb. 18). Am Deutlichsten zeigt sich diese Belastungssteigerung am Verkehrsstandort «Eigerplatz» aber auch in der «Elfenau». Am Standort Eigerplatz» wurde für 2004 auch die Maximalbelastung gemessen. Besonders häufige Bremsmanöver im Gebiet Eigerplatz bis Schwarztorstasse könnten diese Mehrbelastung verursacht haben. Währenddem Bremsbeläge noch bis in die späten Achzigerjahre Asbest als Wärmeschutzelement enthielten, übernimmt heute in modernen Bemsbelägen Kupfer, zusammen mit anderen Schwermetallen, diesen unabdingbare Wärmeableitungsfunktion.

Auffallend ist auch die Belastungssteigerung am Standorte «Elfenau». Wir vermuten, dass der vermehrte Einsatz von Kupfer in der Bautechnik und insbesondere der landwirtschaftlichen Anwendung (Schweine- und Geflügel-Jauche im anstossenden Feld, bzw. Cu-haltige Spritzmittel in der Stadtgärtnerei) die Ursache dieser erhöhten Kupfer-Belastung sein könnten. Die tiefsten Belastungswerte von Kupfer wurden an den Standorten «Sonnenhof» und «Schwabgut» gemessen.

Die mittlere Belastungszunahme an Kupfer aller acht Berner Standorte fällt mit 13% relativ gering aus und muss als statisisch nicht signifikant bezeichnet werden.

Die statistische Verteilung (Box-Plots) der Kupfer-Belastung im Zeitraum 1990/2004 zeigt Abb. 19. Im 14-jährigen Zeitvergleich bestätigt sich diese Belastungszunahme, welche sich in einer etwas breiteren Verteilung und mehr Extremwerten, bei sonst konstantem Median auszeichnet.

Kupfer: Belastungszunahme von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

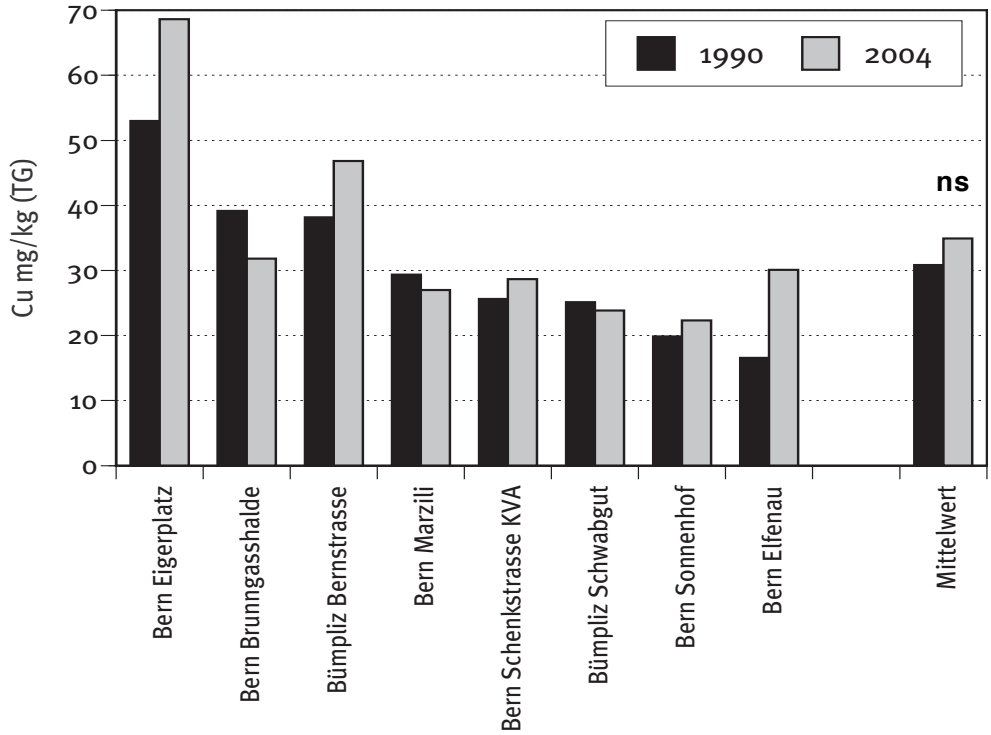


Abb. 18 Veränderung der Kupfer-Belastung von Flechten in der Stadt Bern 1990/2004.

Die Kupfer-Belastung hat an fünf von acht Berner Standorten zugenommen.
Im Mittel aller Standorte beträgt diese Zunahme 13%.
Moderne Cu-haltige Bremsbeläge von Motorfahrzeugen und Zügen und der bereite Einsatz in der Bautechnik sind heute die Quellen für diese leichte Mehrbelastung. Schweinegülle und Cu-haltige Spritzmittel kommen in der «Elfenau» zusätzlich in Betracht.

Kupfer: Verteilung der Belastung in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

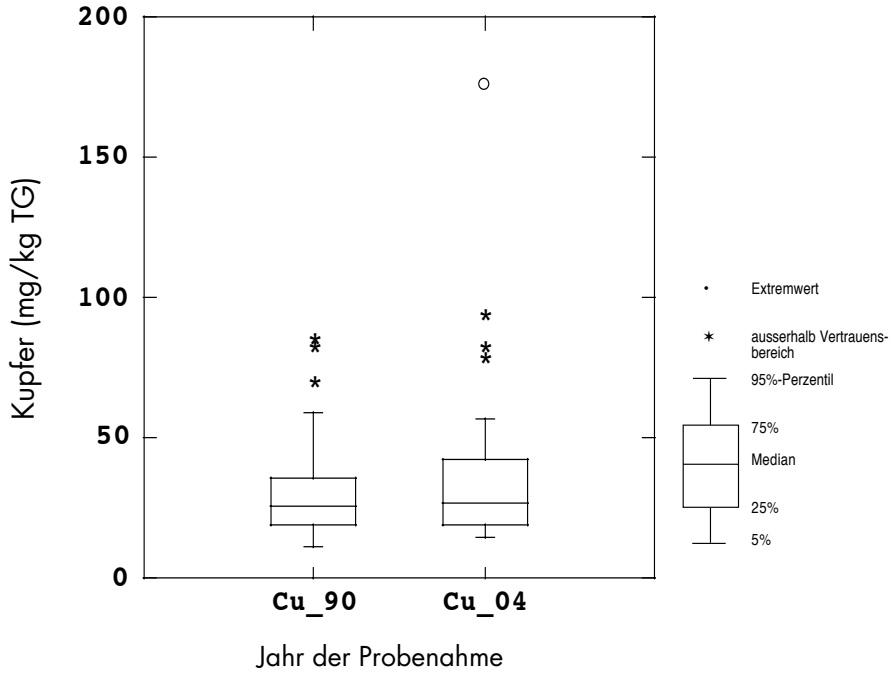


Abb. 19 Statistische Verteilung der Kupfer-Belastung (Box Plot) von Flechten im Zeitraum 1990/2004.

Die Kupfer-Belastung hat innerhalb von 14 Jahren leicht zugenommen.
Das aktuelle Belastungsbild weist auch eine etwas breitere Verteilung und mehr Extremwerte auf.

Zink: Belastungsveränderung von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

Hauptemittenten und Quellen

Motorfahrzeug- und Schienenverkehr (wichtiges Additiv von Bremsbelägen), Metallverarbeitende Industrie (Zinkereien, Stahllegierung, Messingproduktion, Schmiermittel, Batterien, Leuchtstoffröhren), Chemische und Kunststoffindustrie, Druckereien (Medikamente, Farbpigmente, Vulkanisierung, Reproduktionstechniken und Druckbeizen, Katalysatoren, Holzimprägnierungsmittel), Verunreinigungen von Energieträgern (Feuerungen), Mineraldünger, Klärschlamm sowie die Kehrichtverbrennung bei unzureichender Rauchgasreinigung.

Haupt-Aufnahmewege beim Menschen

Luft, Wasser, Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch

In Spuren essentiell; mässig phytotoxisch, gering humantoxisch.

Zink-Belastung früher und heute ...

Bis auf den Standort «Brunngasshalde», welcher eine deutliche Belastungsreduktion aufweist, zeigen alle andern sieben Berner Messstandorte eine leichte bis stärkere Zunahme in der Zink-Belastung.

Der Mittelwert aller acht Berner Standorte weist eine leichte, jedoch statistisch nicht signifikante Belastungszunahme von 11% aus.

In Abbildung 19 ist die statistische Verteilung (Box-Plots) der Zink-Belastung im 14-jährigen Zeitraum dargestellt. Die Belastung mit Zink hat geringfügig zugenommen. Das aktuelle Belastungsbild weist zudem eine etwas breitere statistische Verteilung auf. Allerdings haben sich frühere Extremwerte reduziert.

Zink ist das in der Industrie-Gewerbe, Verkehr, Verbrennungsanlagen, Haustechnik und der landwirtschaftlichen Nutzung (Mineraldünger, Klärschlammeinsatz) am weitesten verbreitete Schwermetall.

Offensichtlich hat bisher die lufthygienische Quellenbekämpfung bei diesem Metall noch nicht im demselben Umfang gegriffen, wie bei den anderen Schadstoffen. Dies belegen auch die Vergleichsergebnisse unserer Erfolgskontroll-Untersuchungen in der Region Biel (1998) und im Kanton Appenzell a. Rh. (2000), welche in Tab. 12 präsentiert wurden.

Zink: Belastungszunahme von Flechten in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

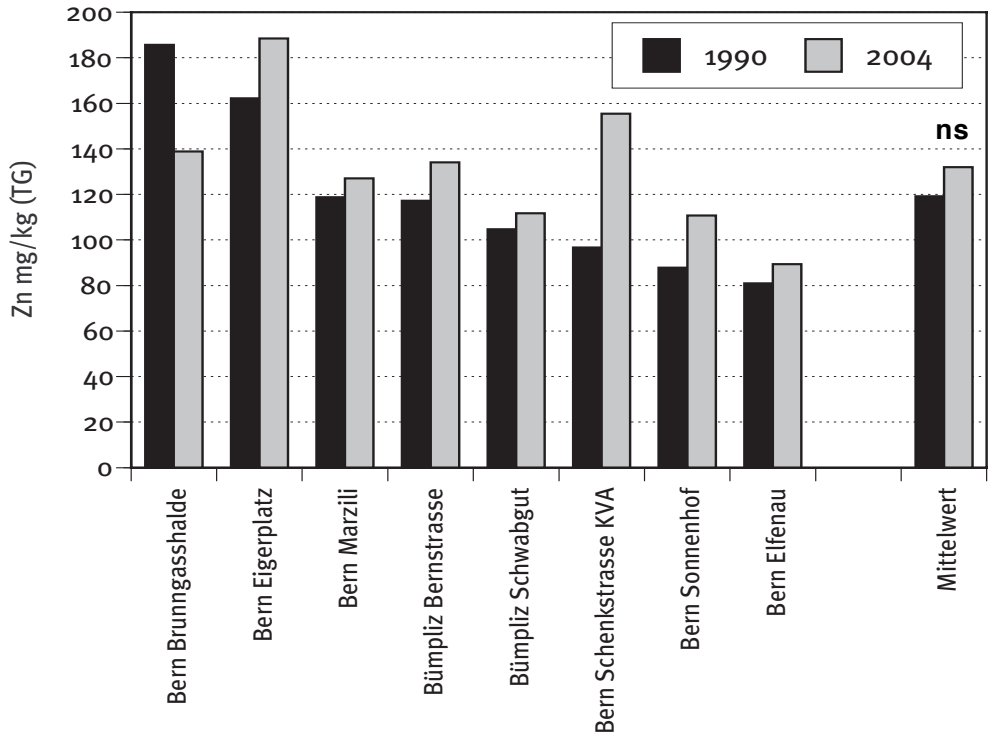


Abb. 20 Veränderung der Zink-Belastung von Flechten in der Stadt Bern 1990/2004.

Bis auf den Standort «Brunngasshalde», welcher eine deutliche Belastungsreduktion aufweist, zeigen alle andern Berner Standorte eine leichte bis stärkere Zunahme in der Zink-Belastung auf.
Der Mittelwert aller acht Berner Standorte weist eine leichte, jedoch nicht signifikante Belastungszunahme an Zink von 11% aus.

Zink: Verteilung der Belastung in der Stadt Bern im Zeitraum 1990/2004

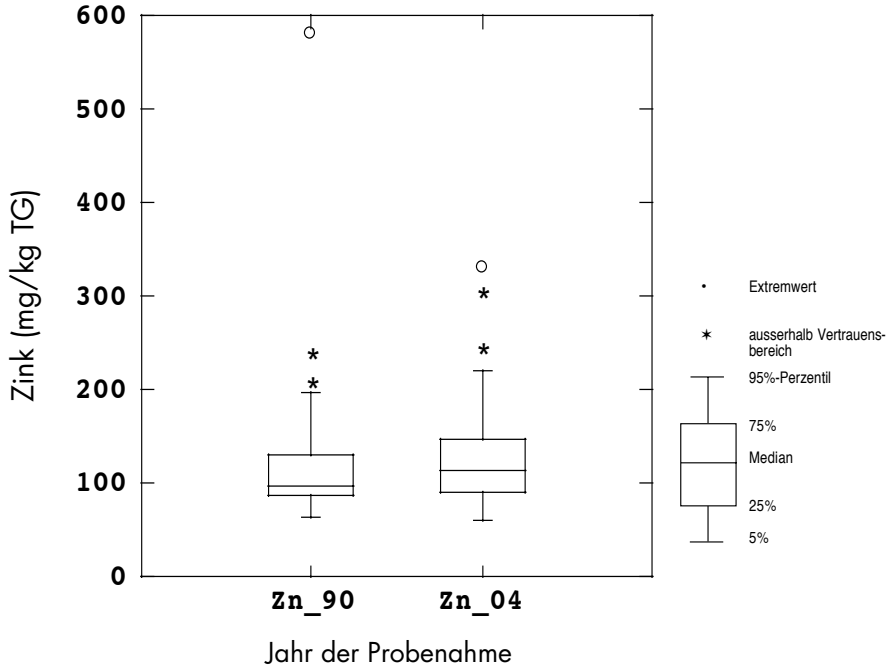


Abb. 21 Statistische Verteilung der Zink-Belastung (Box Plot) von Flechten im Zeitraum 1990/2004.

Die Belastung mit Zink hat geringfügig zugenommen. Das aktuelle Belastungsbild weist eine etwas breitere statistische Verteilung auf. Allerdings haben sich frühere Extremwerte deutlich reduziert.
Der vielfältige Einsatz von Zink im Verkehr in modernen Bremsbelägen, der Bautechnik in Industrie-Gewerbe und der landwirtschaftlichen Nutzung (Mineraldünger) wird als Ursache der erhöhten Belastung angesehen.

6.2 Luftbelastung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen PAKs

6.2.1 PAK-Belastung an den Untersuchungsstandorten von Bern und Köniz - Stationstafeln

Die nachfolgenden zweiseitigen Stationstafeln präsentieren die vollständigen Messdaten der analysierten 28 PAK-Einzelsubstanzen und eine Reihe von PAK-Summenparametern und enthalten auch Angaben zur Immissions- und Verkehrsbelastung der Messstandorte. Diese Daten dienen in Kapitel 6.2.2 zur umfassenden Charakterisierung der Untersuchungsstandorte bezüglich der Einzelstoff- und Gesamtbelastung von PAKs.

Da der Referenzstandort Forst-Neuenegg im Rahmen der MfM-U-Studie des BUWAL auch auf das vollständige Kollektiv der 17 Schwermetalle und Gesamtschwefel analysiert wurde und daher auch der Schwermetall-Belastungsindex von 13 relevanten luftbürtigen Metallen bestimmt werden konnte, werden auch diese Daten in der entsprechenden Stationstafel gezeigt. Dieses standardisierte Auswertungs- und Darstellungsverfahren basiert auf der standardisierten Klassifikation der Messdaten, welche gebietsübergreifende Belastungsvergleiche (HERZIG 1992, AGB 1992). Weil die Schwermetallanalysen der Stadt Bern nur auf acht ausgewählten Metallen beruhen, waren die Bestimmung der Schwermetall-Belastungsindizes und diesbezügliche Belastungsanalysen nicht möglich.

Für die **Polyaromate PAKs** existiert bisher noch keine stanardisierte Belastungsklassifikation wie für die Schwermetalle, welche sich für gebietsübergreifende Belastungsanalysen und Erfolgskontrollen seit Jahren sehr bewährt. In Ermangelung dieser einheitlichen Klassifikation erfolgen die Belastungsvergleiche bei den PAKs in den Stationstafeln und nachfolgenden Kapiteln aufgrund von Standortmittelwerten, basierend auf mind. drei repräsentativen Flechtenproben, die an verschiedenen Trägerbäumen in den jeweiligen Messstandorten entnommen und analysiert wurden.

Reihenfolge der Stationstafeln

Die nachfolgenden Stationstafeln zeigen nur die im Rahmen der Berner Erfolgskontrolle 1990-2004 untersuchten fünf verkehrsbezogenen Messstandorte von Bern und Köniz: «Wankdorf», «Forsthaus», «Eigerplatz», «Burgernziel» und «Köniz-Neuhausplatz» sowie die beiden Standorte «Elfenau» und «Forst-Neuenegg» mit einer Hintergrundsbelastung.

Das vollständige Kollektiv aller 22 verkehrsbezogenen Messstandorte entlang der Nord-Südachse der Transitautobahn A2, mit Beginn am Grenzposten Basel-Weil und endend in Chiasso-Progeda sowie Rothenbrunnen an der A13, welche im Rahmen der BUWAL Studie «Monitoring flankierende Massnahmen - Umwelt MfM-U» untersucht wurden, sind im diesbezüglichen Fachbericht des BUWAL dargestellt (AGB 2005).

Standort Nr. 12: Bern Wankdorf

Kontinuierliche und diskontinuierliche Immissionsmessung in der Nähe, kant. Verkehrsmessung. MfM-U-Standort.

Nähere Umgebung: A1/A6-Autobahnzubringer mit sehr hohem Schwerverkehrsanteil.

Standortcharakteristik: hochfrequentierter Verkehrsstandort mit sehr hohem LKW-Einfluss im Nahbereich.

Besonderheiten: Spezialstandort einer Erfolgskontrollstudie der Stadt Bern und des MfM-U; ohne Schwermetallerfassung.
Extrem hohe Belastung für die meisten Polyaromate und PAK-Summenparameter, incl. der mutagenen/kanzerogenen PAKs. Stärkere Belastungswerte als an beiden LKW-Checkpoints Basel und Chiasso des MfM-U.

Luftgesamtbelastung gering; jedoch in der weiteren Umgebung erfasst.

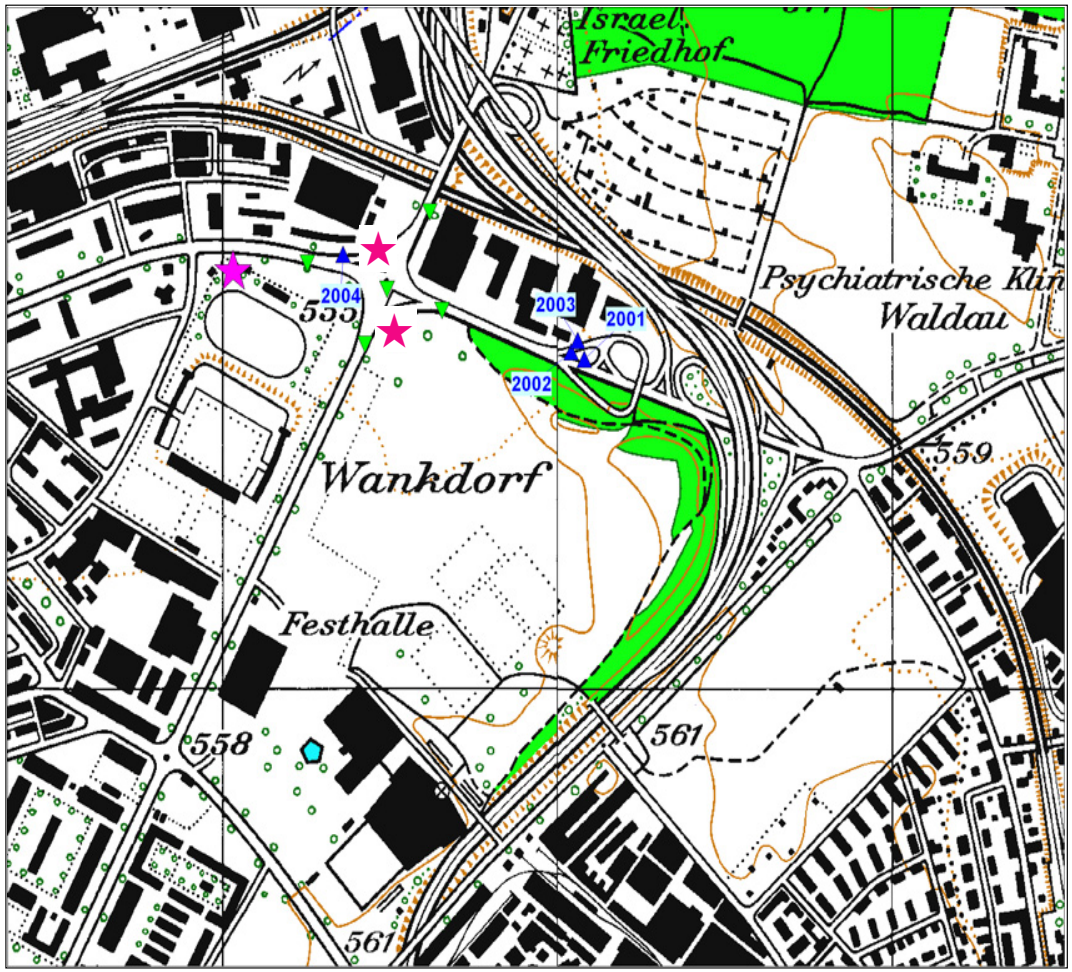
Biomonitoring Kenngrössen

Schwermetalle	mg/kg	Prädikat
Schwermetall-Belastungsindex		
Antimon		
Molybdän		
Vanadium		
Platin		
Cer		
Luftgesamtbelastung (IAP18)	**51**	**gering**

Polyaromate PAKs		µg/kg
PAK-Summe 27		**12933**
Summe mutagener PAKs	m	**8826**
Summe kanzerogener PAKs	k	**6096**
Summe mut./kanz. PAKs	m, k	**4102**
Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	2131
Benzo(a)pyren	k,m	480
Indeno(1,2,3-cd)pyren	k	710

Standort Nr. 12: Bern-Wankdorf, Autobahnkreuz mit Hauptachsen

MfM-U Biomonitoring - Ersterfassung 2003



Legende:
- anorganische Probenahme mit Probenummer
- organische Probenahme mit Probenummer
- technische Immissionsmessung
- Verkehrsmessung

Standort Nr. 12: Bern Wankdorf

Kategorie 1: Stadt, Verkehr

Anorganische Luftschadstoffe: Schwermetalle / Belastungssituation

PNr.						Statistische Werte				Klasse	Piktogramm	Belastungs-Prädikat	Kürzel
Elemente	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Mean	SD	Median	N	1-6			
Blei													Pb
Cadmium													Cd
Kupfer													Cu
Zink													Zn
Eisen													Fe
Molybdän													Mo
Chrom													Cr
Cobalt													Co
Nickel													Ni
Vanadium													V
Arsen													As
Zinn													Sn
Antimon													Sb
Platin													Pt
Palladium													Pd
Cer													Ce
Gesamt-schwefel													S-total
Luftgüte	38.0	64.0	64.0	51.0	39.0	51	13		5			gering	
Schwermetall-Belastungs-Index													

Keine Daten

Organische: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

PNr.		2001	2002	2003	2004	Statistische Werte				Kürzel
PAK-Substanzen, Tox.		µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	Mean	SD	Median	N	
Naphthalin	K?	115	98	74	100	**97**	17	**99**	4	Napt
Acenaphthylen	m?	64	50	37	38	**48**	13	**44**	4	Aceny
Acenaphthen	m?	n.n	n.n	20	n.n	**20**	.	**20**	1	Acene
Fluoren	-	62	76	82	47	**67**	16	**69**	4	Fluo
Phenanthren	m?,k	1239	1232	1668	593	**1183**	443	**1236**	4	Phe
Anthracen	-	67	37	38	36	**45**	15	**38**	4	Antrc
3.6-Dimethylphenanthren		84	83	82	136	**96**	26	**84**	4	36Dip
Fluoranthen	k?,m	1773	1746	3338	653	**1878**	1104	**1759**	4	Fluoa
Pyren	m?,k?	1312	1334	2364	536	**1387**	750	**1323**	4	Pyr
Benzo(b)fluoren	m?,k?	43	37	55	.	**45**	9	**43**	3	Bzbfl
Benzo(c)phenanthren	km	100	100	165	26	**98**	57	**100**	4	Bzcph
Benz(a)anthracen	k, m	338	307	502	77	**306**	175	**323**	4	Bzaant
Chrysen	k, m	909	893	1656	202	**915**	594	**901**	4	Chry
Benzo(b)fluoranthen	k,m	930	1419	4576	191	**1779**	1932	**1174**	4	Bzbfla
Benzo(k)fluoranthen	k,m	245	411	635	115	**352**	225	**328**	4	Bekfla
Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	1175	1830	5212	307	**2131**	2147	**1502**	4	Bzbkfla
Benzo(b)naphtho-(1,2-d) thiophen		29	192	54	n.n	**92**	88	**54**	3	Bz12t
Benzo(e)pyren	k?,m	273	333	140	160	**226**	92	**216**	4	BeP
Benzo(a)pyren	k,m	479	438	905	98	**480**	331	**458**	4	BaP
Perylen	m	531	175	262	84	**263**	193	**218**	4	Pery
Dibenz(a,j)anthracen	?	125	336	164	n.n	**208**	112	**164**	3	Dibajp
Indeno(123-c,d)pyren	k	401	1179	1087	174	**710**	498	**744**	4	I123py
Dibenz(a,h)athracen	k,m	439	164	48	38	**172**	187	**106**	4	Diaha
Benzo(g,h,i)perylen	m	2394	1872	3481	922	**2167**	1067	**2133**	4	Bghip
Anthanthren	-	95	n.n	345	n.n	**220**	177	**220**	2	Anta
Dibenz(a,l)pyren	k,m?	246	45	113	n.n	**134**	102	**113**	3	Dibalp
Coronen	k?,m	570	69	28	95	**190**	254	**82**	4	Cor
Dibenz(a,h)pyren	k,m	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	.	.	0	Dibahp
PAK Summe 27		**12866**	**12624**	**21920**	**4323**	**12933**	7188	**12745**	4	PAK27
PAK Summe 20		12238	11832	21287	4161	12379	7005	12035	4	PAK20
∑ 14 mutagener PAKs	m	**8982**	**7925**	**15736**	**2662**	**8826**	5372	**8454**	4	PAK14
∑ 12 kanzerogener PAKs	k	**5326**	**6187**	**11355**	**1514**	**6096**	4052	**5757**	4	PAK12
∑ 9 mut. & kanz.PAKs	m,k	**3441**	**3731**	**8487**	**747**	**4102**	3218	**3586**	4	PAK9

Luftimmission:

Stickstoffdioxid (NO_2)		LRV IGW	Feinstaub (PM10)		LRV IGW	Ozon (O_3)		LRV IGW
Jahresmittel [µg/m³]	**38 ***	30	Jahresmittel [µg/m³]		20	Jahresmittel [µg/m³]		–
max .Tagesmittel [µg/m³]	92	-	max .Tagesmittel [µg/m³]		-	Anz. Stundenmittel > 120 µg/m³		1
Anzahl Tage > 80 µg/m³	**4**	1	Anzahl Tage > 50 µg/m³		1	max. Stundenmittel [µg/m³]		–

Verkehrsmenge: Bern-Schermenstrasse, Link 503310.01

DTV Total	Personen-wagen (K3)	Güterverkehr (K1,4,6,7)	Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil PW-Verkehr (K3)	%-Anteil Güterverkehr (K1,4,6,7)	%-Anteil Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil Busse, Cars (K1)	%-Anteil Motorrad (K2)	Messdauer 2003
32900									

20330 * Bern-Winkelriedstrasse, Link 504105.01

Toxikologie der PAKs

m: gesichert mutagen
m?: vermutlich mutagen
k: gesichert kanzerogen
k?: vermutlich kanzerogen

Quelle: WHO, 1998, 2003. Health risks of persistant organic rollutants from long-range transboundary air pollution.

Standort Nr. 13: Bern Forsthaus

Kontinuierliche und diskontinuierliche Immissionsmessung in der Nähe, kant. Verkehrsmessung. MfM-U-Standort.

Nähere Umgebung: A1/A12-Autobahnzubringer Weyermannshaus und Hauptachse Murtenstrasse mit hohem Schwerverkehrsanteil.

Standortcharakteristik: hochfrequentierter Verkehrsstandort mit hohem LKW-Einfluss im Nahbereich.

Besonderheiten: Spezialstandort der Erfolgskontrollstudie der Stadt Bern und des MfM-U, ohne Schwermetallerfassung.
Hohe Belastung für die meisten Polyaromate, incl. der mutagenen und kanzerogenen PAKs sowie der PAK-Summenwerte.

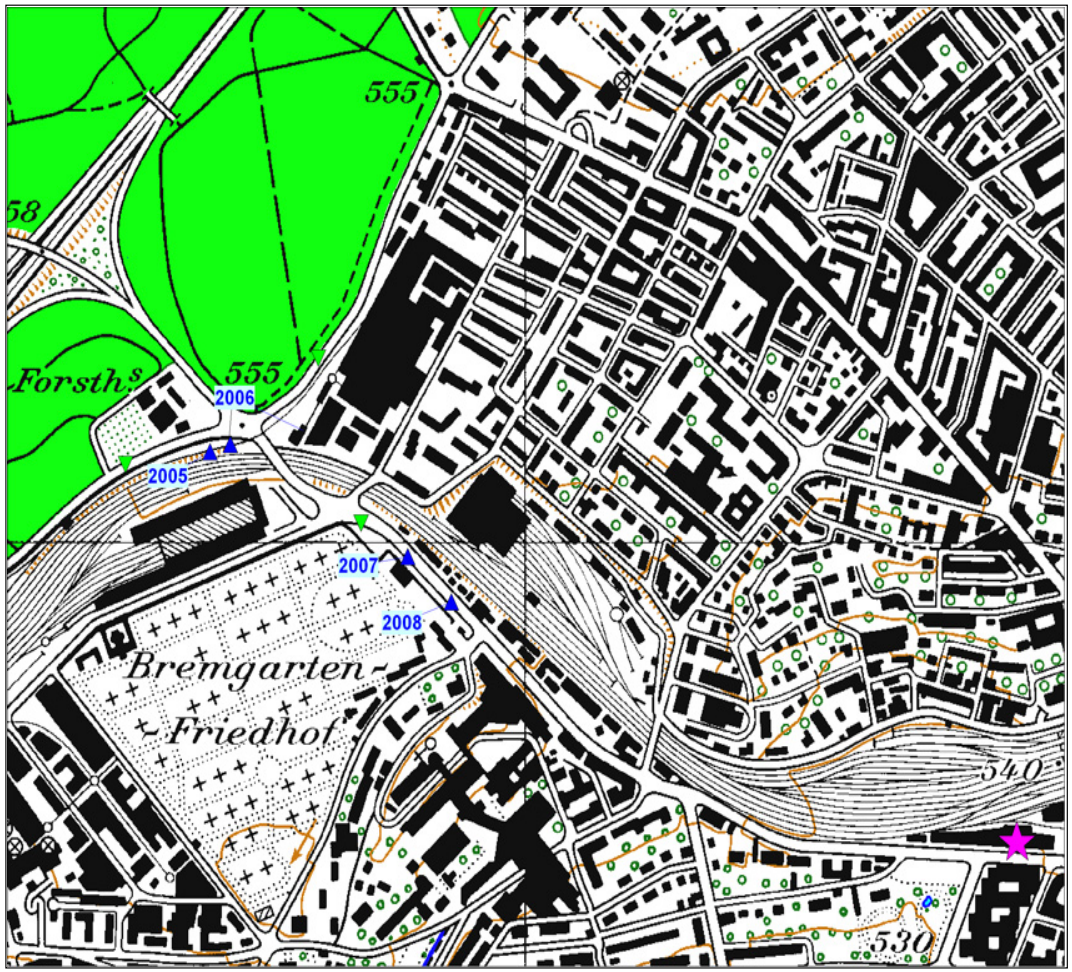
Luftgesamtbelastung mittel; jedoch in der weiteren Umgebung erfasst.

Biomonitoring Kenngrössen

Schwermetalle	mg/kg	Prädikat
Schwermetall-Belastungsindex		kritisch hoch
Antimon		
Molybdän		
Vanadium		
Platin		
Cer		
Luftgesamtbelastung (IAP18)	**33**	**mittel**

Polyaromate PAKs		µg/kg
PAK-Summe 27		**6373**
Summe mutagener PAKs	m	**3970**
Summe kanzerogener PAKs	k	**2360**
Summe mut./kanz. PAKs	m, k	**1254**
Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	553
Benzo(a)pyren	k,m	139
Indeno(1,2,3-cd)pyren	k	226

MfM-U Biomonitoring - Ersterfassung 2003



Legende:
- ● anorganische Probenahme mit Probenummer
- ▲ organische Probenahme mit Probenummer
- ★ technische Immissionsmessung
- ▼ Verkehrsmessung

Standort Nr. 13: Bern-Forsthaus, Autobahnverzweigung Weyermannshaus mit Hauptachse Murtenstrasse

Standort Nr. 13: Bern Forsthaus

Kategorie 1: Stadt, Verkehr

Anorganische Luftschadstoffe: Schwermetalle / Belastungssituation

PNr.						Statistische Werte				Klasse	Piktogramm	Belastungs-Prädikat	Kürzel
Elemente	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Mean	SD	Median	N	1-6			
Blei													Pb
Cadmium													Cd
Kupfer													Cu
Zink													Zn
Eisen													Fe
Molybdän													Mo
Chrom													Cr
Cobalt													Co
Nickel													Ni
Vanadium													V
Arsen													As
Zinn													Sn
Antimon													Sb
Platin													Pt
Palladium													Pd
Cer													Ce
Gesamt-schwefel													S-total
Luftgüte	19.0	22.0	29.0	54.0	39.0	33	14		5			mittel	
Schwermetall-Belastungs-Index													

Keine Daten

Organische: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

PNr.		2005	2006	2007	2008	Statistische Werte				Kürzel
PAK-Substanzen, Tox.		µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	Mean	SD	Median	N	
Naphthalin	K?	110	148	114	118	**122**	17	**116**	4	Napt
Acenaphthylen	m?	51	65	56	53	**56**	6	**55**	4	Aceny
Acenaphthen	m?	25	234	n.n	16	**92**	123	**25**	3	Acene
Fluoren	-	78	76	83	77	**78**	3	**77**	4	Fluo
Phenanthren	m?,k	694	970	905	785	**839**	123	**845**	4	Phe
Anthracen	-	38	54	33	108	**59**	34	**46**	4	Antrc
3.6-Dimethylphenanthren		60	72	59	73	**66**	8	**66**	4	36Dip
Fluoranthen	k?,m	899	988	882	891	**915**	49	**895**	4	Fluoa
Pyren	m?,k?	641	775	714	742	**718**	57	**728**	4	Pyr
Benzo(b)fluoren	m?,k?	21	30	n.n	31	**27**	6	**30**	3	Bzbfl
Benzo(c)phenanthren	km	42	37	38	41	**39**	3	**39**	4	Bzcph
Benz(a)anthracen	k, m	137	126	114	125	**126**	9	**126**	4	Bzaant
Chrysen	k, m	309	347	332	319	**327**	17	**325**	4	Chry
Benzo(b)fluoranthen	k,m	371	413	267	594	**411**	137	**392**	4	Bzbfla
Benzo(k)fluoranthen	k,m	145	171	181	68	**141**	51	**158**	4	Bekfla
Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	517	584	448	663	**553**	92	**550**	4	Bzbkfla
Benzo(b)naphtho-(1,2-d) thiophen		n.n	10	73	72	**52**	36	**72**	3	Bz12t
Benzo(e)pyren	k?,m	105	193	186	177	**165**	41	**181**	4	BeP
Benzo(a)pyren	k,m	160	149	139	110	**139**	21	**144**	4	BaP
Perylen	m	70	127	158	46	**100**	51	**98**	4	Pery
Dibenz(a,j)anthracen	?	n.n	102	18	n.n	**60**	59	**60**	2	Dibajp
Indeno(123-c,d)pyren	k	393	243	121	149	**226**	123	**196**	4	I123py
Dibenz(a,h)athracen	k,m	n.n	57	159	66	**94**	56	**66**	3	Diaha
Benzo(g,h,i)perylen	m	1302	1990	1320	541	**1288**	592	**1311**	4	Bghip
Anthanthren	-	n.n	n.n	162	n.n	**162**	.	**162**	1	Anta
Dibenz(a,l)pyren	k,m?	44	97	21	.	**54**	39	**44**	3	Dibalp
Coronen	k?,m	223	278	225	262	**247**	27	**244**	4	Cor
Dibenz(a,h)pyren	k,m	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	.	.	0	Dibahp
PAK Summe 27		**5917**	**7751**	**6361**	**5464**	**6373**	989	**6139**	4	PAK27
PAK Summe 20		5751	7403	6152	5246	6138	921	5951	4	PAK20
∑ 14 mutagener PAKs	m	**3763**	**4876**	**4001**	**3239**	**3970**	683	**3882**	4	PAK14
∑ 12 kanzerogener PAKs	k	**2295**	**2611**	**2276**	**2258**	**2360**	168	**2286**	4	PAK12
∑ 9 mut. & kanz.PAKs	m,k	**1165**	**1301**	**1229**	**1324**	**1254**	72	**1265**	4	PAK9

Luftimmission:

Stickstoffdioxid (NO_2)		LRV IGW	Feinstaub (PM10)		LRV IGW	Ozon (0_3)		LRV IGW
Jahresmittel [µg/m³]		30	Jahresmittel [µg/m³]		20	Jahresmittel [µg/m³]		–
max .Tagesmittel [µg/m³]		-	max .Tagesmittel [µg/m³]		-	Anz. Stundenmittel > 120 µg/m³		1
Anzahl Tage > 80 µg/m³		1	Anzahl Tage > 50 µg/m³		1	max. Stundenmittel [µg/m³]		–

Verkehrsmenge: Murtenstrasse-Steigerhubelstr

DTV Total	Personen-wagen (K3)	Güterverkehr (K1,4,6,7)	Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil PW-Verkehr (K3)	%-Anteil Güterverkehr (K1,4,6,7)	%-Anteil Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil Busse, Cars (K1)	%-Anteil Motorrad (K2)	Messdauer 2003
14500									

Toxikologie der PAKs

m: gesichert mutagen
m?: vermutlich mutagen
k: gesichert kanzerogen
k?: vermutlich kanzerogen

Quelle: WHO, 1998, 2003. Health risks of persistant organic rollutants from long-range transboundary air pollution.

Standort Nr. 14: Bern Eigerplatz

NO_2-Passivsammlermessung in der Nähe, kant. Verkehrsmessung. MfM-U-Standort.

Nähere Umgebung: Städtische Hauptverkehrsachse.

Standortcharakteristik: hochfrequentierter Verkehrsstandort mit sehr hohem LKW-Einfluss im Nahbereich.

Besonderheiten: Spezialstandort einer Erfolgskontrollstudie der Stadt Bern und des MfM-U; ohne Schwermetallerfassung.
Relativ hohe Belastung für die meisten Polyaromate, incl. der mutagenen und kanzerogenen PAKs sowie der PAK-Summenwerte.

Luftgesamtbelastung kritisch hoch; jedoch in der weiteren Umgebung erfasst.

Biomonitoring Kenngrössen

Schwermetalle	mg/kg	Prädikat	Polyaromate PAKs		µg/kg
Schwermetall-Belastungsindex			PAK-Summe 27		**3838**
Antimon			Summe mutagener PAKs	m	**2328**
Molybdän			Summe kanzerogener PAKs	k	**1431**
Vanadium			Summe mut./kanz. PAKs	m, k	**765**
Platin			Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	319
Cer			Benzo(a)pyren	k,m	91
Luftgesamtbelastung (IAP18)	**16**	**kritisch hoch**	Indeno(1,2,3-cd)pyren	k	129

MfM-U Biomonitoring - Ersterfassung 2003

Legende:
- ● anorganische Probenahme mit Probenummer
- ▲ organische Probenahme mit Probenummer
- ★ technische Immissionsmessung
- ▼ Verkehrsmessung

Standort Nr. 13: Eigerplatz, innenstädtische Hauptverkehrsachse

Standort Nr. 14: Bern Eigerplatz

Kategorie 1: Stadt, Verkehr

Anorganische Luftschadstoffe: Schwermetalle / Belastungssituation

PNr.						Statistische Werte				Klasse	Piktogramm	Belastungs-Prädikat	Kürzel
Elemente	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Mean	SD	Median	N	1-6			
Blei									0				Pb
Cadmium									0				Cd
Kupfer									0				Cu
Zink									0				Zn
Eisen									0				Fe
Molybdän									0				Mo
Chrom									0				Cr
Cobalt									0				Co
Nickel									0				Ni
Vanadium									0				V
Arsen													As
Zinn													Sn
Antimon													Sb
Platin													Pt
Palladium													Pd
Cer													Ce
Gesamt-schwefel													S-total
Luftgüte	0.0	18.0	0.0	35.0	26.0	16	16		5		kritisch hoch		
Schwermetall-Belastungs-Index													

Daten im Anhangteil

Luftimmission: 2003

Stickstoffdioxid (NO_2)		LRV IGW	Feinstaub (PM10)		LRV IGW	Ozon (O_3)		LRV IGW
Jahresmittel [µg/m³]	42	30	Jahresmittel [µg/m³]		20	Jahresmittel [µg/m³]		–
max .Tagesmittel [µg/m³]		-	max .Tagesmittel [µg/m³]		-	Anz. Stundenmittel > 120 µg/m³		1
Anzahl Tage > 80 µg/m³		1	Anzahl Tage > 50 µg/m³		1	max. Stundenmittel [µg/m³]		–

Verkehrsmenge: Eigerplatz-Philisophenweg-Schwarzenburgstr

DTV Total	Personen-wagen (K3)	Güterverkehr (K1,4,6,7)	Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil PW-Verkehr (K3)	%-Anteil Güterverkehr (K1,4,6,7)	%-Anteil Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil Busse, Cars (K1)	%-Anteil Motorrad (K2)	Messdauer 2003 /1994
13000	24200 (94)								

Toxikologie der PAKs

m: gesichert mutagen
m?: vermutlich mutagen
k: gesichert kanzerogen
k?: vermutlich kanzerogen

Quelle: WHO, 1998, 2003. Health risks of persistant organic rollutants from long-range transboundary air pollution.

Organische: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

PNr.		2009	2010	2011		Statistische Werte				
PAK-Substanzen, Tox.		µg/kg	µg/kg	µg/kg		Mean	SD	Median	N	Kürzel
Naphthalin	K?	66	129	80		92	33	80	3	Napt
Acenaphthylen	m?	19	40	44		35	14	40	3	Aceny
Acenaphthen	m?	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Acene
Fluoren	-	31	47	58		45	13	47	3	Fluo
Phenanthren	m?,k	321	525	560		468	129	525	3	Phe
Anthracen	-	70	24	52		48	23	52	3	Antrc
3.6-Dimethylphenanthren		13	59	70		48	30	59	3	36Dip
Fluoranthen	k?,m	357	596	726		560	187	596	3	Fluoa
Pyren	m?,k?	256	466	565		429	158	466	3	Pyr
Benzo(b)fluoren	m?,k?	33	65	29		42	20	33	3	Bzbfl
Benzo(c)phenanthren	km	11	26	26		21	8	26	3	Bzcph
Benz(a)anthracen	k, m	35	61	110		69	38	61	3	Bzaant
Chrysen	k, m	97	194	230		174	69	194	3	Chry
Benzo(b)fluoranthen	k,m	138	224	391		251	128	224	3	Bzbfla
Benzo(k)fluoranthen	k,m	29	95	80		68	35	80	3	Bekfla
Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	167	320	470		319	152	320	3	Bzbkfla
Benzo(b)naphtho-(1,2-d) thiophen		22	10	54		28	23	22	3	Bz12t
Benzo(e)pyren	k?,m	117	191	30		113	81	117	3	BeP
Benzo(a)pyren	k,m	68	90	115		91	24	90	3	BaP
Perylen	m	29	109	134		90	55	109	3	Pery
Dibenz(a,j)anthracen	?	13	154	65		77	71	65	3	Dibajp
Indeno(123-c,d)pyren	k	19	219	149		129	101	149	3	I123py
Dibenz(a,h)athracen	k,m	16	165	92		91	74	92	3	Diaha
Benzo(g,h,i)perylen	m	85	1128	797		670	533	797	3	Bghip
Anthanthren	-	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Anta
Dibenz(a,l)pyren	k,m?	59	53	92		68	21	59	3	Dibalp
Coronen	k?,m	14	158	217		130	104	158	3	Cor
Dibenz(a,h)pyren	k,m	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Dibahp
PAK Summe 27		1920	4829	4765		3838	1661	4765	3	PAK27
PAK Summe 20		1768	4464	4429		3554	1546	4429	3	PAK20
∑ 14 mutagener PAKs	m	997	3039	2947		2328	1153	2947	3	PAK14
∑ 12 kanzerogener PAKs	k	794	1653	1845		1431	560	1653	3	PAK12
∑ 9 mut. & kanz.PAKs	m,k	395	857	1044		765	334	857	3	PAK9

Standort Nr. 15: Bern Burgernziel

NO_2-Passivsammlermessung in der Nähe, kant. Verkehrsmessung. MfM-U-Standort.

Nähere Umgebung: Städtische Hauptverkehrsachse.

Standortcharakteristik: hochfrequentierter Verkehrsstandort mit hohem LKW-Einfluss im Nahbereich.

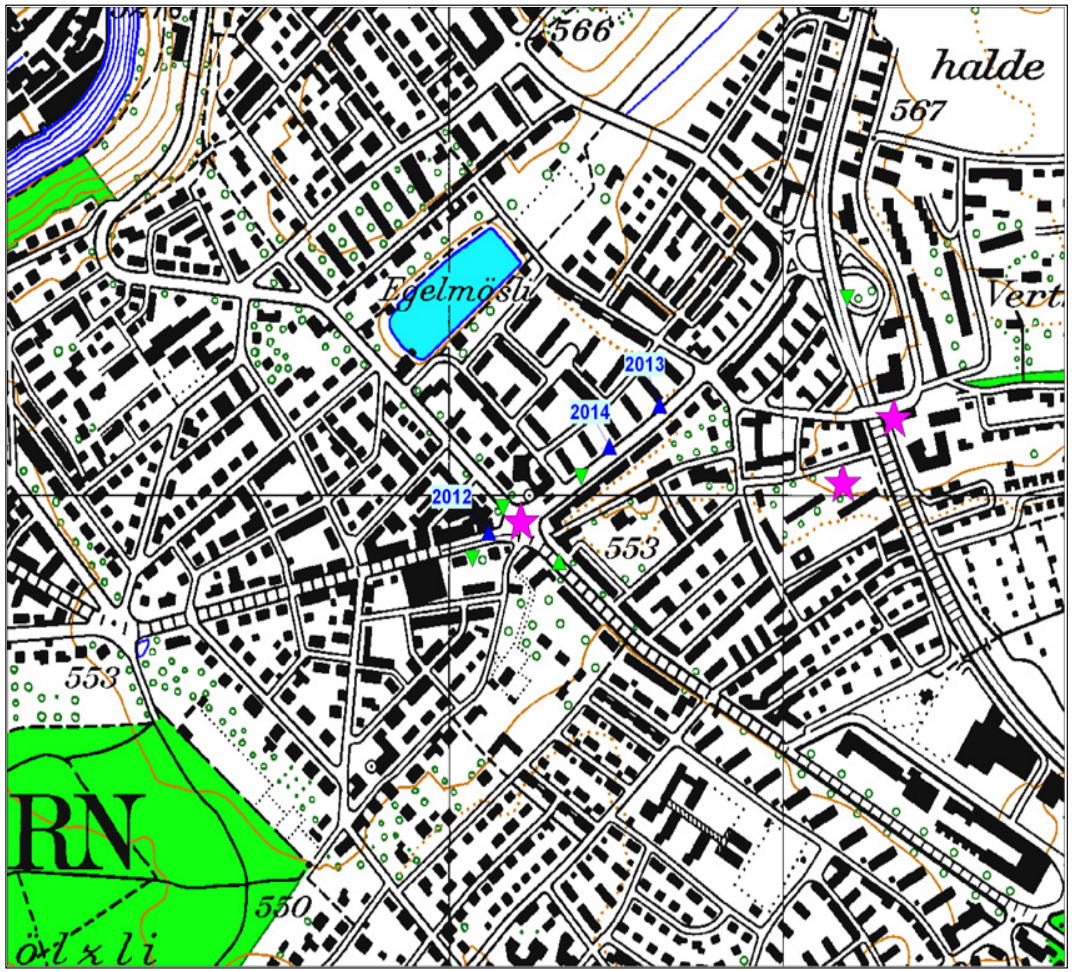
Besonderheiten: Spezialstandort einer Erfolgskontrollstudie der Stadt Bern und des MfM-U; ohne Schwermetallerfassung.
Hohe Belastung für die meisten Polyaromate, incl. der mutagenen und kanzerogenen PAKs sowie der PAK-Summenwerte.

Luftgesamtbelastung hoch; jedoch in der weiteren Umgebung erfasst.

Biomonitoring Kenngrössen

Schwermetalle	mg/kg	Prädikat	Polyaromate PAKs		µg/kg
Schwermetall-Belastungsindex			PAK-Summe 27		**6951**
Antimon			Summe mutagener PAKs	m	**3777**
Molybdän			Summe kanzerogener PAKs	k	**3093**
Vanadium			Summe mut./kanz. PAKs	m, k	**1523**
Platin			Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	482
Cer			Benzo(a)pyren	k,m	232
Luftgesamtbelastung (IAP18)	**29**	hoch	Indeno(1,2,3-cd)pyren	k	917

MfM-U Biomonitoring - Ersterfassung 2003



Legende:
- ● anorganische Probenahme mit Probenummer
- ▲ organische Probenahme mit Probenummer
- ★ technische Immissionsmessung
- ▼ Verkehrsmessung

Standort Nr. 15: Burgernziel, Autobahnzubringer N6 mit Hauptachsen Buchserstrasse, Thun- und Könizstrasse

Standort Nr. 15: Bern Burgernziel *Nachmessungen*

Kategorie 1: Stadt, Verkehr

Anorganische Luftschadstoffe: Schwermetalle / Belastungssituation

PNr.						Statistische Werte				Klasse	Piktogramm	Belastungs-Prädikat	Kürzel
Elemente	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Mean	SD	Median	N	1-6			
Blei													Pb
Cadmium													Cd
Kupfer													Cu
Zink													Zn
Eisen													Fe
Molybdän													Mo
Chrom													Cr
Cobalt													Co
Nickel													Ni
Vanadium													V
Arsen													As
Zinn													Sn
Antimon													Sb
Platin													Pt
Palladium													Pd
Cer													Ce
Gesamt-schwefel													S-total
Luftgüte	46.0	19.0	15.0	45.0	18.0	29	16		5			sehr hoch	
Schwermetall-Belastungs-Index													

Keine Daten

Organische: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

PNr.		2012	2013	2014		Statistische Werte				Kürzel
PAK-Substanzen, Tox.		µg/kg	µg/kg	µg/kg		Mean	SD	Median	N	
Naphthalin	K?	166	47	69		94	63	69	3	Napt
Acenaphthylen	m?	83	34	33		50	29	34	3	Aceny
Acenaphthen	m?	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Acene
Fluoren	-	56	32	47		45	12	47	3	Fluo
Phenanthren	m?,k	728	554	553		612	101	554	3	Phe
Anthracen	-	56	38	25		40	16	38	3	Antrc
3.6-Dimethylphenanthren		n.n	31	n.n		31	.	31	1	36Dip
Fluoranthen	k?,m	759	816	386		653	234	759	3	Fluoa
Pyren	m?,k?	811	609	268		563	274	609	3	Pyr
Benzo(b)fluoren	m?,k?	50	38	n.n		44	8	44	2	Bzbfl
Benzo(c)phenanthren	km	48	40	159		82	67	48	3	Bzcph
Benz(a)anthracen	k, m	158	112	503		258	214	158	3	Bzaant
Chrysen	k, m	446	326	584		452	129	446	3	Chry
Benzo(b)fluoranthen	k,m	192	335	285		271	72	285	3	Bzbfla
Benzo(k)fluoranthen	k,m	204	174	255		211	41	204	3	Bekfla
Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	396	509	540		482	76	509	3	Bzbkfla
Benzo(b)naphtho-(1,2-d) thiophen		15	12	n.n		13	2	13	2	Bz12t
Benzo(e)pyren	k?,m	395	267	556		406	145	395	3	BeP
Benzo(a)pyren	k,m	233	176	288		232	56	233	3	BaP
Perylen	m	89	43	112		81	35	89	3	Pery
Dibenz(a,j)anthracen	?	103	.	1949		1026	1305	1026	2	Dibajp
Indeno(123-c,d)pyren	k	869	386	1495		917	556	869	3	I123py
Dibenz(a,h)athracen	k,m	.	.	52		52	.	52	1	Diaha
Benzo(g,h,i)perylen	m	914	521	1286		907	383	914	3	Bghip
Anthanthren	-	171	n.n	69		120	72	120	2	Anta
Dibenz(a,l)pyren	k,m?	123	n.n	n.n		123	.	123	1	Dibalp
Coronen	k?,m	268	254	98		206	95	254	3	Cor
Dibenz(a,h)pyren	k,m	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Dibahp
PAK Summe 27		6937	4844	9071		6951	2114	6937	3	PAK27
PAK Summe 20		6598	4723	6963		6095	1202	6598	3	PAK20
∑ 14 mutagener PAKs	m	3705	3064	4564		3777	753	3705	3	PAK14
∑ 12 kanzerogener PAKs	k	3002	2103	4174		3093	1039	3002	3	PAK12
∑ 9 mut. & kanz.PAKs	m,k	1281	1163	2126		1523	525	1281	3	PAK9

Luftimmission:

Stickstoffdioxid (NO_2)		LRV IGW	Feinstaub (PM10)		LRV IGW	Ozon (O_3)		LRV IGW
Jahresmittel [µg/m³]	47.9	30	Jahresmittel [µg/m³]		20	Jahresmittel [µg/m³]		–
max .Tagesmittel [µg/m³]		-	max .Tagesmittel [µg/m³]		-	Anz. Stundenmittel > 120 µg/m³		1
Anzahl Tage > 80 µg/m³		1	Anzahl Tage > 50 µg/m³		1	max. Stundenmittel [µg/m³]		–

Verkehrsmenge: Thunstr. Brunnadernstr.-Bugernziel

DTV Total	Personen-wagen (K3)	Güterverkehr (K1,4,6,7)	Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil PW-Verkehr (K3)	%-Anteil Güterverkehr (K1,4,6,7)	%-Anteil Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil Busse, Cars (K1)	%-Anteil Motorrad (K2)	Messdauer 2003
20680	26390_94								

Toxikologie der PAKs

m: gesichert mutagen
m?: vermutlich mutagen
k: gesichert kanzerogen
k?: vermutlich kanzerogen

Quelle: WHO, 1998, 2003. Health risks of persistant organic rollutants from long-range transboundary air pollution.

Standort Nr.17: Bern Elfenau Stadtgärtnerei

Referenzmessstation der Biomonitoring-Methode für Hintergrundbelastung der Luft. MfM-U-Standort.

Nähere Umgebung: Stätisches Naherholungsgebiet mit geringer Gesamtbelastung der Luft.

Standortcharakteristik: Städtische Grünfläche

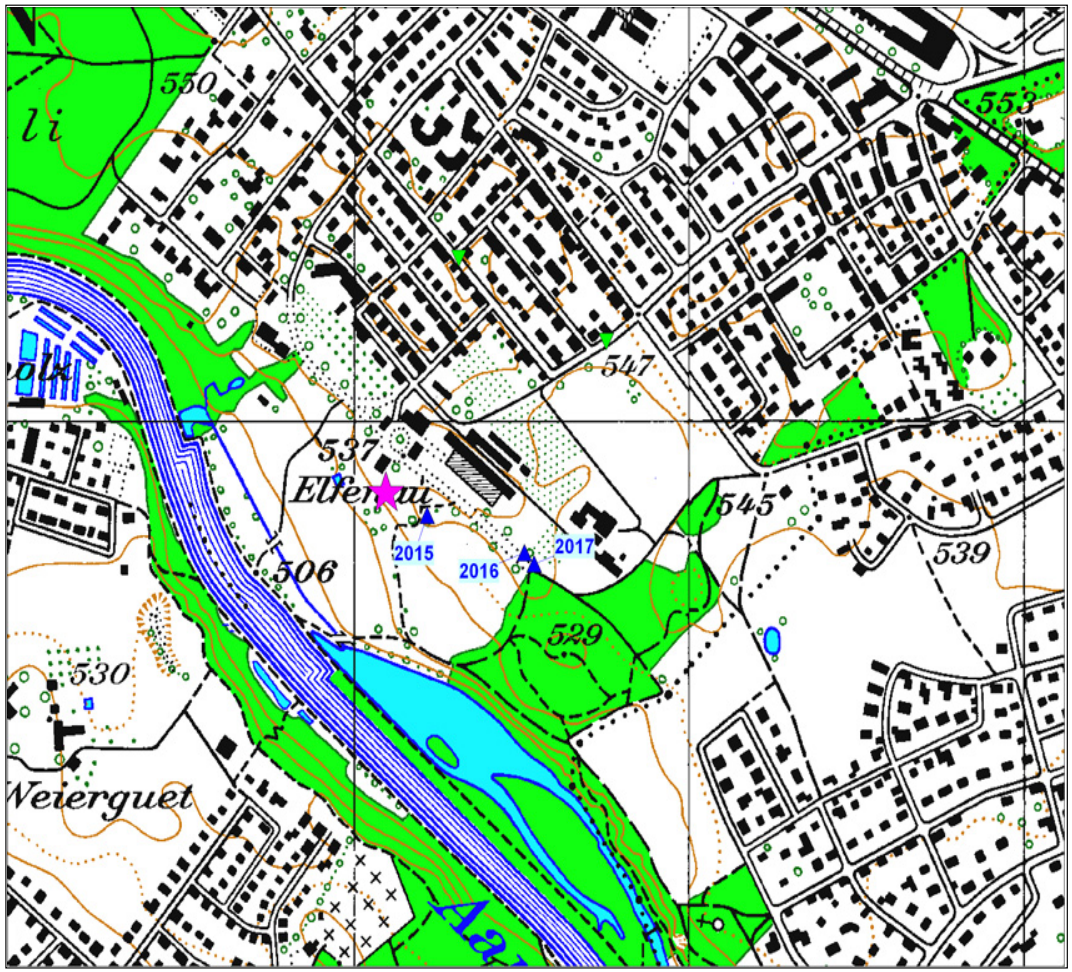
Besonderheiten: Spezialstandort einer Erfolgskontrollstudie der Stadt Bern und des MfM-U; teilweise Schwermetallerfassung.

Geringe Belastung für die meisten Polyaromate, incl. der mutagenen und kanzerogenen PAKs sowie der PAK-Summenwerte. Meist geringe Belastung für die analysierten Schwermetalle.
Luftgesamtbelastung sehr gering; in der weiteren Umgebung erfasst.

Biomonitoring Kenngrössen

Schwermetalle	mg/kg	Prädikat	Polyaromate PAKs		µg/kg
Schwermetall-Belastungsindex			PAK-Summe 27		**1304**
Antimon			Summe mutagener PAKs	m	**693**
Molybdän			Summe kanzerogener PAKs	k	**542**
Vanadium			Summe mut./kanz. PAKs	m, k	**258**
Platin			Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	71
Cer			Benzo(a)pyren	k,m	19
Luftgesamtbelastung (IAP18)	**71**	sehr gering	Indeno(1,2,3-cd)pyren	k	<5

MfM-U Biomonitoring - Ersterfassung 2003



Legende:
- ● anorganische Probenahme mit Probenummer
- ▲ organische Probenahme mit Probenummer
- ★ technische Immissionsmessung
- ▼ Verkehrsmessung

Standort Nr. 17: Bern-Elfanau, Stadtgärtnerei, Naherholungsgebiet der Stadt Bern

Standort Nr. 17: Bern Elfenau Stadtgärtnerei

Kategorie 1, 6: Stadt, Hintergrund ?

49, 53b, 56

Anorganische Luftschadstoffe: Schwermetalle / Belastungssituation

PNr.	50	51	52	54	55	Statistische Werte				Klasse	Piktogramm	Belastungs-Prädikat	Kürzel
Elemente	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Mean	SD	Median	N	1-6			
Blei									0				Pb
Cadmium									0				Cd
Kupfer									0				Cu
Zink									0				Zn
Eisen									0				Fe
Molybdän									0				Mo
Chrom									0				Cr
Cobalt									0				Co
Nickel									0				Ni
Vanadium									0				V
Arsen													As
Zinn													Sn
Antimon													Sb
Platin													Pt
Palladium													Pd
Cer													Ce
Gesamt-schwefel													S-total
Luftgüte	66.0	73.0	51.0	66.0	100.0	71	18		5			sehr gering	
Schwermetall-Belastungs-Index													

Daten im Anhangteil

Organische: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

PNr.		2015	2016	2017		Statistische Werte				Kürzel
PAK-Substanzen, Tox.		µg/kg	µg/kg	µg/kg		Mean	SD	Median	N	
Naphthalin	K?	16	n.n	2		9	10	9	2	Napt
Acenaphthylen	m?	8	n.n	39		23	22	23	2	Aceny
Acenaphthen	m?	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Acene
Fluoren	-	62	7	12		27	31	12	3	Fluo
Phenanthren	m?,k	443	157	252		284	146	252	3	Phe
Anthracen	-	127	30	41		66	53	41	3	Antrc
3.6-Dimethylphenanthren		n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	36Dip
Fluoranthen	k?,m	412	128	279		273	142	279	3	Fluoa
Pyren	m?,k?	251	92	228		191	86	228	3	Pyr
Benzo(b)fluoren	m?,k?	n.n	n.n	41		41	.	41	1	Bzbfl
Benzo(c)phenanthren	km	n.n	9	32		20	16	20	2	Bzcph
Benz(a)anthracen	k, m	79	24	43		49	28	43	3	Bzaant
Chrysen	k, m	114	50	141		102	47	114	3	Chry
Benzo(b)fluoranthen	k,m	42	31	38		37	5	38	3	Bzbfla
Benzo(k)fluoranthen	k,m	34	29	38		34	4	34	3	Bekfla
Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	76	61	75		71	8	75	3	Bzbkfla
Benzo(b)naphtho-(1,2-d) thiophen		n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Bz12t
Benzo(e)pyren	k?,m	30	248	30		103	126	30	3	BeP
Benzo(a)pyren	k,m	13	10	35		19	14	13	3	BaP
Perylen	m	n.n	46	n.n		46	.	46	1	Pery
Dibenz(a,j)anthracen	?	.	7	17		12	8	12	2	Dibajp
Indeno(123-c,d)pyren	k	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	I123py
Dibenz(a,h)athracen	k,m	14	n.n	n.n		14	.	14	1	Diaha
Benzo(g,h,i)perylen	m	.	55	33		44	16	44	2	Bghip
Anthanthren	-	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Anta
Dibenz(a,l)pyren	k,m?	n.n	n.n	n.n		n.n	#ZAHL!		0	Dibalp
Coronen	k?,m	44	n.n	n.n		44	.	44	1	Cor
Dibenz(a,h)pyren	k,m	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Dibahp
PAK Summe 27		1689	924	1300		1304	382	1300	3	PAK27
PAK Summe 20		1689	909	1210		1269	393	1210	3	PAK20
∑ 14 mutagener PAKs	m	781	631	667		693	78	667	3	PAK14
∑ 12 kanzerogener PAKs	k	738	310	578		542	216	578	3	PAK12
∑ 9 mut. & kanz.PAKs	m,k	296	153	326		258	92	296	3	PAK9

Luftimmission:

Stickstoffdioxid (NO_2)		LRV IGW	Feinstaub (PM10)		LRV IGW	Ozon (O_3)		LRV IGW
Jahresmittel [µg/m³]	18.5	30	Jahresmittel [µg/m³]		20	Jahresmittel [µg/m³]		–
max .Tagesmittel [µg/m³]		-	max .Tagesmittel [µg/m³]		-	Anz. Stundenmittel > 120 µg/m³		1
Anzahl Tage > 80 µg/m³		1	Anzahl Tage > 50 µg/m³		1	max. Stundenmittel [µg/m³]		–

Verkehrsmenge: Brunadernstrasse-Egghölzlistrasee

DTV Total	Personen-wagen (K3)	Güterverkehr (K1,4,6,7)	Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil PW-Verkehr (K3)	%-Anteil Güterverkehr (K1,4,6,7)	%-Anteil Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil Busse, Cars (K1)	%-Anteil Motorrad (K2)	Messdauer 2003
3960	3500								

Toxikologie der PAKs

m: gesichert mutagen
m?: vermutlich mutagen
k: gesichert kanzerogen
k?: vermutlich kanzerogen

Quelle: WHO, 1998, 2003. Health risks of persistant organic rollutants from long-range transboundary air pollution.

Standort Nr. 16: Köniz Neuhausplatz

NO_2-Passivsammlermessung in der Nähe, kant. Verkehrsmessung. MfM-U-Standort.

Nähere Umgebung: Wohngebiete von Köniz an Hauptverkehrsachse.

Standortcharakteristik: hochfrequentierter Verkehrsstandort mit hohem LKW-Anteil.

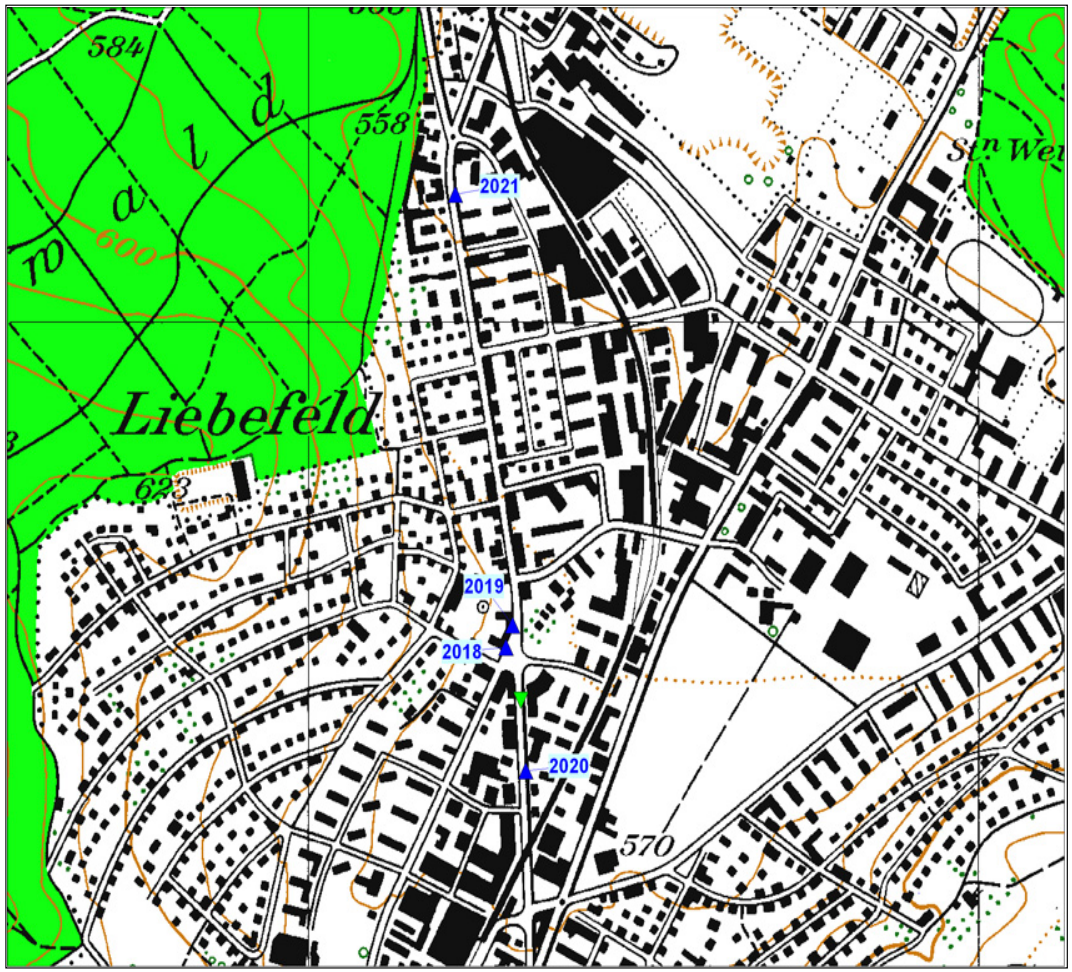
Besonderheiten: Spezialstandort einer Erfolgskontrollstudie der Städte Bern und Köniz und des MfM-U; ohne Schwermetallerfassung.
Mittlere - hohe Belastung für die meisten Polyaromate, incl. der mutagenen und kanzerogenen PAKs sowie der PAK-Summenwerte.

Luftgesamtbelastung mittel; jedoch in der weiteren Umgebung erfasst.

Biomonitoring Kenngrössen

Schwermetalle	mg/kg	Prädikat	Polyaromate PAKs		µg/kg
Schwermetall-Belastungsindex			PAK-Summe 27		**3533**
Antimon			Summe mutagener PAKs	m	**2072**
Molybdän			Summe kanzerogener PAKs	k	**1346**
Vanadium			Summe mut./kanz. PAKs	m, k	**704**
Platin			Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	297
Cer			Benzo(a)pyren	k,m	74
Luftgesamtbelastung (IAP18)	**43**	mittel	Indeno(1,2,3-cd)pyren	k	104

MfM-U Biomonitoring - Ersterfassung 2003



Legende:
- ● anorganische Probenahme mit Probenummer
- ▲ organische Probenahme mit Probenummer
- ★ technische Immissionsmessung
- ▼ Verkehrsmessung

Standort Nr. 16: **Köniz-Nehausplatz and Hauptverkehrsachse Schwarzenburgstrasse**

Standort Nr. 16: Köniz Neuhausplatz

Kategorie 2: Kleinstadt, Agglomeration

Anorganische Luftschadstoffe: Schwermetalle / Belastungssituation

PNr.	1102	1104	1106	1165	1167	Statistische Werte				Klasse	Piktogramm	Belastungs-Prädikat	Kürzel
Elemente	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Mean	SD	Median	N	1-6			
Blei													Pb
Cadmium													Cd
Kupfer													Cu
Zink													Zn
Eisen													Fe
Molybdän													Mo
Chrom													Cr
Cobalt													Co
Nickel													Ni
Vanadium													V
Arsen													As
Zinn													Sn
Antimon													Sb
Platin													Pt
Palladium													Pd
Cer													Ce
Gesamt-schwefel													S-total
Luftgüte	46.0	41.0	48.0	31.0	50.0	43	8		5			mittel	
Schwermetall-Belastungs-Index													

Keine Daten

Luftimmission:

Stickstoffdioxid (NO_2)		LRV IGW	Feinstaub (PM10)		LRV IGW	Ozon (O_3)		LRV IGW
Jahresmittel [µg/m³]		30	Jahresmittel [µg/m³]		20	Jahresmittel [µg/m³]		–
max .Tagesmittel [µg/m³]		-	max .Tagesmittel [µg/m³]		-	Anz. Stundenmittel > 120 µg/m³		1
Anzahl Tage > 80 µg/m³		1	Anzahl Tage > 50 µg/m³		1	max. Stundenmittel [µg/m³]		–

Verkehrsmenge: Könizstrasse

DTV Total	Personen-wagen (K3)	Güterverkehr (K1,4,6,7)	Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil PW-Verkehr (K3)	%-Anteil Güterverkehr (K1,4,6,7)	%-Anteil Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil Busse, Cars (K1)	%-Anteil Motorrad (K2)	Messdauer 2003
15870									

7700 Turnierstrasse

Toxikologie der PAKs

m: gesichert mutagen
m?: vermutlich mutagen
k: gesichert kanzerogen
k?: vermutlich kanzerogen

Quelle: WHO, 1998, 2003. Health risks of persistant organic rollutants from long-range transboundary air pollution.

Organische: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

PNr.		2018	2019	2020	2021	Statistische Werte				
PAK-Substanzen, Tox.		µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	Mean	SD	Median	N	Kürzel
Naphthalin	K?	46	103	96	105	**88**	28		4	Napt
Acenaphthylen	m?	19	36	41	36	**33**	10		4	Aceny
Acenaphthen	m?	n.n	.	14	n.n	**14**	.		1	Acene
Fluoren	-	17	38	48	26	**32**	14		4	Fluo
Phenanthren	m?,k	383	555	619	408	**491**	114		4	Phe
Anthracen	-	32	39	85	32	**47**	26		4	Antrc
3.6-Dimethylphenanthren		29	101	87	49	**66**	33		4	36Dip
Fluoranthen	k?,m	396	591	725	456	**542**	147		4	Fluoa
Pyren	m?,k?	286	478	541	371	**419**	113		4	Pyr
Benzo(b)fluoren	m?,k?	11	n.n	22	13	**15**	6		3	Bzbfl
Benzo(c)phenanthren	km	16	23	39	22	**25**	10		4	Bzcph
Benz(a)anthracen	k, m	42	59	133	61	**74**	41		4	Bzaant
Chrysen	k, m	141	206	316	156	**205**	79		4	Chry
Benzo(b)fluoranthen	k,m	118	262	231	304	**229**	80		4	Bzbfla
Benzo(k)fluoranthen	k,m	48	67	118	40	**68**	35		4	Bekfla
Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	166	330	349	344	**297**	88		4	Bzbkfla
Benzo(b)naphtho-(1,2-d) thiophen		25	49	32	42	**37**	11		4	Bz12t
Benzo(e)pyren	k?,m	112	72	118	74	**94**	24		4	BeP
Benzo(a)pyren	k,m	35	56	105	101	**74**	34		4	BaP
Perylen	m	55	92	128	130	**101**	35		4	Pery
Dibenz(a,j)anthracen	?	.	108	178	39	**108**	70		3	Dibajp
Indeno(123-c,d)pyren	k	27	95	234	60	**104**	91		4	I123py
Dibenz(a,h)athracen	k,m	.	.	103	16	**59**	62		2	Diaha
Benzo(g,h,i)perylen	m	90	455	738	816	**525**	329		4	Bghip
Anthanthren	-	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	.	.	0	Anta
Dibenz(a,l)pyren	k,m?	54	49	57	27	**47**	14		4	Dibalp
Coronen	k?,m	83	129	119	91	**106**	22		4	Cor
Dibenz(a,h)pyren	k,m	n.n	n.n	n.n	n.n	n.n	.	.	0	Dibahp
PAK Summe 27		**2063**	**3666**	**4929**	**3474**	**3533**	1174	**0**	4	PAK27
PAK Summe 20		1928	3335	4514	3283	3265	1057	0	4	PAK20
∑ 14 mutagener PAKs	m	**1134**	**2014**	**2874**	**2266**	**2072**	722	**0**	4	PAK14
∑ 12 kanzerogener PAKs	k	**863**	**1372**	**1955**	**1194**	**1346**	457	**0**	4	PAK12
∑ 9 mut. & kanz.PAKs	m,k	**399**	**674**	**1045**	**700**	**704**	265		4	PAK9

Standort Nr. 11: Forst-Neuenegg (Referenz Mittelland)

Referenzmessstation der Biomonitoring-Methode für Hintergrundbelastung der Luft. MfM-U-Standort.

Nähere Umgebung: Aufforstungsstandort mit jungen Acer pseudoplatanus Bäumen (Flechtenprobe) weit entfernt von Emissionsquellen. 15km westlich von Bern. Typische Hintergrundsituation für das Schweizer Mittelland. mit Werten für «*Luftgesamtbelastung IAP18*»;Multielement-Belastung. inkl. einzelne Schwermetalle und «*Heavy Metal Index HMI*» sowie Belastung von POPs.

Standortcharakteristik: Ländlich, weit entfernt von Emissions-Quellen

Besonderheiten: Fast alle Minimwerte der Schwermetalle, POP-Einzelsubstanzen und ∑Parameter. [*] IAP18 in Umgegung erfasst 1990.

Biomonitoring Kenngrössen

Schwermetalle	mg/kg	Prädikat	Polyaromate PAKs		µg/kg
Schwermetall-Belastungsindex	**21**	sehr gering	PAK-Summe 27		**427**
Antimon	0.2		Summe mutagener PAKs	m	**152**
Molybdän	0.5		Summe kanzerogener PAKs	k	**157**
Vanadium	1.4		Summe mut./kanz. PAKs	m, k	**60**
Platin	0.0004		Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	46
Cer	0.52		Benzo(a)pyren	k,m	11
Luftgesamtbelastung (IAP18) *	**61**	sehr gering	Indeno(1,2,3-cd)pyren	k	<5

MfM-U Biomonitoring - Ersterfassung 2003

Legende:
- ● anorganische Probenahme mit Probenummer
- ▲ organische Probenahme mit Probenummer
- ★ technische Immissionsmessung
- ▼ Verkehrsmessung

Standort Nr. 11: Forst-Neuenegg (Hintergrundbelastung im Mittelland)

Standort Nr. 11: Forst-Neuenegg (Referenz Mittelland)

Kategorie 6: Hintergrund

Anorganische Luftschadstoffe: Schwermetalle / Belastungssituation

PNr.	1111	1112	1113	1114	1115	Statistische Werte				Klasse	Piktogramm	Belastungs-Prädikat	Kürzel
Elemente	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Mean	SD	Median	N	1-6			
Blei	9.8	13.0	8.1	13.6	12.2	**11.3**	2.3	12.2	5	1	.	sehr gering	Pb
Cadmium	0.27	0.11	0.11	0.11	0.13	**0.15**	0.07	0.11	5	1	.	sehr gering	Cd
Kupfer	6.1	4.6	4.5	5.7	5.8	**5.3**	0.7	5.7	5	1	.	sehr gering	Cu
Zink	72	33	34	38	45	**45**	16	38	5	1	.	sehr gering	Zn
Eisen	323	360	400	455	462	**400**	60	400	5	1	.	sehr gering	Fe
Molybdän	0.46	0.52	0.53	0.65	0.59	**0.55**	0.07	0.53	5	3	●	mittel	Mo
Chrom	4.3	4.0	3.6	5.1	4.7	**4.3**	0.6	4.3	5	4	●	hoch	Cr
Cobalt	0.14	0.15	0.19	0.20	0.23	**0.18**	0.04	0.19	5	2	●	gering	Co
Nickel	2.5	2.2	2.2	2.7	3.0	**2.5**	0.3	2.5	5	1	.	sehr gering	Ni
Vanadium	1.2	1.3	1.2	1.8	1.5	**1.4**	0.3	1.3	5	1	.	sehr gering	V
Arsen	0.23	0.35	0.40	0.38	0.43	**0.36**	0.08	0.38	5	1	.	sehr gering	As
Zinn	0.16	0.34	0.19	0.27	0.36	**0.26**	0.09	0.27	5	2	●	gering	Sn
Antimon	0.15	0.18	0.22	0.24	0.23	**0.20**	0.04	0.22	5	2	●	gering	Sb
Platin	0.0002	0.0002	0.0009	0.0006	0.0003	**0.0004**	0.000	0.0003	5	1	.	sehr gering	Pt
Palladium	0.018	0.007	0.006	0.009	0.01	**0.010**	0.00	0.009	5				Pd
Cer	0.41	0.46	0.54	0.60	0.62	**0.52**	0.09	0.54	5				Ce
Gesamt-schwefel	719	900	774	1109	924	**885**	151	900	5	1	.	sehr gering	S-total
Luftgüte	.	.	.	.	.	.	.	.	0				
Schwermetall-Belastungs-Index										21	.	sehr gering	

Luftimmission:

Stickstoffdioxid (NO_2)		LRV IGW	Feinstaub (PM10)		LRV IGW	Ozon (0_3)		LRV IGW
Jahresmittel [µg/m³]		30	Jahresmittel [µg/m³]		20	Jahresmittel [µg/m³]		–
max .Tagesmittel [µg/m³]		-	max .Tagesmittel [µg/m³]		-	Anz. Stundenmittel > 120 µg/m³		1
Anzahl Tage > 80 µg/m³		1	Anzahl Tage > 50 µg/m³		1	max. Stundenmittel [µg/m³]		–

Verkehrsmenge:

DTV Total	Personen-wagen (K3)	Güterverkehr (K1,4,6,7)	Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil PW-Verkehr (K3)	%-Anteil Güterverkehr (K1,4,6,7)	%-Anteil Schwerverkehr (K5,6,7)	%-Anteil Busse, Cars (K1)	%-Anteil Motorrad (K2)	Messdauer
150	110	30	10	Schätzung					

Toxikologie der PAKs

m: gesichert mutagen
m?: vermutlich mutagen
k: gesichert kanzerogen
k?: vermutlich kanzerogen

Quelle: WHO, 1998, 2003. Health risks of persistant organic rollutants from long-range transboundary air pollution.

Organische: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

PNr.		1111	1112	1113		Statistische Werte				Kürzel
PAK-Substanzen, Tox.		µg/kg	µg/kg	µg/kg		Mean	SD	Median	N	
Naphthalin	K?	7	23	15		**15**	8	**15**	3	Napt
Acenaphthylen	m?	8	8	7		**7**	0	**8**	3	Aceny
Acenaphthen	m?	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Acene
Fluoren	-	21	21	19		**20**	1	**21**	3	Fluo
Phenanthren	m?,k	97	112	82		**97**	15	**97**	3	Phe
Anthracen	-	71	99	116		**95**	23	**99**	3	Antrc
3.6-Dimethylphenanthren		n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	36Dip
Fluoranthen	k?,m	81	85	73		**80**	6	**81**	3	Fluoa
Pyren	m?,k?	41	40	38		**40**	1	**40**	3	Pyr
Benzo(b)fluoren	m?,k?	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Bzbfl
Benzo(c)phenanthren	km	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Bzcph
Benz(a)anthracen	k, m	n.n	n.n	13		**13**	.	**13**	1	Bzaant
Chrysen	k, m	n.n	n.n	20		**20**	.	**20**	1	Chry
Benzo(b)fluoranthen	k,m	34	30	23		**29**	6	**30**	3	Bzbfla
Benzo(k)fluoranthen	k,m	23	7	19		**16**	8	**19**	3	Bekfla
Benzo(b,k)fluoranthen	k,m	57	38	42		**46**	10	**42**	3	Bzbkfla
Benzo(b)naphtho-(1,2-d) thiophen		n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Bz12t
Benzo(e)pyren	k?,m	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	BeP
Benzo(a)pyren	k,m	11	n.n	n.n		**11**	.	**11**	1	BaP
Perylen	m	.	37	n.n		**37**	.	**37**	1	Pery
Dibenz(a,j)anthracen	?	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Dibajp
Indeno(123-c,d)pyren	k	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	I123py
Dibenz(a,h)athracen	k,m	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Diaha
Benzo(g,h,i)perylen	m	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Bghip
Anthanthren	-	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Anta
Dibenz(a,l)pyren	k,m?	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Dibalp
Coronen	k?,m	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Cor
Dibenz(a,h)pyren	k,m	n.n	n.n	n.n		n.n	.	.	0	Dibahp
PAK Summe 27		**393**	**463**	**425**		**427**	35	**425**	3	PAK27
PAK Summe 20		393	463	425		427	35	425	3	PAK20
∑ mutagener PAKs	m	**148**	**159**	**149**		**152**	6	**149**	3	PAK14
∑ kanzerogener PAKs,	k	**164**	**150**	**157**		**157**	7	**157**	3	PAK12
∑ mut . & kanz.PAKs	m,k	**67**	**38**	**76**		**60**	20	**67**	3	PAK9

6.2.2 Einzelsubstanz- und standort-bezogene Analyse der PAK-Belastung in der Stadt Bern und in Köniz

Die Präsentation der Belastungsunterschiede in der Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAKs) an den sieben Messstandorten der Stadt Bern und von Köniz erfolgt zuerst anhand verschiedener PAK-Summenparametern. Diese ermöglichen einen ersten Überblick über die Gesamtbelastung mit PAKs.

Danach folgen die einzelsubstanz-bezogenen Darstellungen. Diese sind in absteigender Rangfolge nach der Grösse des Belastungsunterschiedes, zwischen dem stärkst- und dem geringst belasteten Berner Standort (Belastungsgradient), geordnet.

Da für 15 der insgesamt 27 ausgewerteten Einzel-PAKs und Summenparameter das Belastungsmaximum stets am Messstandort «Wankdorf» nachgewiesen wurde, werden diese Substanzen zuerst gezeigt. Danach folgen Einzel-PAKs, welche ihre Maximalbelastung an den Messstandorten «Burgernziel» und «Forsthaus-Weyermannshaus» aufweisen.

Diese einzelsubstanz-bezogene Charakterisierung der PAK-Belastung an den Berner Messstandorten erfolgt in einer standardisierten Darstellungsweise.

Zu Beginn dieser Darstellungen werden für jede Einzelsubstanz in Kurzform die in Kapitel 4.4.2 dargestellten wichtigsten Stoffeigenschaften zu den jeweiligen Hauptemittenten und Belastungsquellen und toxikologischen Grundlagen präsentiert.

Danach folgen die Belastungsdiagramme, welche die aktuelle PAK-Belastung von 2004 an den sieben Untersuchungsstandorten von Bern und Köniz veranschaulichen.

Anhand von Belastungsgradienten wird das Ausmass der gemessenen Belastungsunterschiede zwischen der jeweiligen maximalen und minimalen Standortbelastung dargestellt. An der Grösse dieser Belastungsgradiente lässt sich die lufthygienische Bedeutung der einzelnen Schadstoffe erkennen. Je grösser nämlich der Belastungsgradient ausfällt, umso stäker ist im Allgemeinen auch der der anthropogne Einfluss bei der Produktion dieser Luftschadstoffe. Ergänzt werden diese Betrachtungen mit dem Belastungsunterschied, der sich zwischen dem jeweiligen Messstandort mit Maximalbelastung und der Belastung im Berner Naherholungsgebiet «Elfenau» ergibt.

Soweit möglich, werden auch Anaben zur mittleren täglichen Verkehrsmenge (DTV; Fahrzeuge/Tag) auf den untersuchten Hauptverkehrsachsen gemacht.

Weitere Angaben zu den Messstandorten sind den detaillierten Stationstafeln in Kapitel 6.2.1 auf Seiten 65-79 zu entnehmen.

Luftbelastung - PAK-Summenparameter

PAK-Gesamtbelastung der Standorte der Stadt Bern und von Köniz

Die PAK-Summe 27 fasst alle 27 analysierten PAK-Einzelsubstanzen zu einem Summenwert zusammen. Diese Grösse ermöglicht auf der ganzheitlichen Betrachtungsebene einen Vergleich der Standorte bezüglich der PAK-Gesamtbelastung.

Das Belastungsmaxima der PAK Summe 27 (Standortmittelwert)wurde am Berner Verkehrsstandort Wankdorf gemessen (Abb. 22). Dabei handelt es sich um die hochfrequentierte Autobahnverzweigung «Bern-Wankdorf» der A1/A6 und den Zubringer am Schermenweg mit einem hohen täglichen Verkehr (DTV 32'900) und einem hohem LKW-Anteil.

Eine bereits deutlich geringere PAK-Gesamtbelastung wurde an den weiteren Standorten «Burgernziel», «Forsthaus», «Eigerplatz» und «Köniz-Neuhausplatz», mit geringerer Verkehrsbelastung gemessen (vgl. auch Stationstafeln, Seiten 66-79). Die tiefste PAK-Gesamtbelastung zeigte sich am «Referenzstandort Forst Neuenegg» und in der «Elfenau».

Mit einem Faktor von 30 zeigt sich ein starker Belastungsgradient zwischen der maximalen- und minimalen Standortbelastung. Im Vergleich mit dem Messstandort «Elfenau» ergibt sich im «Wankdorf» immer noch eine zehnmal höhere Gesamtbelastung von PAKs.

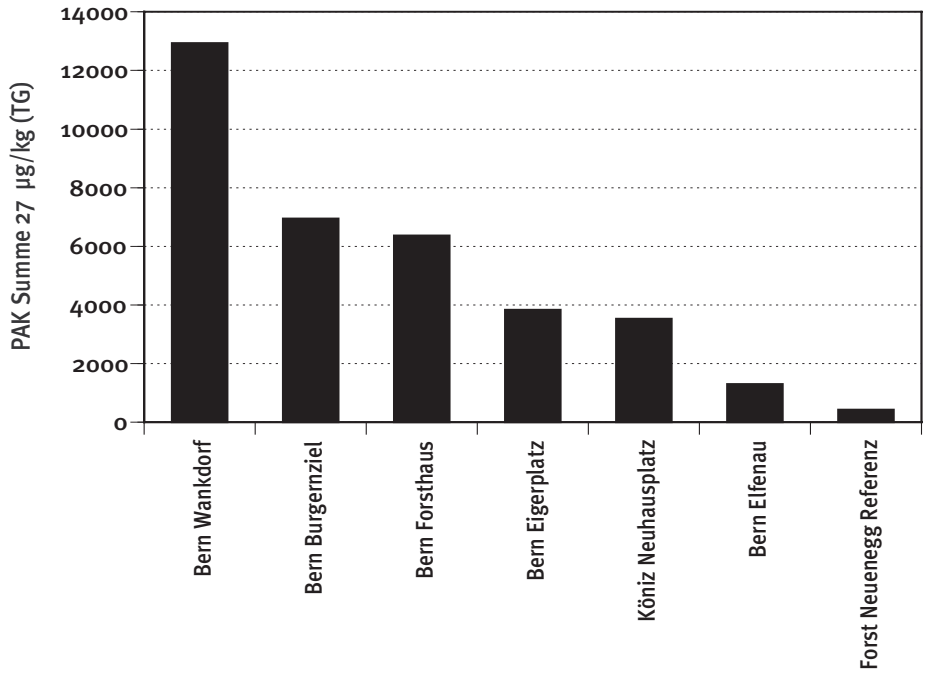


Abb. 22 PAK-Gesamtbelastung aller 27 Einzelsubstanzen der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Die maximale Belastungssumme aller 27 PAKs liegt am Standort «Bern-Wankdorf» um ein Dreissigfaches über dem Minimalwert des Hintergrundstandortes «Forst-Neuenegg» und um ein Zehnfaches über derjenigen in der Elfenau, was auf die grosse Bedeutung dieser bisher nur wenig beachteten organischen Luftschadstoffe hinweist.

Summe mutagener PAKs

Für die Summe der mutagenen PAKs werden diejenigen 14 PAKs mit erwiesenermassen mutagener Wirkung zur Belastungssumme zusammengefasst. Dabei handelt es sich um die folgenden 14 Einzelsubstanzen: *Fluoranthen, Benzo(c)phenanthren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(b,k)fluoranthen, Benzo(e)pyren, Benzo(a)pyren, Perylen, Dibenz(a,h)anthracen, Benzo(g,h,i)perylen, Coronen, Dibenz(a,h)pyren. Diese* Grösse erlaubt einen toxikologisch gestützten Standortvergleich bezüglich der mutagenen Relevanz der PAK-Belastung.

Summenbelastung der 14 mutagenen PAKs der Standorte der Stadt Bern und von Köniz

Auch die Summenbelastung der 14 mutagenen PAKs zeigt ihr Belastungsmaximum am Verkehrsstandort «Wankdorf» (Abb. 23), diesmal gefolgt von den anderen Verkehrsstandorten «Forsthaus», «Burgernziel», «Eigerplatz» und «Köniz-Neuhausplatz», welche eine vergleichsweise geringere PAK-Belastung als im «Wankdorf» aufweisen. Der tiefste Summenwert mutagener PAKs zeigt sich erneut am Referenzstandort «Forst Neueneg», gefolgt von der «Elfenau».

Der Belastungsgradient von 58, zwischen maximaler- und minimaler Standortbelastung, fällt für die Summenbelastung der 14 mutagenen PAKs fast doppelt so hoch wie für die Belastungssumme aller 27 PAKs. Verglichen mit der Belastung in der «Elfenau» ergibt sich immer noch ein Belastungsgradient von 13.

Die hohen Belastungswerte von mutagenen PAKs an den hochfrequentierten Verkehrsstandorten weisen sehr deutlich auf die humantoxikologische Relevanz dieser Luftbelastungen hin.

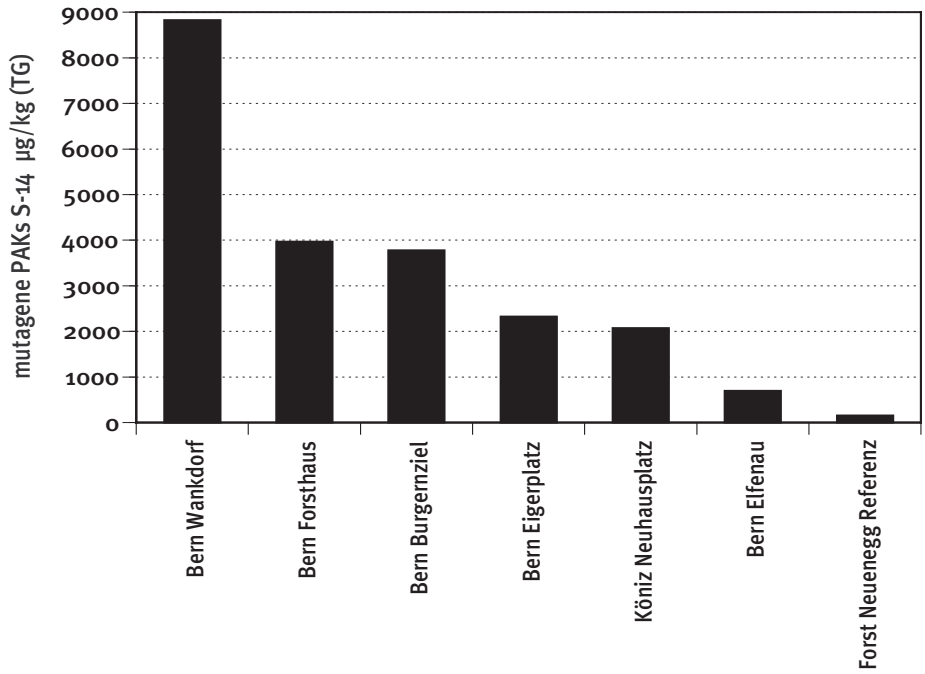


Abb. 23 Summenbelastung der mutagenen PAKs der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Zwischen der Maximalbelastung am «Wankdorf» und dem Belastungsminimum am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg» ergibt sich ein hoher Belastungsgradient von einem Faktor 58. Verglichen mit der Belastung in der «Elfenau» ist diese im «Wankdorf» immer noch 13 mal grösser.

Summe kanzerogener PAKs

Für die Summe der kanzerogenen PAKs werden diejenigen 12 PAKs mit erwiesenermassen kanzerogenen Wirkung zur Belastungssumme zusammengefasst. Dabei handelt es sich um die folgenden 12 Einzelsubstanzen: *Phenanthren, Benzo(c)phenanthren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo-(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(b,k)fluoranthen, Benzo(a)-pyren, Indeno(123-c,d)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Dibenz(a,l)-pyren, Dibenz(a,h)pyren*. Diese Grösse erlaubt einen toxikologisch gestützten Standortvergleich bezüglich der kanzerogenen Relevanz der PAK-Belastung.

Summenbelastung der 12 kanzerogenen PAKs der Standorte der Stadt Bern und von Köniz

Die höchste Summenbelastung der 12 kanzerogenen PAKs zeigte sich am Verkehrsstandort «Wankdorf» (Abb. 24), diesmal gefolgt von den Standorten «Burgernziel», «Forsthaus», «Eigerplatz» und «Köniz-Neuhausplatz» mit bereits wesentlich geringeren Belastungswerten. Die geringste Summenbelastung an kanzerogenen PAKs wurde erneut am Hintergrundstandort «Forst Neuenegg», gefolgt von der «Elfenau», erhoben.

Mit einem Faktor von 39 fällt der Belastungsgradient für die Summenbelastung der 12 kanzerogenen PAKs zum geringst belasteten Standort «Forst-Neuenegg» erneut hoch aus. Im Vergleich mit der «Elfenau» ergibt sich ein Belastungsgradient von 18.

Auch diese Belastungsergebnisse der kanzerogenen PAK unterstreichen die hohe humantoxikologische Relevanz dieser Luftbelastungen, besonders an hochfrequentierten Verkehrsstandorten, welche, wie im Falle des «Burgernziels» auch wichtige Wohngebiete der Stadt Bern darstellen.

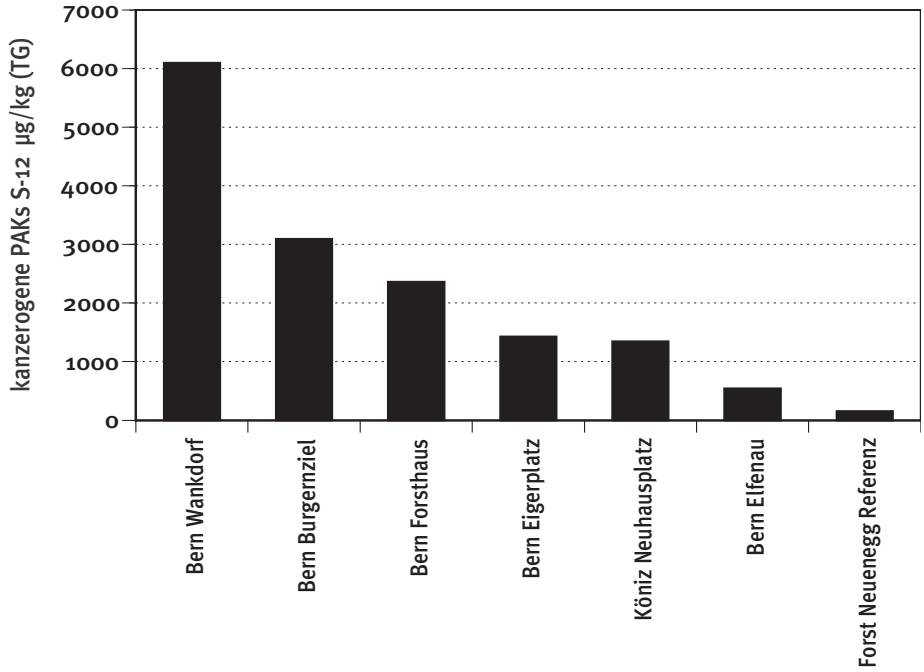


Abb. 24 Summenbelastung der kanzerogenen PAKs der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Der höchste Summenwert von kanzerogenen PAKs wurde erneut am Standort «Wankdorf» gemessen, der tiefste am Hintergrundstandort «Forst Neuenegg». Es liegt ein hoher Belastungsgradient von 39 und vergleichen mit der «Elfenau» ist dieser im «Wankdorf» immer noch 11 mal grösser.

Summe mutagener und kanzerogener PAKs

Neun der 27 analysierten PAKs weisen erwiesenermassen sowohl eine mutagene als auch kanzerogene Wirkung auf und werden deshalb zur Belastungssumme der mutagenen und kanzerogenen PAKs zusammengefasst. Dabei handelt es sich um die folgenden 9 Einzelsubstanzen: *Benzo(c)phenanthren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(b,k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Dibenz(a,h)pyren.* Diese Grösse erlaubt einen toxikologisch gestützten Standortvergleich bezüglich der mutagenen und kanzerogenen Relevanz der PAK-Belastung.

Summenbelastung der 9 mutagenen und kanzerogenen PAKs der Standorte der Stadt Bern und von Köniz

Der mit Abstand höchste Standortmittelwert zeigt sich wiederum am Verkehrsstandort «Wankdorf» (Abb. 25). Die nächstfolgenden Standorte «Burgernziel, «Forsthaus», «Eigerplatz» und «Köniz-Neuhausplatz» weisen bereits eine mindestens dreimal geringere Belastung an mutagenen und kanzerogenen PAKs auf, als im «Wankdorf». Das Belastungsminimum zeigt sich erneut am Referenzstandort «Forst Neuenegg», gefolgt von der «Elfenau».
Die Summe mutagener und kanzerogener PAKs zeigt mit einem Faktor von 68, verglichen mit dem Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg», den grössten Belastungsgradienten, der vier verschiedenen Summenparametern. Verglichen mit der «Elfenau» ergibt sich im «Wankdorf» eine immer noch 16-fach höhere Belastung.

Hochfrequentierte Verkehrsstandorte mit häufigen Staulagen (Brems- und Beschleunigungsmanövern bei suboptimal laufenden Verbrennungsmotoren), wie sie im Wankdorf häufig sind, führen zu einer sehr hohen Belastung mit mutagenen und kanzerogenen PAKs und unterstreichen damit die hohe lufthygienische und humantoxikologische Relevanz dieser bisher zuwenig beachteten Schadstoffklasse.

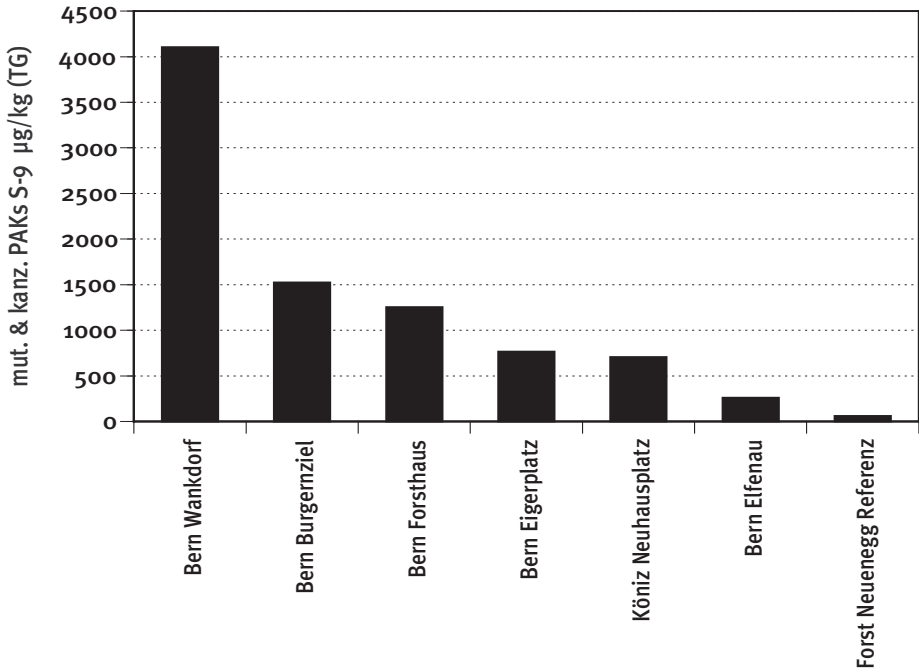


Abb. 25 Summenbelastung mutagener und kanzerogener PAKs der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Die weitaus höchste Summenbelastung mutagener und kanzerogener PAKs wurde am Verkehrsstandort «Wankdorf» gemessen, der tiefste am Hintergrundsandort «Forst-Neuenegg».
Der Belastungsgradient von 271 fällt extrem stark aus und verglichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Wankdorf» immer noch 50 mal grösser.

Luftbelastung mit PAK-Einzelsubstanzen

Benzo(g,h,i)perylen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Kokkereien, anodische Schmelzwerke. Keine Verwendung im technischen Massstab. Sehr guter Diesel-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Mutagen.

Belastung von Benzo(g,h,i)perylen der Standorte der Stadt Bern und von Köniz

Die höchsten Belastungswerte von Benzo(g,h,i)perylen wurden erneut an den Verkehrsstandorten gefunden (Abb. 26). Das Belastungsmaximum zeigt sich am Standort «Wankdorf», gefolgt von den Standorten «Forsthaus», «Burgernziel», «Eigerplatz» und «Köniz-Neuhausplatz», welche bereits eine deutlich geringere Belastung von Benzo(g,h,i)perylen aufweisen. Das Belastungsminimum zeigt sich erneut am Hintergrundstandort «Forst Neuenegg», gefolgt von der «Elfenau».

Mit einem Faktor von 271 liegt ein überaus starker Belastungsgradient vor. Verglichen mit der Belastung in der «Elfenau» ist die Belastung im «Wankdorf» immer noch 50 mal grösser.

Aufgrund unserer verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Benzo(g,h,i)perylen als sehr guter Verkehrstracer, insbesondere für den Nachweis von dieselbetriebenen Motorfahrzeugen.

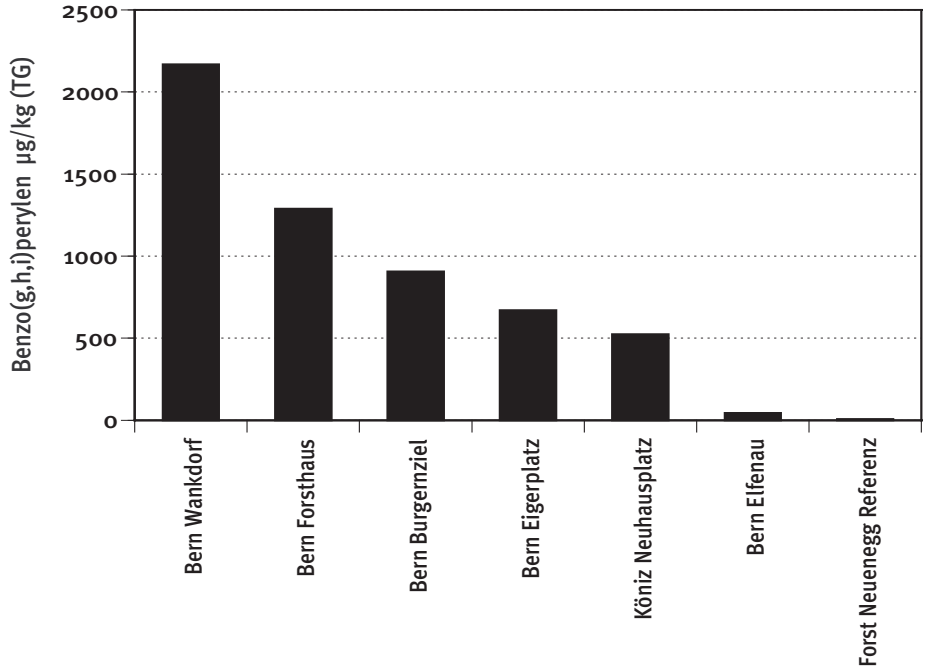


Abb. 26 Benzo(g,h,i)perylen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Der weitaus höchste Standortmittelwert von Benzo(g,h,i)perylen wurde am Standort «Wankdorf» gemessen, der tiefste am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg».
Es liegt ein extrem hoher Belastungsgradient von 271 vor. Verglichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Wankdorf» immer noch 50 mal grösser.

Anthanthren

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren.
Sehr guter Diesel-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
noch unbekannt

Belastung von Anthanthren der Standorte der Stadt Bern und von Köniz

Höhere Belastungswerte von Anthanthren wurden nur an drei der fünf Berner Verkehrsstandorte festgestellt, währenddem an vier Standorten nur sehr geringe Belastungswerte (Nachweisgrenze) festgestellt wurden (Abb. 27).

Das Belastungsmaximum von Anthanthren wurde erneut am Standort «Wankdorf» gemessen, gefolgt von den Standorten «Forsthaus», «Burgernziel». An den Standorten «Eigerplatz», «Köniz-Neuhausplatz», «Elfenau» und am Hintergrundstandort «Forst Neuenegg» zeigten sich sehr geringe Belastungswerte von Anthanthren, welche je an der Nachweisgrenze der Messmethode lagen.

Mit einem Faktor von 88 liegt ein starker Belastungsgradient vor. Auch Anthanthren eignet sich als sehr geeigneter Verkehrstracer, insbesondere für den Nachweis diesebetriebener Motorfahrzeuge.

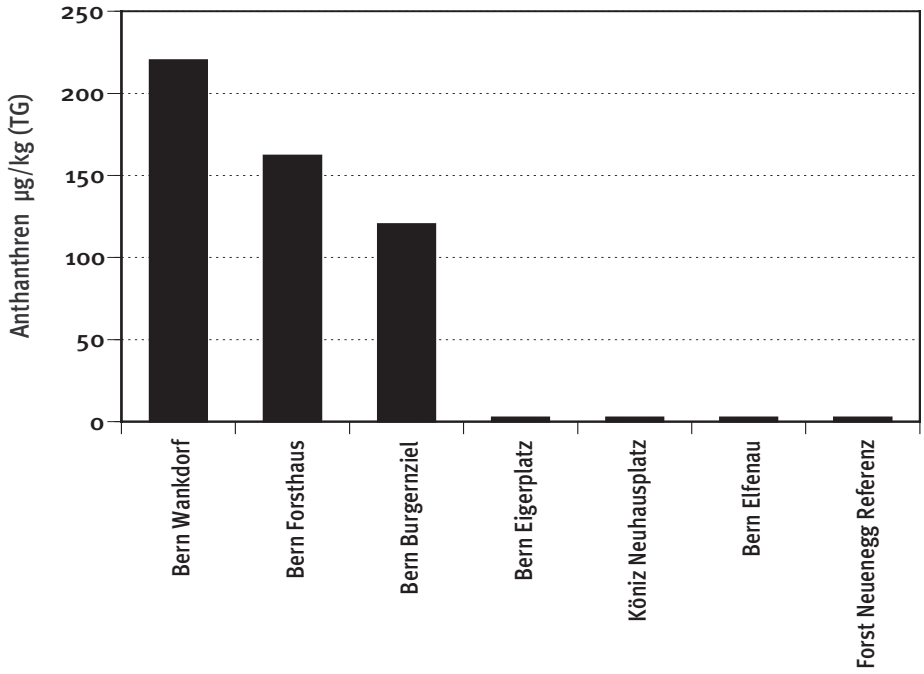


Abb. 27 Anthanthren-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Die höchste Belastung von Anthanthren wurde erneut am Standort «Wankdorf» gemessen, die tiefsten am «Eigerplatz», «Köniz-Neuhausplatz», in der «Elfenau» und im «Forst Neuenegg». Es liegt ein starker Belastungsgradient von 88 vor.

Benzo(b)fluoranthen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien, anodische Schmelzwerke.
Sehr guter Diesel-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Benzo(b)fluoranthen an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Die mit Abstand höchste Belastung wurde auch für Benzo(b)fluoranthen am Messstandort «Wankdorf» festgestellt (Abb. 28). Auf wesentlich tieferem Niveau folgen die Standorte «Forsthaus», «Burgernziel», «Eigerplatz» und «Elfenau». Das Belastungsminimum findet sich erneut am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg», weit ab von Verkehrsemissionen.

Benzo(b)fluoranthen zeigt einen starken Belastungsgradienten von 61. Verglichen mit der Belastung in der «Elfenau» ist die Belastung im Wankdorf immer noch 50 mal grösser.

Aufgrund unserer verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Benzo(b)fluoranthen auch als sehr guter Verkehrstracer, insbesondere für dieselbetriebene Motorfahrzeuge.

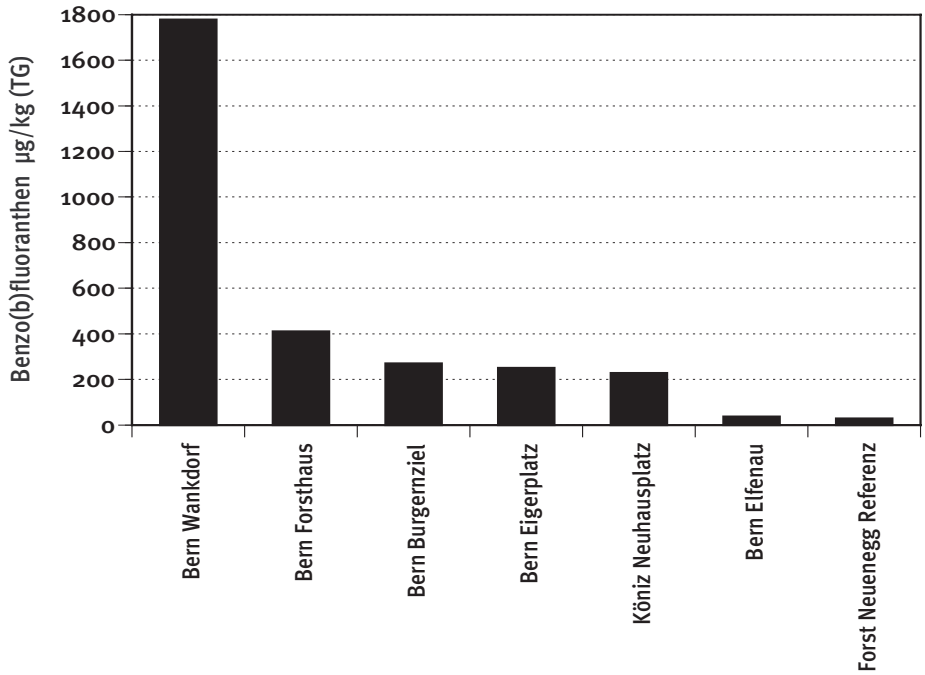


Abb. 28 Benzo(b)fluoranthen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Die weitaus höchste Belastung von Benzo(b)fluoranthen wurde erneut am Standort «Wankdorf» gemessen, der tiefste am Hintergrundstandort «Forst Neuenegg». Es liegt ein starker Belastungsgradient von 61 vor und vergleichen mit der «Elfenau» ist diese im Wankdorf immer noch 50 mal grösser.

Benzo(b,k)fluoranthen
(Summe beider Strukturisomere)

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien, anodische Schmelzwerke.
Sehr guter Mfz-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Benzo(b,k)fluoranthen an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Die mit Abstand höchste Belastung mit den beiden Strukturisomeren Benzo(b,k)fluoranthen zeigt sich erneut am Messstandort «Wankdorf» (Abb. 29). Auf wesentlich tieferem Niveau folgen erneut die Standorte «Forsthaus», «Burgernziel», «Eigerplatz», «Köniz-Neuhausplatz» und «Elfenau».

Das Belastungsminimum findet sich abermals am Hintergrundstandort Forst-Neuenegg, weit ab von Verkehrsemissionen.

Benzo(b,k)fluoranthen zeigt einen starken Belastungsgradienten von 47. Verglichen mit der Belastung in der «Elfenau» ist die Belastung im «Wankdorf» immer noch 30 mal grösser.

Basierend auf unsere verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Benzo(b,k)fluoranthen auch als sehr guter Tracer für den gesamten Motorfahrzeugverkehr.

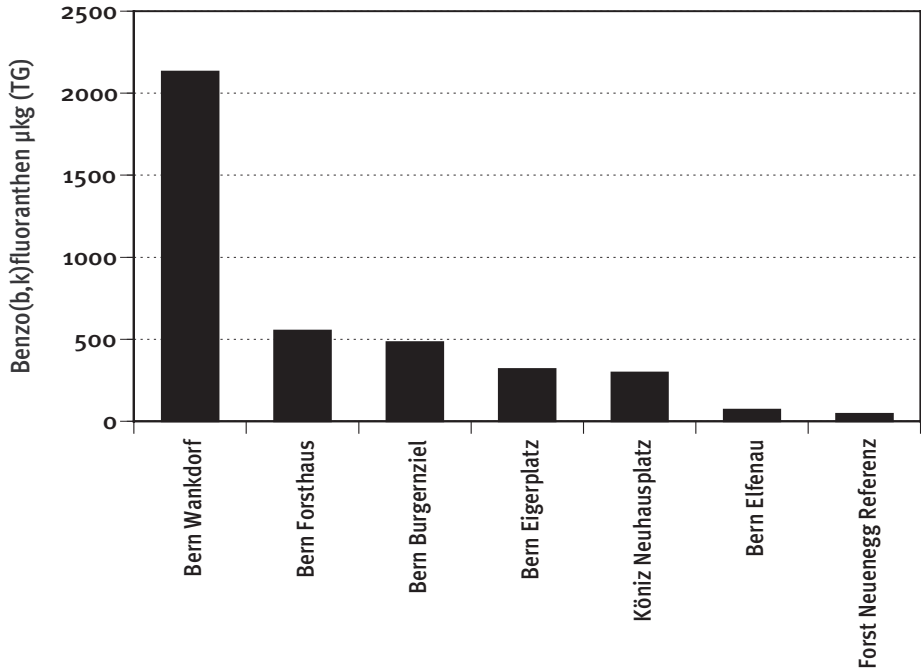


Abb. 29 Benzo(b,k)fluoranthen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Die weitaus höchste Belastung beider Strukturisomere von Benzo(b,k)fluoranthen wurde erneut am Standort «Wankdorf» gemessen, der tiefste am Hintergrundstandort «Forst Neuenegg». Es liegt ein starker Belastungsgradient von 47 vor und vergleichen mit der «Elfenau» ist die Belstung im Wankdorf immer noch 30 mal grösser.

Chrysen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Emission von Motorfahrzeugen. Kokkereien, anodische Schmelzwerke. In geringen Mengen für UV-Filter, Stabilisatoren und Farbstoffe verwendet.
Sehr guter Tracer für Diesel-LKW.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Chrysen an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Am Standort «Wankdorf» wurden auch die höchste Chrysen-Belastung gemessen, gefolgt vom «Burgernziel», «Forsthaus», «Köniz-Neuhausplatz» und der «Elfenau», mit bereits deutlich geringeren Belastungswerten.

Das Belastungsminimum wurde erneut am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg» gemessen.

Es liegt ein starker Belastungsgradient von 46 vor und vergleichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Wankdorf» immer noch neunmal grösser.

Aufgrund unserer verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Chrysen auch als guter Verkehrstracer, insbesondere für den diesel-

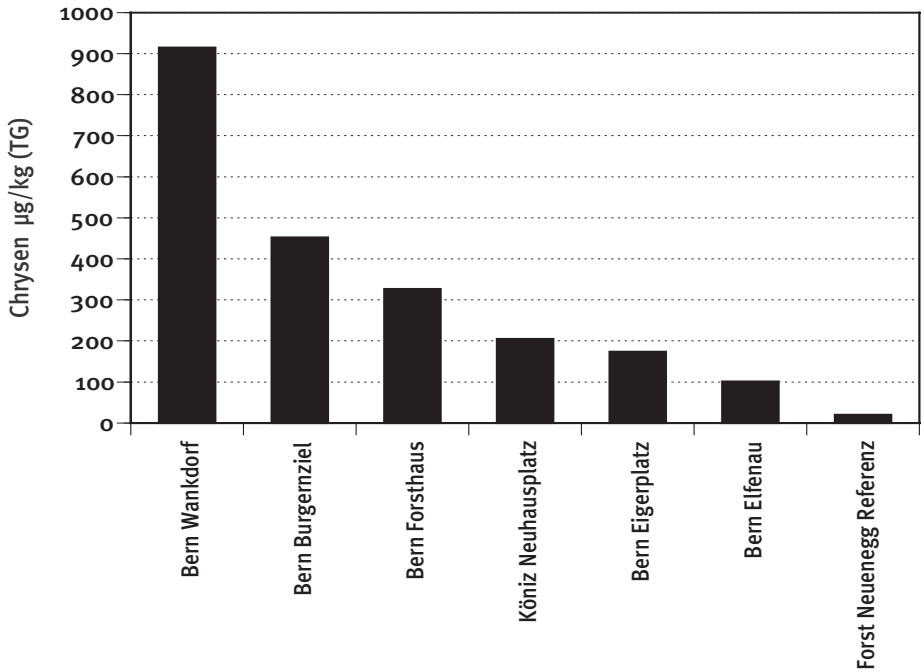


Abb. 30 Chrysen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Die höchste Chrysen-Belastung wurde ebenfalls am Standort Wankdorf gemessen, der tiefste am Hintergrundstandort Forst Neuenegg. Es liegt ein starker Belastungsgradient von 46 vor und vergleichen mit der Elfenau ist die Belastung im Wankdorf immer noch neunmal grösser.

betriebenen Schwerverkehr.

Benzo(a)pyren

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Ubiquitär. Freisetzung durch Abgasen von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien, anodische Schmelzwerke. Keine Verwendung im technischen Massstab.
Sehr guter Diesel-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Benzo(a)pyren an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Am Standort «Wankdorf» wurden auch die höchste Benzo(a)pyren-Belastung gemessen, erneut gefolgt vom «Burgernziel», «Forsthaus», «Köniz-Neuhausplatz» und der «Elfenau», mit wesentlich geringeren Belastungswerten (Abb. 31).

Das Belastungsminimum wurde erneut am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg gemessen.

Es liegt ein starker Belastungsgradient von 45 vor und vergleichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Wankdorf» immer noch 25 mal grösser.

Aufgrund unserer verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Benzo(a)pyren auch als guter Verkehrstracer, insbesondere für die dieselbetriebenen Fahrzeuge.

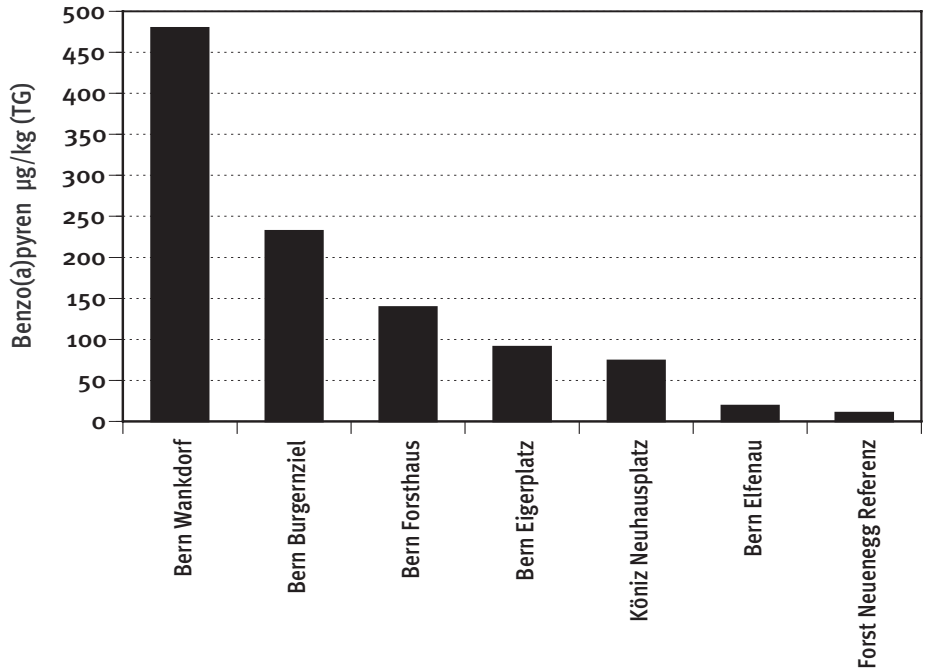


Abb. 31 Benzo(a)pyren-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Die höchste Benzo(a)pyren-Belastung wurde erneut am Standort «Wankdorf» gemessen, der tiefste am Hintergrundstandort «Forst Neuenegg». Es liegt ein hoher Belastungsgradient von 45 vor. Vergleichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Wankdorf» immer noch 25 mal grösser.

Benzo(c)phenanthren

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Guter Diesel-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Benzo(c)phenanthren an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Am Standort «Wankdorf» wurden auch die höchste Benzo(c)phenanthren-Belastung gemessen, gefolgt vom «Burgernziel», «Forsthaus», «Köniz-«Neuhausplatz», dem «Eigerplatz» und der «Elfenau», mit wesentlich geringeren Belastungswerten (Abb. 32). Das Belastungsminimum wurde erneut am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg» gemessen.

Für Benzo(c)phenanthren liegt ein starker Belastungsgradient von 39 vor und vergleichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Wankdorf» immer noch fünfmal grösser.

Aufgrund unserer verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Benzo(c)phenanthren auch als guter Verkehrstracer, insbesondere für den dieselbetriebenen Schwerverkehr.

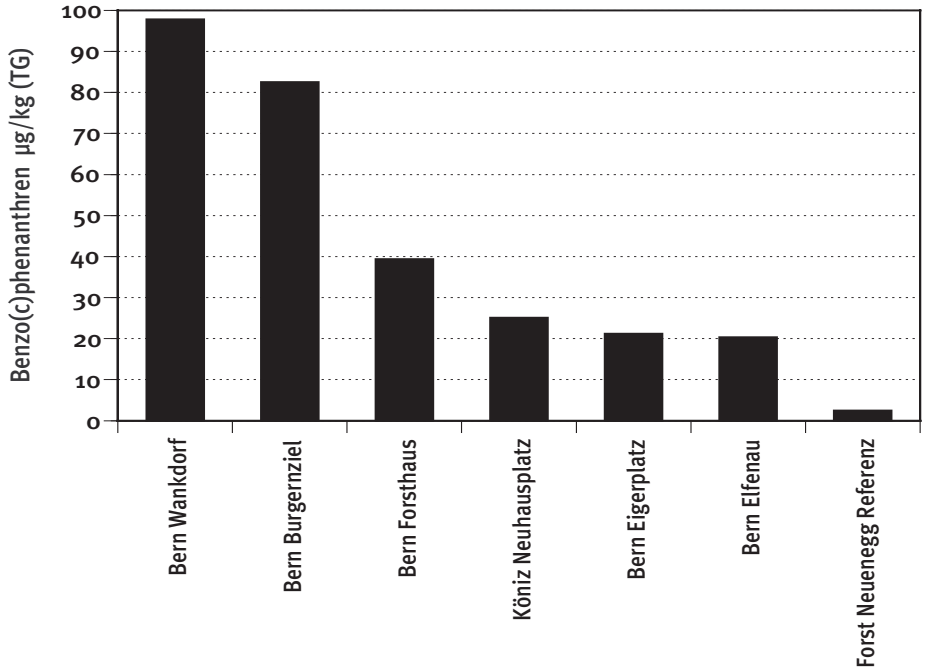


Abb. 32 Benzo(c)phenanthren-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Benzo(c)phenanthren zeigt einen mittelstarken Belastungsgradienten von 39 zwischen dem Maximalbelastung am Standort «Wankdorf» und den geringst belasteten Standorten «Forst-Neuenegg» und «Elfenau».

3,6-Dimethylphenanthren

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Guter Diesel-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
noch keine Angaben verfügbar.

Belastung von 3,6-Dimethylphenanthren an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Die höchste Belastung von 3,6-Dimethylphenanthren wurde erneut am Messstandort «Wankdorf» festgestellt (Abb. 33). Auf etwas tieferem Niveau folgen die Standorte «Köniz-Neuhausplatz» und «Forsthaus» und mit deutlich tieferen Belastungswerten «Eigerplatz» und «Burgernziel».

Das Belastungsminimum findet sich erneut am Hintergrundstandort «Forst-«Neuenegg» und in der Elfenau», weit ab von Verkehrsemissionen.

3,6-Dimethylphenanthren zeigt einen mittelstarken Belastungsgradienten von 39.

Basierend auf unseren verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich 3,6-Dimethylphenanthren auch als geeigneter Verkehrstracer, insbesondere für dieselbetriebenen Schwerverkehr.

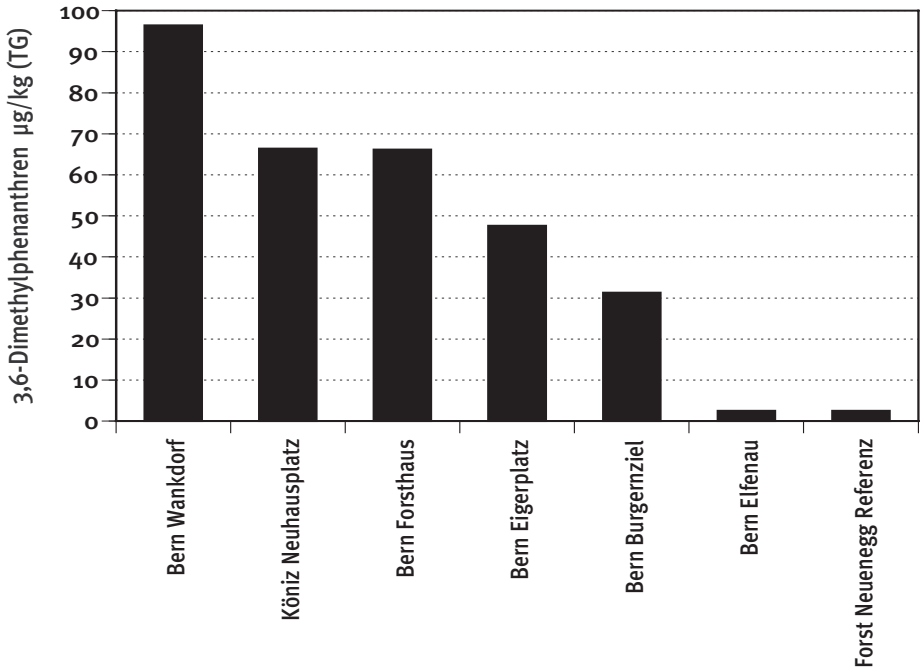


Abb. 33 3,6-Dimethylphenanthren-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

3.6-Dimethylphenanthren zeigt einen mittelstarken Belastungsgradienten von 39 zwischen dem Maximalbelastung am Standort «Wankdorf» und den geringst belasteten Standorten «Forst-Neuenegg» und «Elfenau».

Benzo(b)naphtho(1,2-d)thiophen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Autoabgase (30-120µg/l Kraftstoff), Heizanlagen. Kokkereien, anodische Schmelzwerke. Technisch-chemisches Zwischenprodukt bei Herstellung von Farbstoffen und Bestandteil von Isolatorflüssigkeit in Transformatoren. In Teer, Anstrichmitteln, Zigarettenrauch enthalten.
Sehr guter Diesel-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogene und mutagene Wirkung unklar.

Belastung von Pyren an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Der höchste Belastung von Benzo(b)naphtho(1,2-d)thiophen wurde abermals am Messstandort «Wankdorf» festgestellt (Abb. 34). Auf etwas tieferem Niveau folgt das «Burgernziel». Wesentlich tiefere Belastungswerte wurden im «Forsthaus», «Köniz-Neuhausplatz», am «Eigerplatz» und in der «Elfenau» gemessen.

Das Belastungsminimum von Benzo(b)naphtho(1,2-d)thiophen findet sich erneut am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg», weit ab von Verkehrsemissionen. Benzo(b)naphtho(1,2-d)thiophen zeigt einen mittelstarken Belastungsgradienten von 37.

Basierend auf unseren verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Benzo(b)naphtho(1,2-d)thiophen auch als geeigneter Verkehrstracer, insbesondere für den Schwerverkehr.

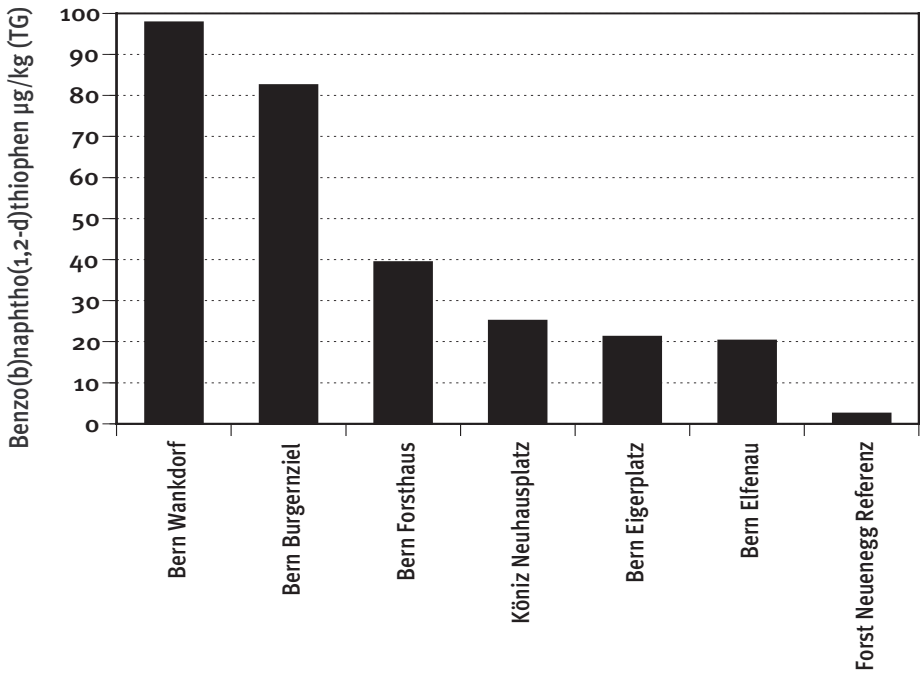


Abb. 34 Benzo(b)naphtho(1,2-d)thiophen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Benzo(b)naphtho(1,2d)thiophen zeigt einen mittelstarken Belastungsgradient von 37 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Wankdorf» und dem Belastungsminimum im «Forst-Neuenegg».

Dibenz(a,l)pyren

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Guter Mfz-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogene und wahrscheinlich mutagene Wirkung. Laut WHO-Studie 2003 belegen zwei Autoren für Dibenzo(a,l)pyren eine 100-mal höhere Toxizität als die bisher allgemein anerkannte Leitsubstanz Benzo(a)pyren.

Belastung von Dibenz(a,l)pyren an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Der höchsten Belastungen von Dibenz(a,l)pyren zeigen sich erneut am Messstandort «Wankdorf», diesmal dicht gefolgt vom «Burgernziel» (Abb. 35). Auf tieferem Niveau folgen die Standorte «Eigerplatz», «Forsthaus», und «Neuhausplatz» in Köniz. Das Belastungsminimum von Dibenz(a,l)pyren findet sich erneut am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg» und in der «Elfenau», weit ab von Verkehrsemissionen. Dibenz(a,l)pyren zeigt einen mittelstarken Belastungsgradienten von 27.

Dibenz(a,l)pyren ist eine dieser im Rahmen der MfM-U und Berner Erfolgskontrolle erstmalig analysierten PAKs, mit einer gemäss neuesten Erkenntnissen 100-mal stärkeren toxischen Eigenschaften, als die bisher bekannte Leitsubstanz Benzo(a)pyren. Aus humantoxikologischer Sicht hat daher Dibenz(a,l)pyren in der Luftreinhaltung nebst der Leitsubstanz Benzo(a)pyren eine ganz besondere Bedeutung (WHO 2003).

Basierend auf unseren verkehrsgestützten Analysen Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Dibenz(a,l)pyren auch als geeigneter allgemeiner Verkehrstracer.

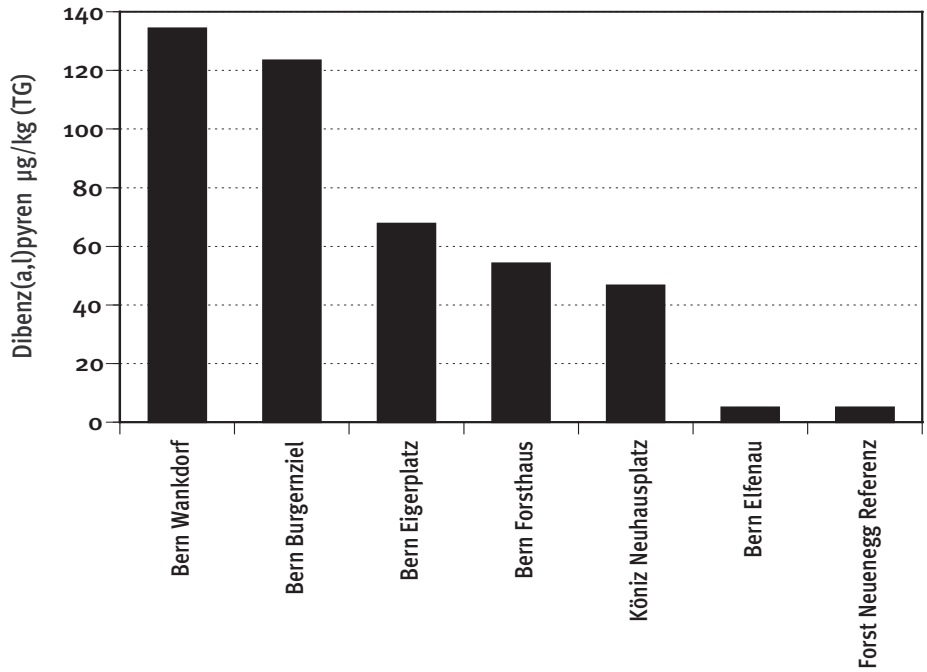


Abb. 35 Dibenz(a,l)pyren-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Dibenz-(a,l)pyren zeigt einen eher geringen Belastungsgradienten von 27 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Wankdorf» und dem Belastungsminimum in der «Elfenau» und im Forst-Neuenegg».

Nach neuesten Erkenntnissen weist Dibenz(a,l)pyren ein hundertfach stärkeres toxisches Potential auf, als die bekannte Leitsubstanz Benzo(a)pyren.

Fluoranthen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Kokkereien und anodische Schmelzwerke. Technisch-chemisches Zwischenprodukt bei der Herstellung von Farbstoffen und Pharmazeutika. Keine Verwendung im technischen Massstab.
Sehr guter Diesel-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
mutagene Wirkung und wahrscheinlich auch kanzerogene Wirkung

Belastung von Fluoranthen an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Die mit Abstand stärkste Belastung mit Fluoranthen zeigt sich wiederum am Messstandort «Wankdorf» (Abb. 36). Mit höchstens halb so starken Belastungswerten folgen «Forsthaus», «Burgernziel», «Eigerplatzv und die «Elfenau». Das Belastungsminimum zeigt sich erneut am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg».

Der Belastungsgradient für Fluoranthen ist mit 24 deutlich und verglichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Wankdorf» immer noch siebenmal grösser.

Basierend auf unseren verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Fluoranthen auch als sehr guter Verkehrstracer, insbesondere für den dieselbetriebenen Schwerverkehr.

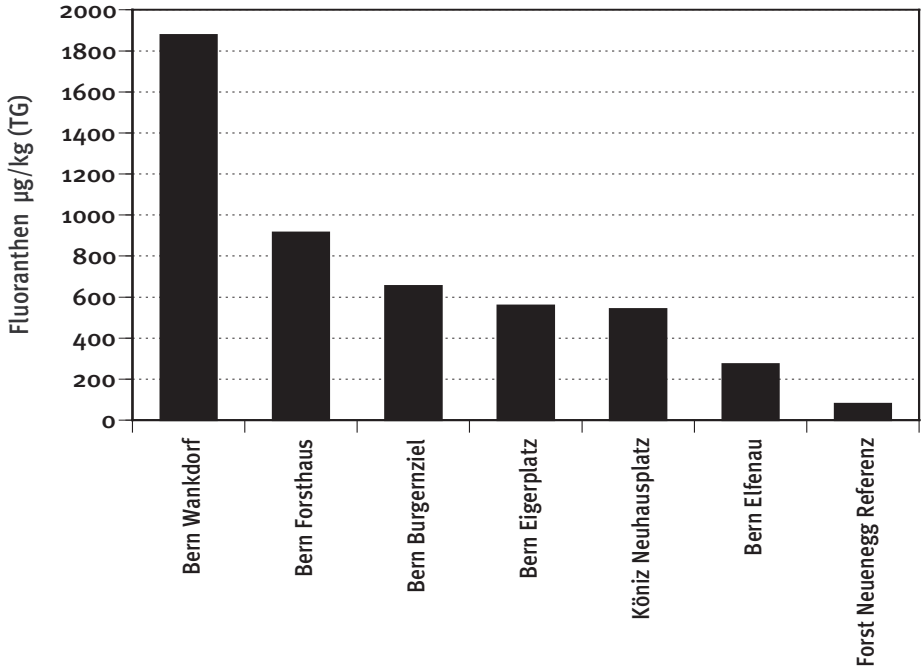


Abb. 36 Fluoranthen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Fluoranthen zeigt einen eher geringen Belastungsgradienten von 24 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Wankdorf» und dem Belastungsminimum im «Forst-Neuenegg».

Benz(a)anthracen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Pyrolyse organischer Verbindungen. Emission von Motorfahrzeugen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien, anodische Schmelzwerke. Keine kommerzielle Verwendung. Im Tabakrauch.
Sehr guter Diesel-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Benz(a)anthracen an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Auch die höchsten Belastungen von Benz(a)anthracen wurden stets an Strassen mit ausgeprägter LKW-Belastung festgestellt (Abb. 37). Erneut erscheint der Messstandort «Wankdorf» mit dem Belastungsmaximum, gefolgt vom «Burgernziel», «Forsthaus», von «Köniz-Neuhausplatz», dem «Eigerplatz» und der «Elfenau».

Das Belastungsminimum zeigt sich erneut am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg».

Benz(a)anthracen zeigt einen deutlichen Belastungsgradienten von 23 und verglichen mit der «Elfenau» ergibt sich im «Wankdorf» eine 6 mal stärkere Belastung.

Basierend auf unseren verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Benz(a)anthracen auch als geeigneter Tracer für den dieselbetriebenen Schwerverkehr.

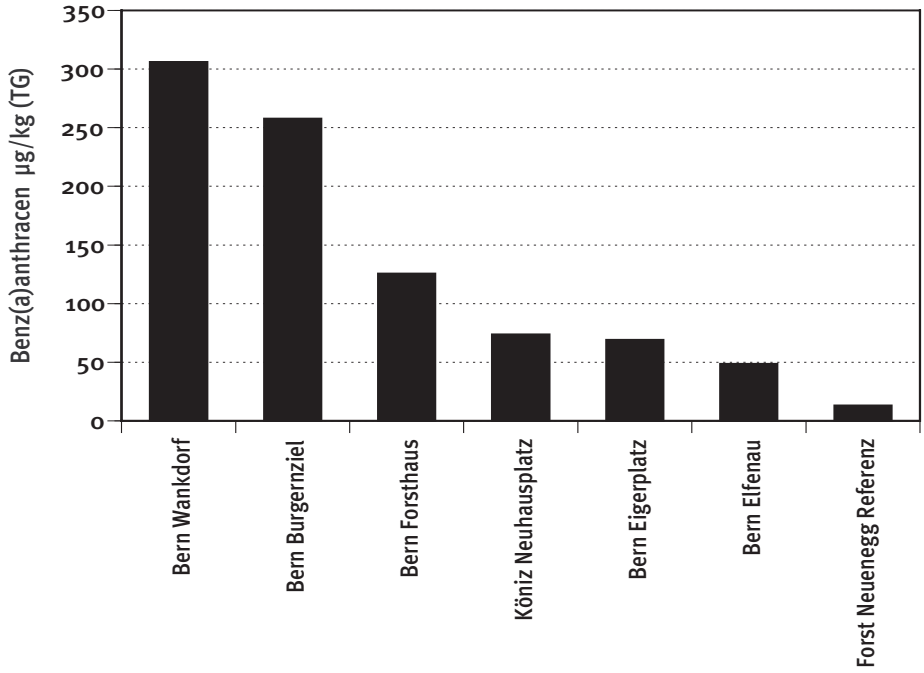


Abb. 37 Benz(a)anthracen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Benz(a)anthracen zeigt einen eher geringen Belastungsgradienten von 23 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Wankdorf» und dem Belastungsminimum im «Forst-Neuenegg»

Benzo(k)fluoranthen

(Strukturisomer zu Benzo(b)fluoranthen)

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien, anodische Schmelzwerke.
Sehr guter Diesel-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Benzo(k)fluoranthen an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Die mit Abstand stärkste Belastung durch Benzo(k)fluoranthen zeigt sich wiederum am Messstandort «Wankdorf» (Abb. 38). Mit höchstens halb so hohen Belastungswerten folgen erneut die Standorte «Burgernziel», «Forsthaus», «Köniz-Neuhausplatz», «Eigerplatz» und «Elfenauv.

Das Belastungsminimum zeigt sich erneut am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg».

Der Belastungsgradient für Benzo(k)fluoranthen ist mit 21 deutlich und verglichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Wankdorf» immer noch 11 mal grösser.

Basierend auf unseren verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Benzo(k)fluoranthen auch als sehr guter Verkehrstracer, insbesondere für den dieselbetriebenen Schwerverkehr.

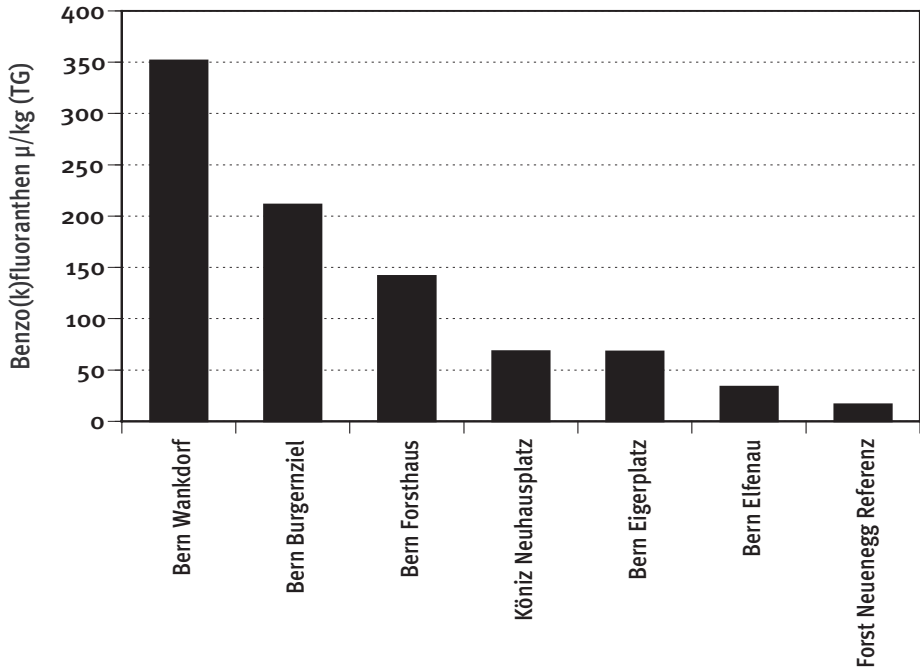


Abb. 38 Benzo(k)fluoranthen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Benzo(k)fluoranthen zeigt einen Belastungsgradienten von 21 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Wankdorf» und dem Belastungsminimum im «Forst-Neuenegg».

Dibenz(a,h)anthracen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien und anodische Schmelzwerke.
Guter Schwerverkehrs-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Dibenz(a,h)anthracen an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Die mit Abstand stärkste Belastung von Dibenz(a,h)anthracen zeigt sich wiederum am Messstandort «Wankdorf» (Abb. 39). Erneut folgen mit höchstens halb so starken Belastungswerten die Standorte» «Forsthaus», «Burgernziel», «Eigerplatz», «Köniz-Neuhausplatz» und «Elfenau».

Das Belastungsminimum zeigt sich erneut am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg».

Der Belastungsgradient für Dibenz(a,h)anthracen ist mit 17 deutlich und verglichen mit der Elfenau ist die Belastung im Wankdorf immer noch 12 mal grösser. Basierend auf unseren verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Dibenz(a,h)anthracen auch als geeigneter Verkehrstracer, insbesondere für den Schwerverkehr.

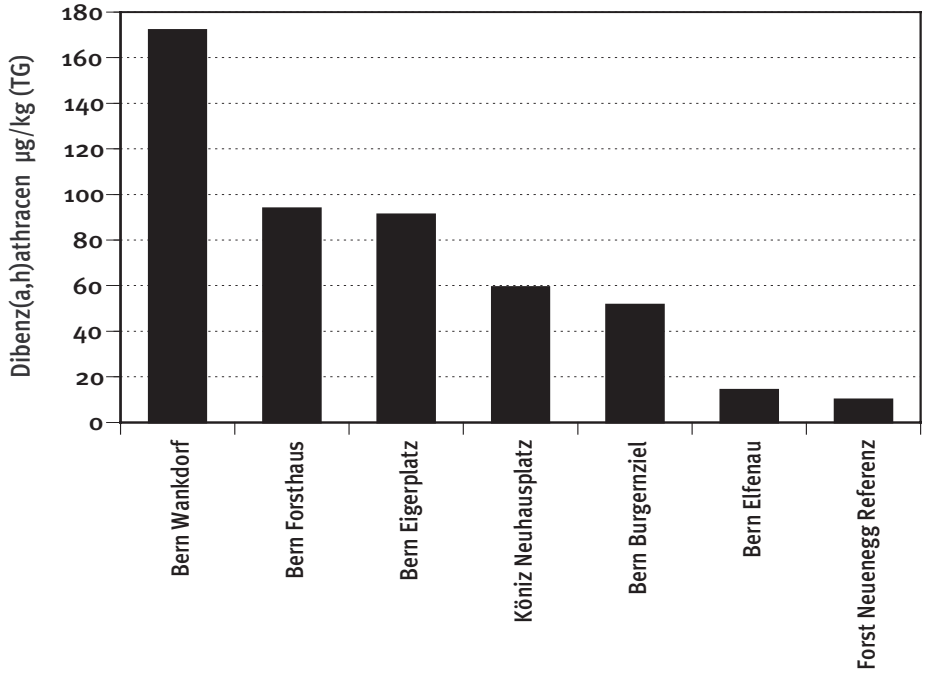


Abb. 39 Dibenz(a,h)-anthracen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Dibenz(a,h)anthracen zeigt einen geringen Belastungsgradienten von 17 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Wankdorf» und dem Belastungsminimum im «Forst-Neuenegg».

Perylen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien und anodische Schmelzwerke. Guter Schwerverkehrs-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Perylen *an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004*

Die mit Abstand höchste Belastung von Perylen zeigt sich erneut am Messstandort «Wankdorf» (Abb. 40). Auf wesentlich tieferem Niveau folgen erneut die Standorte «Köniz-Neuhausplatz», «Forsthaus», «Eigerplatz»,«Burgernziel», und «Elfenau». Das Belastungsminimum findet sich abermals am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg», weit ab von Verkehrsemissionen.

Perylen zeigt einen eher geringen Belastungsgradienten von 7. Verglichen mit der Belastung in der «Elfenau» ist die Belastung im «Wankdorf» noch sechsmal grösser.

Basierend auf unseren verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt eignet sich Perylen auch als möglicher Tracer für den gesamten Motorfahrzeugverkehr und evtl. auch zum Nachweis des Schwerverkehrsanteils.

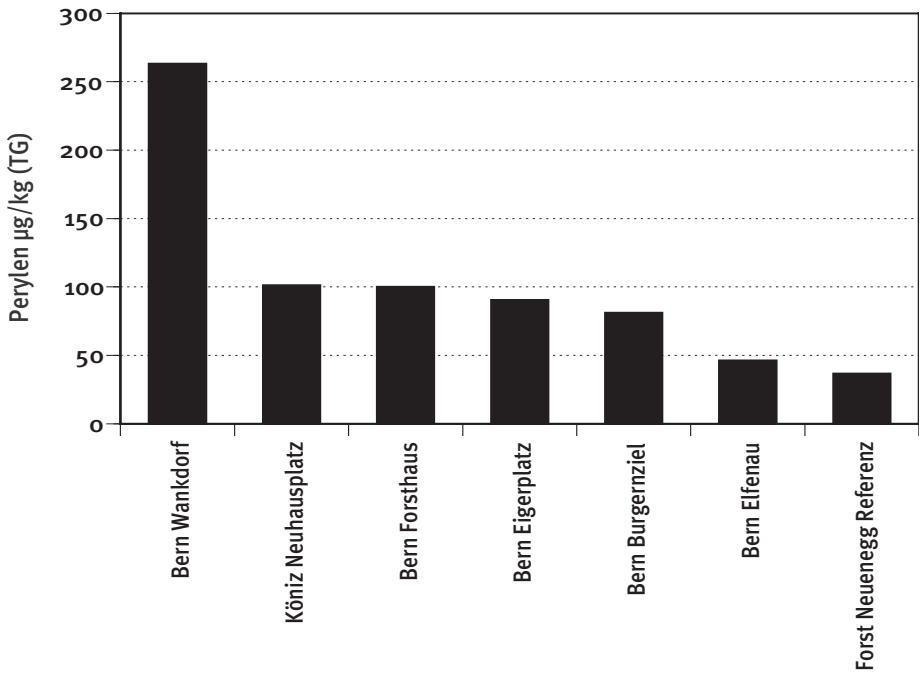


Abb. 40 Perylen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Perylen zeigt einen geringen Belastungsgradienten von 7 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Wankdorf» und dem Belastungsminimum im «Forst-Neuenegg».

Dibenz(a,j)anthracen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien und anodische Schmelzwerke.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Dibenz(a,j)anthracen an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Die mit Abstand höchste Belastung von Dibenz(a,j)anthracen zeigt sich unerwarteterweise am Messstandort «Burgernziel», welcher einen DTV von 20'700 Fz/d aufweist (Abb. 41). Auf mindestens fünffach tieferem Niveau folgen die Standorte «Wankdorf», «Köniz-Neuhausplatz», «Eigerplatz», «Forsthaus» und «Elfenau». Das Belastungsminimum findet sich abermals am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg», weit ab von Verkehrsemissionen.

Dibenz(a,j)anthracen zeigt auch den mit Abstand grössten Belastungsgradienten von 410. Verglichen mit der Belastung in der «Elfenau» ist diese im «Wankdorf» noch 17 mal grösser. Bei Dibenz(a,j)anthracen handelt es sich ebenfalls um eine dieser im Rahmen der MfM-U und Berner Erfolgskontrolle erstmalig analysierten PAKs.

Unsere bisherigen verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt zeigen für Dibenz(a,j)anthracen noch kein einheitliches Bild zu den Tracereigenschaften und beruhen bisher auf relativ wenig Beobachtungen.

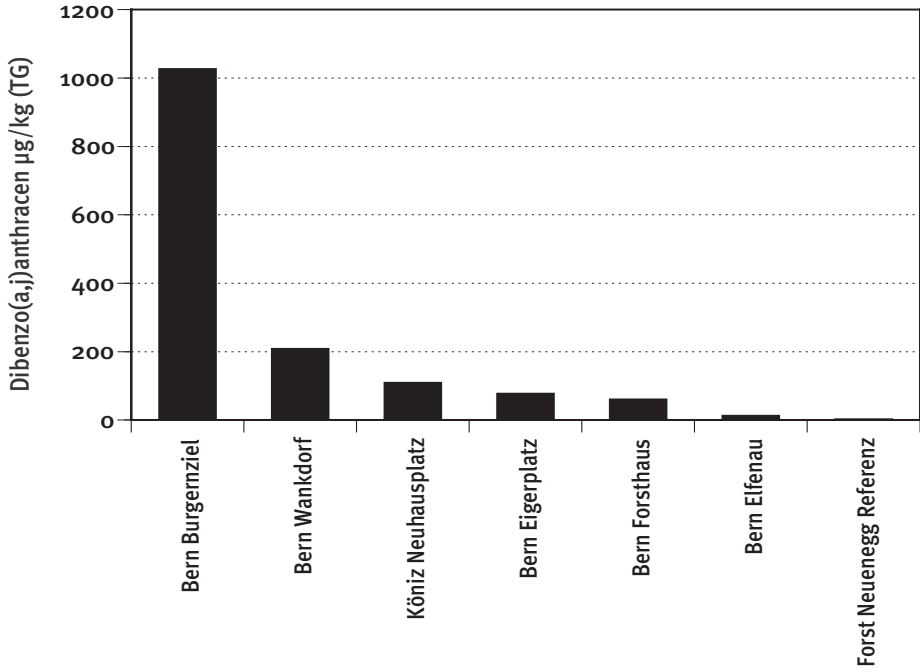


Abb. 41 Dibenz(a,j)-anthracen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Dibenz(a,h)anthracen zeigt den höchsten Belastungsgradienten aller PAKs von 410 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Burgernziel» und dem Belastungsminimum im «Forst-Neuenegg». Vergleichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Burgernziel» immer noch 17 mal grösser.

Indeno(1,2,3-c,d)pyren

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Kokkereien, anodische Schmelzwerke. Keine Verwendung im technischen Massstab. Sehr guter Diesel-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen.

Belastung von Indeno(1,2,3-c,d)pyren an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Auch das Belastungsmaximum von Indeno(1,2,3-c,d)pyren zeigt sich am Messstandort «Burgernziel», gefolgt vom «Wankdorf (Abb. 42). Auf mindestens fünffach tieferem Niveau folgen die Standorte «Forsthaus», «Eigerplatz» und «Köniz-Neuhausplatz». Das Belastungsminimum findet sich am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegvg und in der «Elfenau», weit ab von Verkehrsemissionen.

Indeno(1,2,3-c,d)pyren zeigt mit 367 den zweithöchsten aller Belastungsgradienten. Verglichen mit der Belastung in der «Elfenau» ist die Belastung im «Burgernziel» immer noch 284 mal grösser.

Unsere bisherigen verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt zeigen für Indeno(1,2,3-c,d)pyren eine gute Eignung als Verkehrstracer, insbesondere für den Nachweis des Schwerverkehrsanteils.

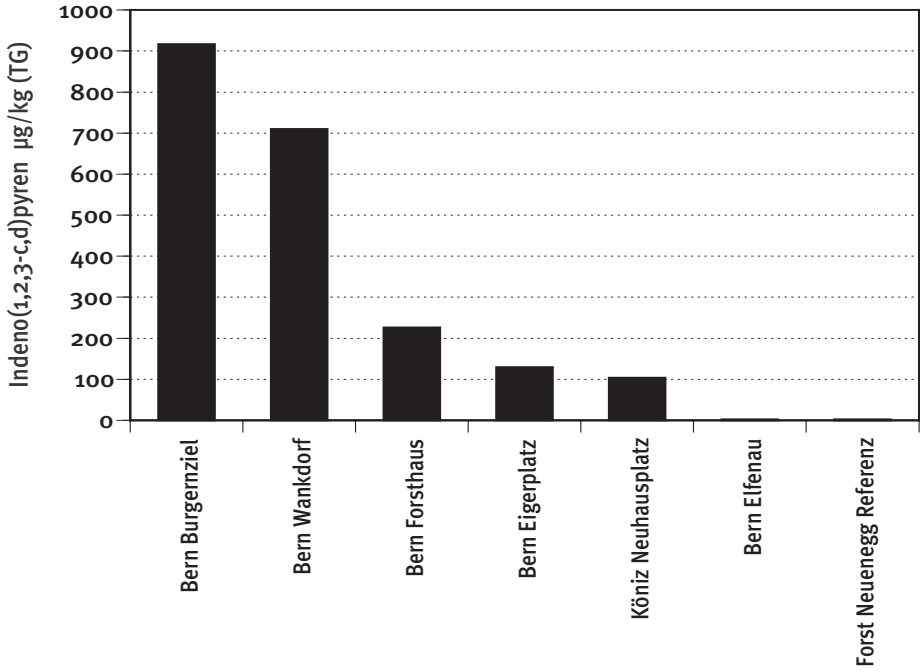


Abb. 42 Indeno(1,2,3-c,d)-pyren-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Indeno(1,2,3-c,d)pyren zeigt einen extrem hohen Belastungsgradienten von 367 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Burgernziel» und dem Belastungsminimum in der «Elfenau» und im «Forst-Neuenegg». Vergleichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Burgernziel» immer noch 284 mal grösser.

Benzo(e)pyren

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren. Weichmacheröle und Reifen.
Guter Verkehrs-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogene und mutagene Wirkung.

Belastung von Benzo(e)pyren an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Erneut zeigt sich das Belastungsmaximum von Benzo(e)pyren am Messstandort «Burgernziel, gefolgt vom «Wankdorf» und «Forsthaus» (Abb. 43).

Auf tieferem Niveau folgen die Standorte «Eigerplatz», «Elfenau» und «Köniz-Neuhausplatz». Das Belastungsminimum findet sich am Hintergrundstandort «Forst-Neuenegg», weit ab von Verkehrsemissionen.

Benzo(e)pyren zeigt ebenfalls einen extrem hohen Belastungsgradienten von 162. Verglichen mit der Belastung in der «Elfenau» ist die Belastung im «Burgernziel» noch viermal grösser.

Unsere bisherigen verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt zeigen für Benzo(e)pyren eine gute Eignung als allgemeiner Verkehrstracer.

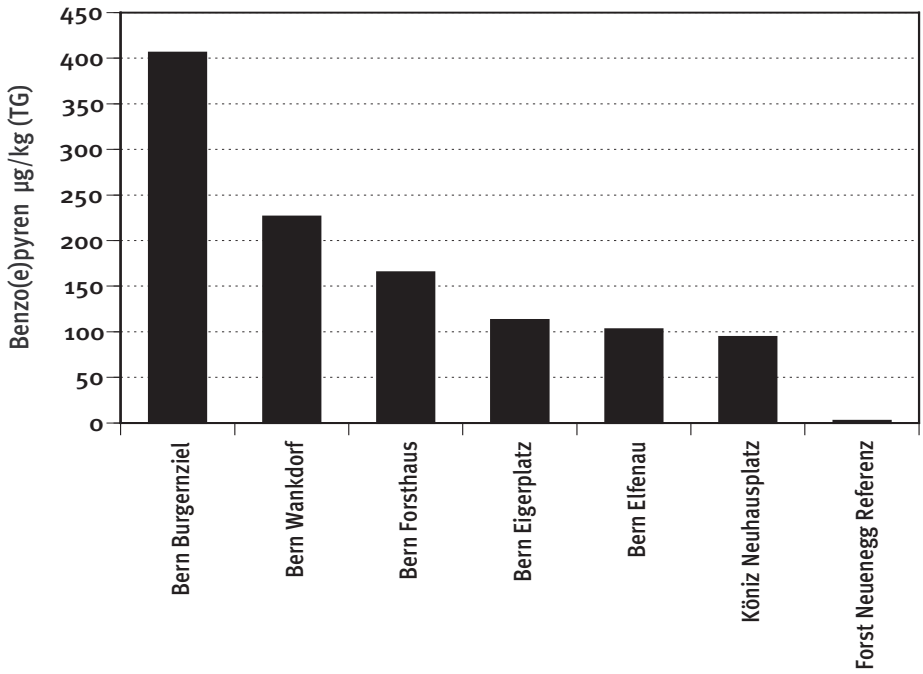


Abb. 43 Benzo(e)pyren-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Benzo(e)pyren zeigt einen sehr hohen Belastungsgradienten von 162 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Burgernziel» und dem Belastungsminimum im «Forst-Neuenegg». Vergleichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Burgernziel» immer noch viermal grösser.

Acenapthen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien und anodische Schmelzwerke. Leichtflüchtiger PAK

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Acenapthen an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Der überaus höchste Belastungswert von Acenapthen wurde am Messstandort «Forsthaus» (A1/A12-Verzweigung Weyermannshaus) festgestellt mit einem DTV von 14'500 Fz/d (Abb. 44). Mit mindestens viermal tieferen Belastungswerten folgen die Standorte «Wankdorf» und «Köniz-Neuhausplatz». An den nachfolgenden Standorten «Eigerplatz, «Burgernziel, «Elfenau» und «Forst-Neuenegg» liegen die Acenapthen-Belastungen bereits an der Nachweisgrenze der Messmethode.

Acenapthen zeigt einen sehr hohen Belastungsgradienten von 92. Verglichen mit der Belastung in der «Elfenau» ist diese im stärkstbelasteten «Forsthaus» noch 20 grösser.

Unsere bisherigen verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt zeigen für Acenapthen eine gute Eignung als Verkehrstracer, insbesondere für den Nachweis des Schwerverkehrsanteils.

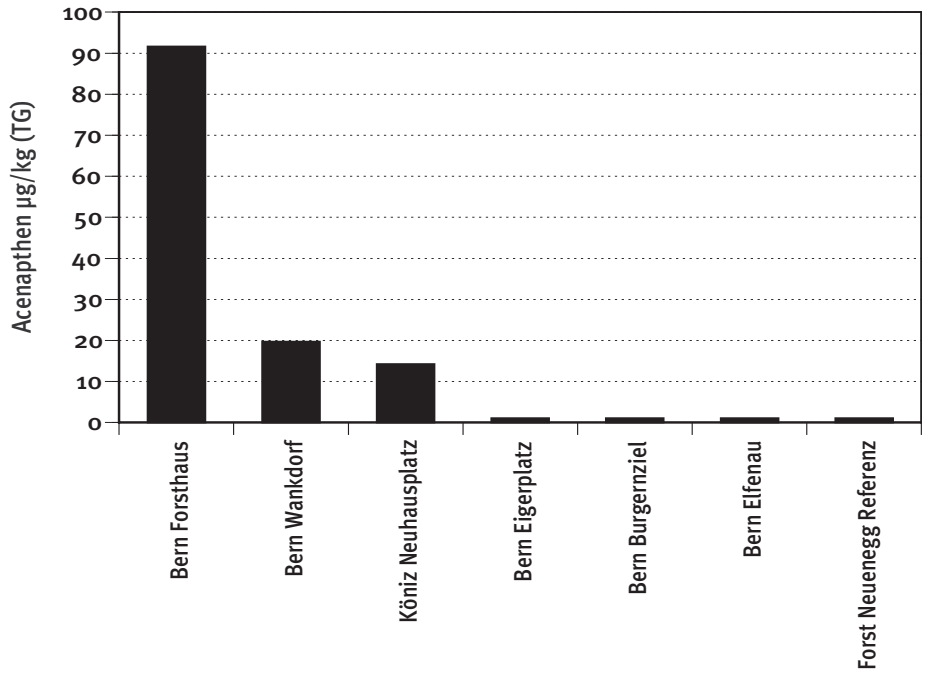


Abb. 44 Acenapthen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Acenapthen zeigt ebenfalls einen hohen Belastungsgradienten von 92 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Forsthaus» und dem Belastungsminimum an den Standorten «Eigerplatz», «Burgernziel», «Elfenau» und «Forst-Neuenegg». Vergleichen mit der «Elfenau» ist die Belastung im «Forsthaus» immer noch 20 mal grösser.

Coronen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und im Tabakrauch enthalten.
Guter Verkehrs-Tracer.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Mutagene Wirkung und wahrscheinlich kanzerogene Wirkung

Belastung von Coronen *an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004*

Der höchste Belastungswert von Coronen zeigt sich erneut am Messstandort «Forsthaus», diesmal dicht gefolgt vom «Burgernziel und «Wankdorf» (Abb. 45). Mit höchstens halb so starker Belastung folgen danach die Standorte «Eigerplatz», «Köniz-Neuhausplatz» und «Elfenau». Das Belastunsminimum ist erneut im «Forst-Neuenegg».

Coronen zeigt einen hohen Belastungsgradienten von 49. Verglichen mit der Belastung in der «Elfenau» ist die Belastung im stärkstbelasteten «Burgernziel» noch viermal grösser.

Unsere bisherigen verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt zeigen für Coronen eine gute Eignung als allgemeiner Verkehrstracer.

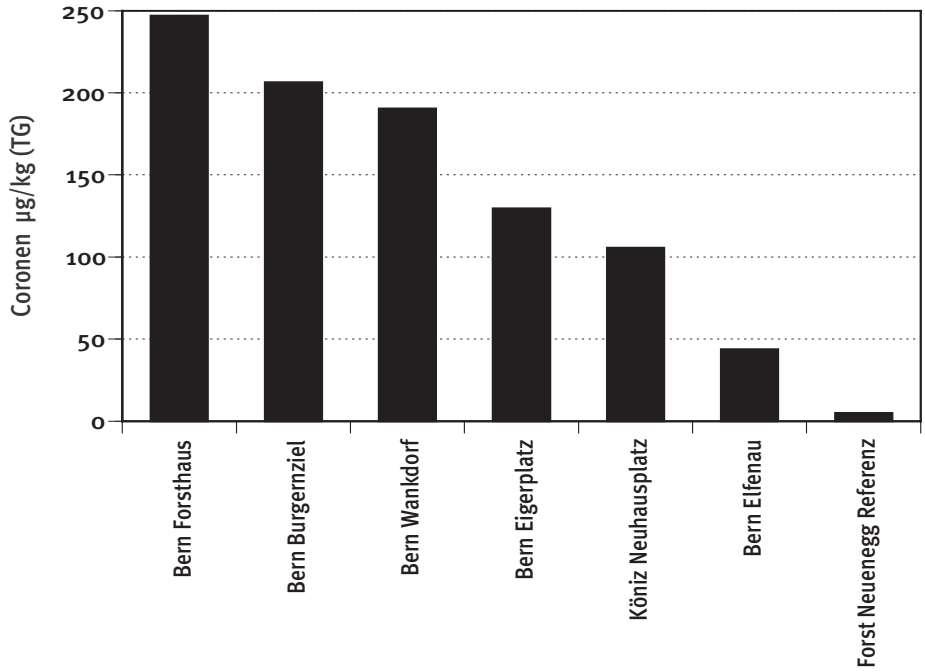


Abb. 45 Coronen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Coronen zeigt einen mittelstarken Belastungsgradienten von 49 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Forsthaus» und dem Belastungsminimum im «Forst-Neuenegg».

Napthalin

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien und anodische Schmelzwerke. Leichtflüchtiger PAK
Guter Verkehrstracer für häufige Staulagen.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Napthalin an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Das Belastungsmaximum von Napthalin zeigt sich erneut am Standort «Forsthaus», dicht gefolgt von den Standorten «Wankdorf», «Burgernziel», «Eigerplatz», und «Köniz-Neuhausplatz» (Abb. 46).

Geringe Belastungswerte zeigen sich nur an Standorten mit Hintergrundbelastung wie am Referenzstandort «Forst Neuenegg» und der «Elfenau», relativ weit weg vom direkten Verkehrseinfluss.

Napthalin zeigt einen eher geingen Belastungsgradienten von 13.

Unsere bisherigen verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt zeigen für Napthalin eine gute Eignung als allgemeiner Verkehrstracer. Nach bisherigen Erkenntnissen weist Napthalin besonders auf häufige Staulagen hin.

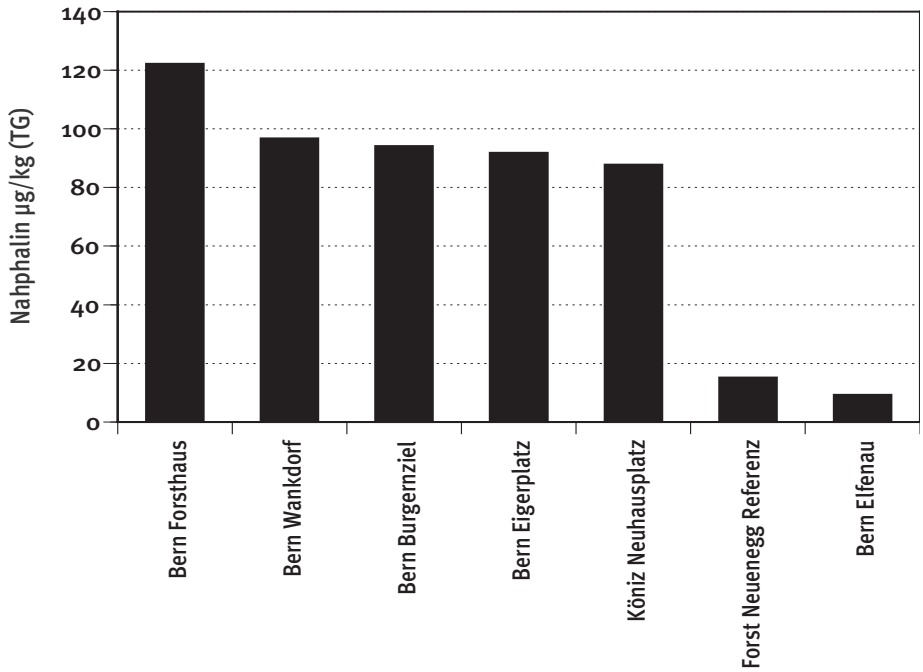


Abb. 46 Napthalin-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Napthalin zeigt einen geringen Belastungsgradienten von 13 zwischen der Maximalbelastung am Standort Forsthaus und dem Belastungsminimum in der Elfenau.

Acenapthylen

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien und anodische Schmelzwerke. Leichtflüchtiger PAK

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Acenapthylen an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Das Belastungsmaximum Acenapthylen zeigt sich erneut am Standort «Forsthaus», gefolgt von den Standorten «Burgernziel», «Wankdorf», «Eigerplatz», «Köniz-Neuhausplatz» und «Elfenau» (Abb. 47).

Geringe Belastungswerte zeigen sich nur an Standorten mit Hintergrundbelastung wie am Referenzstandort «Forst Neuenegg», relativ weit weg vom direkten Verkehrseinfluss. Acenapthylen zeigt einen geringen Belastungsgradienten von 8.

Unsere bisherigen verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt zeigen auch für Acenapthylen eine gute Eignung als allgemeiner Verkehrstracer für alle Fahrzeugkategorien. Nach bisherigen Erkenntnissen weisen stark erhöhte Belastungswerte von Acenapthylen besonders auf häufige Staulagen hin.

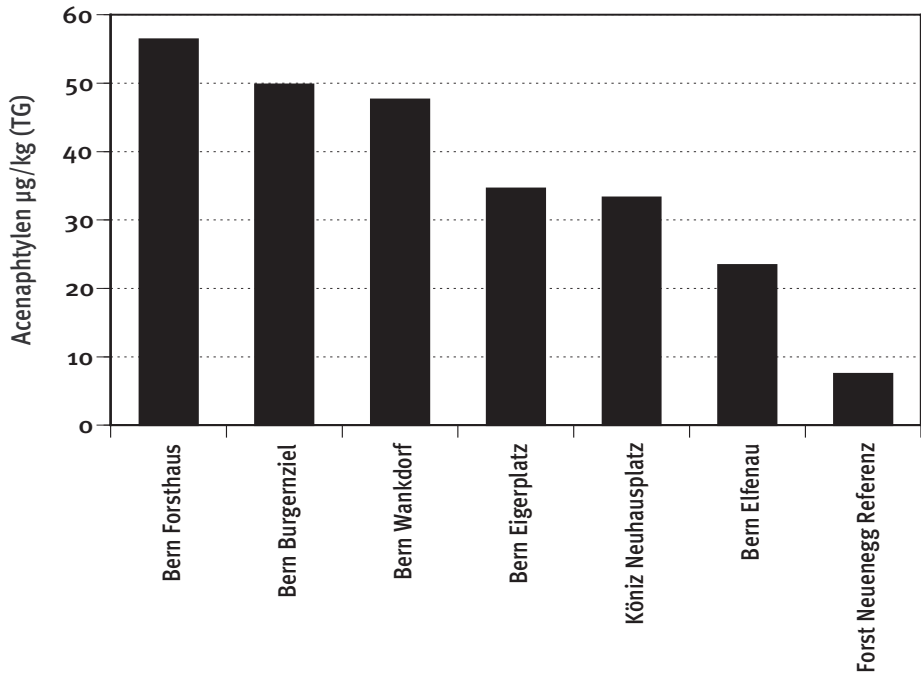


Abb. 47 Acenapthylen-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004.

Acenapthylen zeigt einen geringen Belastungsgradienten von 8 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Forsthaus» und dem Belastungsminimum im «Forst-Neuenegg».

Fluoren

Allgemeine Grundlagen nach Literatur

Hauptemittenten und Quellen
Freisetzung durch Abgase von Verbrennungsmotoren und Heizanlagen. Weichmacheröle und Reifen. Kokkereien und anodische Schmelzwerke. Leichtflüchtiger PAK.

Hauptaufnahmepfade beim Menschen
Massgeblich sind Luft und Nahrungsmittel.

Wirkungsmechanismus bei Pflanze und Mensch
Kanzerogen und mutagen.

Belastung von Fluoren an den Standorten der Stadt Bern und von Köniz von 2004

Auch für Fluoren zeigt sich das Belastungsmaximum erneut am Standort «Forsthaus», diesmal gefolgt von den Standorten «Wankdorf», «Eigerplatz», «Burgernziel», «Köniz-Neuhausplatz» und «Elfenau» (Abb. 47).

Das Belastungsminimum zeigt sich nur am Standort mit Hintergrundbelastung «Forst-Neuenegg», abseits vom direkten Verkehrseinfluss.

Fluoren zeigt einen geringen Belastungsgradienten von 4.

Unsere bisherigen verkehrsgestützten Analysen im MfM-U-Projekt zeigen auch für das leichtflüchtige Fluoren eine gute Eignung als allgemeiner Verkehrstracer. Nach bisherigen Erkenntnissen eignet sich Fluoren auch zum Nachweis von häufigen Staulagen.

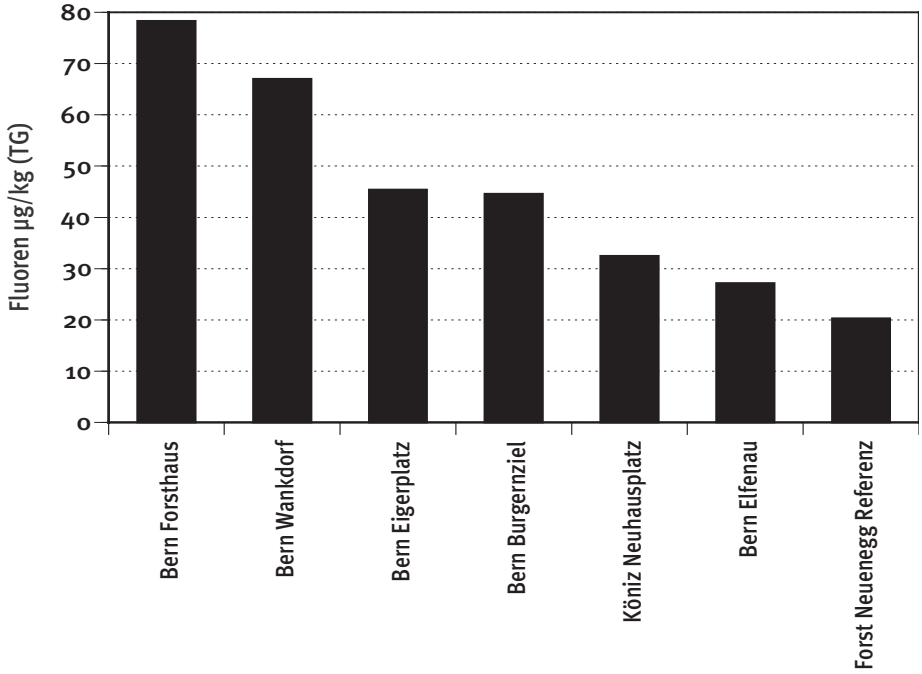


Abb. 47 Fluoren-Belastung der Standorte Bern und Köniz von 2004

Fluoren zeigt einen geringen Belastungsgradienten von 4 zwischen der Maximalbelastung am Standort «Forsthaus» und dem Belastungsminimum im «Forst-Neuenegg».

7. Immissions-, Emissions- und Verkehrsentwicklung

7.1 Veränderung der Immissionsbelastung

- **Veränderung der Stickstoffdioxid-Belastung (NO_2) im 14-jährigen Zeitraum von 1990-2003**

Die Stickstoffdioxid-Belastung gilt als wichtigster Leitindikator in der Luftreinhaltung, weshalb nachfolgend die zeitliche Entwicklung der NO_2-Belastung in der Stadt Bern im Zeitraum von 1990 bis 2003 analysiert wird (Tab. 13). Im 14-Jahrestrend werden für 24 Berner Messtandorte die Jahresmittelwerte von 1990 den aktuellen Belastungswerten von 2003 gegenübergestellt, je unter Bezifferung der erzielten prozentualen NO_2-Reduktion. Die Tabelle unterscheidet mit verschieden starker Rasterung die allgemein üblichen drei Belastungskategorien, nämlich: «Grenzwert überschritten», «im Bereich des Grenzwertes» und «Grenzwert eingehalten». Der LRV-Grenzwert für NO_2-Jahresmittelwerte beträgt 30 $\mu g/m^3$.

Über alle Messstandorte hinweg zeigt sich für NO_2 im 14-jährigen Zeitmassstab eine 17%ige, jedoch standörtlich unterschiedlich stark ausfallende, Belastungsverminderung. So können alle Standorte, welche im Jahresdurchschnitt von 2003 den NO_2-Grenzwert überschritten oder sich im Bereich des Grenzwertes bewegten, je dem Standorttyp «Hauptstrassen» zugeordnet werden. Offensichtlich trägt der intensive Motorfahrzeugverkehr nachwievor und massgeblich zu den stärksten NO_2-Belastungen bei. Die prozentualen NO_2-Reduktionen von typischen Verkehrsstandorten bewegen sich seit 1990 von minimalen 5% am Bahnhofplatz und 11% am Eigerplatz bis zu grösseren Reduktionen von 28% am Messstandort Ostring Ost, im Gebiet der heutigen Autobahnüberdachung, welche Anfang der Neunzigerjahre gebaut wurde , bis zu 39% bei der Fixstation Bern Brunngasshalde und sind zumindest teilweise auch ein Abblid der veränderten Verkehrsführung an diesen Standorten.

Bei den vier Passivsammler-Messstandorten, welche sich im Siedlungsgebiet und abseits von Hauptverkehrsachsen befinden, konnte der NO_2-Grenzwert gut eingehalten werden (aktuelle Messwerte von 2003). Es betrifft dies die Standorte Steigerhubel, Bümpliz Schwabgut, Felsenau und Elfenau Gärtnerei. Die Reduktion seit 1990 bewegt sich zwischen 8 - 17%.

Stickstoffdioxid-Messungen in der Stadt Bern und Köniz in den Jahren 1990 und 2003

Messstandort	NO_2-Gehalt in µg/m³		Reduktion (%)
	1990	2003	
Stauffacher Nord	58.7	46.7	*20*
Bern Bollwerk NABEL	**67.0**	**51.0**	*24*
Thunstrasse	57.0	47.9	*16*
Neufeld Nord	54.1	47.6	*12*
Bodenweid West	53.9	44.4	*18*
Bahnhof	44.3	41.9	*5*
Neubrück	43.2	36.5	*16*
Eigerplatz	47.1	42.0	*11*
Länggasse A	51.4	39.3	*24*
Burgfeld Ost	50.2	38.9	*23*
Weissensteinstrasse	45.5	43.1	*5*
Breitenrainplatz	42.6	35.3	*17*
Standstrasse 4	38.7	33.8	*13*
Burgfeld West	43.8	36.5	*17*
Seftigenstrasse 222 - Köniz	45.0	34.0	*24*
Bern Brunngasshalde	**54.0**	**33.0**	*39*
Bern Zentrum	42.3	32.5	*23*
Bümpliz Zentrum	38.6	29.3	*24*
Ostring Ost	42.6	30.8	*28*
Bodenweid Ost	37.7	29.8	*21*
Brünnen Nord	29.3	28.3	*3*
Steigerhubel	32.4	27.0	*17*
Bümpliz Schwabgut	28.9	26.6	*8*
Felsenau	25.1	22.5	*10*
Elfenau Gärtnerei	21.7	18.5	*15*
NO_2- mittlere Rereduktion [%]			***17***

> 33 µg/m³	Grenzwert überschritten
27-33 µg/m³	im Bereich des Grenzwertes
< 27 µg/m³	Grenzwert eingehalten

fett: Fixstationen

Tab. 13 Jahresmittel der NO_2-Belastung von 1990 und 2003 sowie prozentuale NO_2-Reduktion pro Standort.

dunkle Schraffur: Standorte mit Grenzwertüberschreitungen gemäss LRV
helle Schraffur: Standorte im Bereich des Grenzwertes

Quellen
Standort Bollwerk: BUWAL/NABEL 1990/2003

übrige Standorte: AfUL Stadt Bern 1990/2003, beco - Berner Luft 1990/2003 Gemeinde Köniz 1990/2003

Wie die Ergebnisse klar belegen, besteht bei der Reduktion der Stickstoffdioxid-Belastung nach wie vor ein deutlicher Handlungsbedarf, besonders beim motorisierten Strassenverkehr, welcher im Stadtgebiet als Hauptverursacher für die überhöhte NO_2-Belastung gilt.
Dies zeigt sich besonders im Zentrum der Stadt Bern und entlang der Hauptverkehrsachsen.

● Langzeittrend ausgewählter NO_2-Messstellen der Stadt Bern

Der Langzeittrend von vier ausgewählten NO_2-Passivsammler-Messstandorten der Stadt Bern von 1990 bis 2004 ist in Abb. 48 dargestellt. Alle Standorte weisen seit 1990 einen Belastungsrückgang auf, besonders im ersten Drittel der Neuzigerjahre, nach der Einführung der Katalysatortechnik. Seit 1993 zeigt sich nebst kleineren jährlichen Schwankungen nur ein geringfügiger Rückgang. An den Standorten Eigerplatz und Ostring zeigt sich in jüngster Zeit sogar wieder ein zunehmender Belastungstrend. NO_2 gilt zurecht als Leitindikator in der Luftreinhaltung.

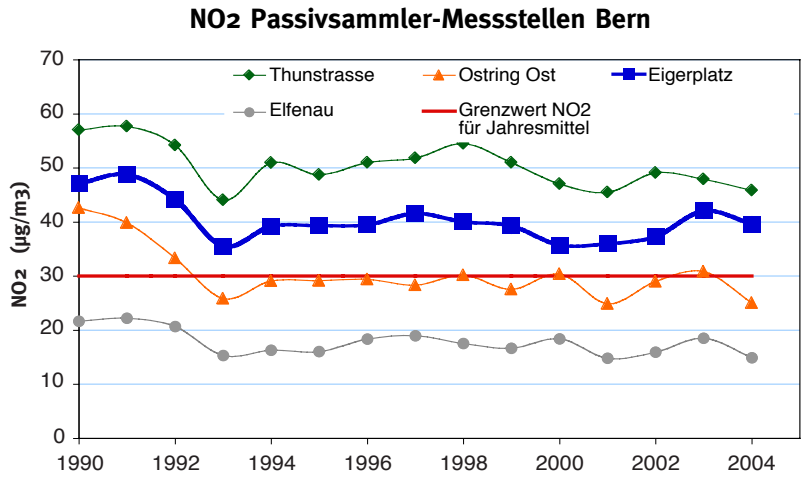


Abb. 48 Langzeittrend vier ausgewählter NO_2-Messstellen der Stadt Bern von 1990 bis 2004.

Jahresmittelwerte, gemessen mit Passivsammler.

(Quelle und Graphik: AfUL Stadt Bern)

Abbildung 49 zeigt den Langzeittrend von NO_2 der Fixstation im Zentrum von Bern (Brunngasshalde) von 1990 bis 2004 (Jahresmittelwerte, DOAS). An diesem innerstädtischen Standort hat seit 1990 ein deutlicher Belastungsrückgang stattgefunden, am ausgeprägtesten erneut in der ersten Hälfte der Neuzigerjahre (Katalysatortechnik). Der Trend zur Belastungsabnahme setzt sich auch in jüngster Zeit fort. Aufgrund der bereits ausgeführten Anstrengungen zur Emissionsverminderung ist künftig von einer nur geringfügigen weiteren Abnahme auszugehen.

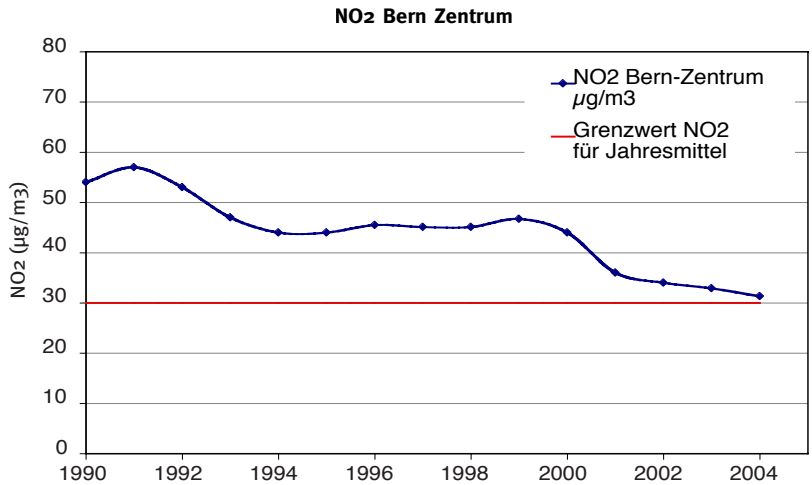


Abb. 49 NO_2-Langzeittrend der innerstädtischen Fixstation «Brunngasshalde» von 1990 bis 2004.

Jahresmittelwerte, gemessen mit DOAS.

(Quelle und Graphik: AfUL Stadt Bern)

SO_2 - ein früher gravierendes Problem - heute gelöst

In den Achtzigerjahren hatte die Belastung mit Schwefeldioxid massgeblich zu einer hohen Luftverschmutzung beigetragen (Abb. 50). Dank kosequenter Luftreinhaltepolitik und erfolgreichen Sanierungsmassnahmen in der Feuerungstechnik konnte die Belastung kontinuierlich gesenkt werden. Heute liegen die Jahresmittelwerte ein Mehrfaches unter dem Grenzwert so dass die aufwändigen Konzentrationsmessungen schon 1999 eingestellt werden konnten. Ein Grund zur Freude!

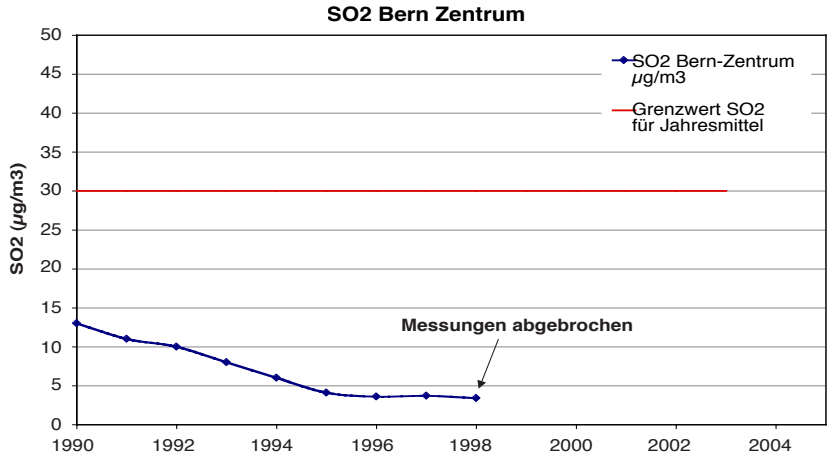


Abb. 50 SO_2-Langzeittrend der innerstädtischen Fixstation «Brunngasshalde» von 1990 bis 2004.

Jahresmittelwerte, gemessen mit DOAS.

(Quelle und Graphik: AfUL Stadt Bern)

Lungengängie Partikel (PM10) nehmen zwar ab, aber...

Auch bei den lungengängigen Patikeln (PM10) kann am Messstandort Brunngasshalde seit 1990 eine weitgehend kontinuierliche Abnahme festgestellt werden (Abb. 51). Leider zeigt sich aber in jüngster Zeit wieder ein Anstieg, der grosse Sorgen bereitet.

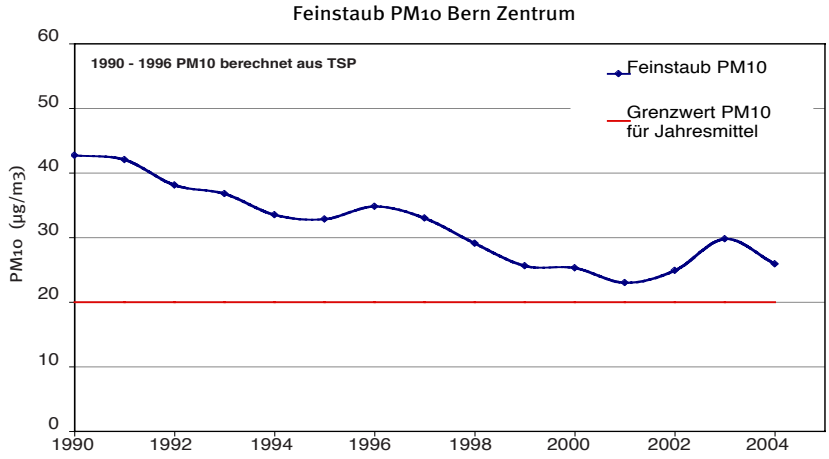


Abb. 51 Lungengängige Partikel (PM10)-Langzeittrendtrend der innerstädtischen Fixstation «Brunngasshalde» von 1990 bis 2004

Jahresmittelwerte

(Quelle und Graphik: AfUL Stadt Bern)

Der Hauptgrund liegt bei der steten Zunahme von dieselbetriebenen Fahrzeugen ohne Partikelfilter und es wird erwartet, dass die Partikelbelastung weiter zunehmen wird. Nur eine rasche und konsequente Einführung der Partikelfilter-Pflicht für alle Dieselfahrzeuge kann bewirken, dass die Partikelbelastung weiter abnimmt und der humantoxikologisch wichtige Grenzwert (u.a. Träger von PAKs) eingehalten werden kann.

7.2 Emissionsveränderungen seit 1975
Exemplarisches Beispiel der KVA-Sanierung

Die Kehrichtverwertungsanlage (KVA-Bern) wurde1954 erbaut und umfasst zwei getrennte Ofenlinien mit einer Jahreskapazität von 115'000 Tonnen. Die Rauchgasreinigungsanlage der KVA-Bern wurde in drei grossen Ausbauetappen an den neuesten Stand der Technik und die strengeren Anforderungen der Luftreinhalte-Verordnung angepasst. Im Dezember 1985 wurde der Elektrofilter und im August 1986 der Rauchgaswäscher in Betrieb genommen und im Hebst 1997 konnte die zusätzlich eingebaute Entstickungsanlage (DeNOx) in Betrieb genommen werden.

- Diese drei **lufthygienischen Sanierungsmassnahmen** haben zu einer **eindrücklichen Reduktion der Emissionsbelastung der KVA Bern** gegenüber dem Ausgangszustand (nur Elektrofilter 1975) geführt. Wie Abbildung 52 zeigt, konnten die Luftschadstoff-Emissionen von anorganischen Chloriden und Fluoriden und von Schwefeldioxid seit 1979 um 98-99.7% reduziert werden. Auch die Emissionen von Quecksilber, Cadmium und Staubauswurf wurden um 92-95% reduziert. Beim Stickstoffdioxid gelang mit dem Einbau der DeNOx-Anlage eine Schadstoffreduktion um 76.5% (Abb. 53).

  Für den Vergleich mit den Luftgütekarten mit Flechten relevant ist auch die Tatsache, dass das Fernheizwerk Bern, welches 12% des städtischen Wärmeverbrauchs deckt, noch bis 1995 grössere Restbestände an Kohle verfeuerte (1'600-2'300t/a, gegenüber 7'000t/a 1980), auch Schweröl wurde noch bis 1992 verfeuert (1'250-3'150t/a). Die endgültige Umstellung von Schweröl auf Heizöl Leicht erfolgte 1993. Der Anteil an Gas hat sich seit 1977 schrittweise vergrössert.

KVA Bern - Verbesserung in der Rauchgasreinigung 1975-2003

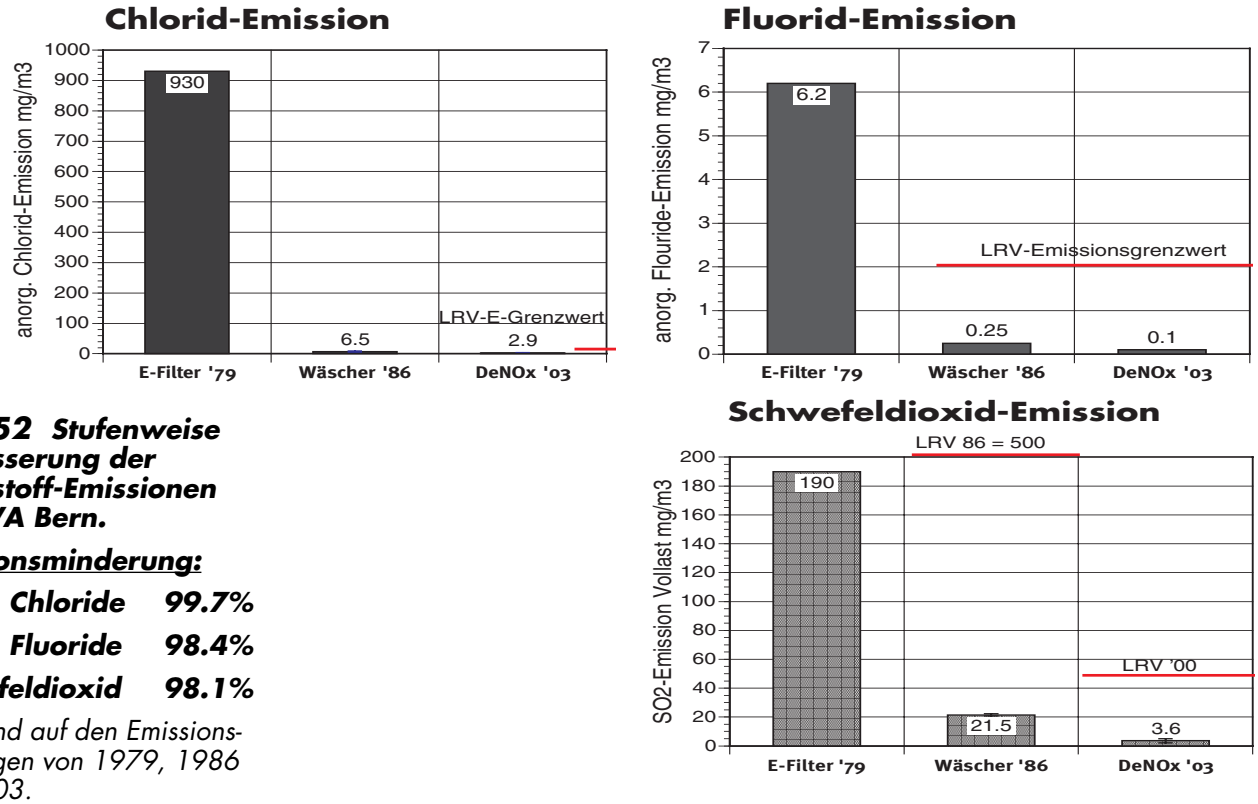


Abb. 52 Stufenweise Verbesserung der Schadstoff-Emissionen der KVA Bern.

Emissionsminderung:

anorg. Chloride	***99.7%***
anorg. Fluoride	***98.4%***
Schwefeldioxid	***98.1%***

Basierend auf den Emissionsmessungen von 1979, 1986 und 2003.

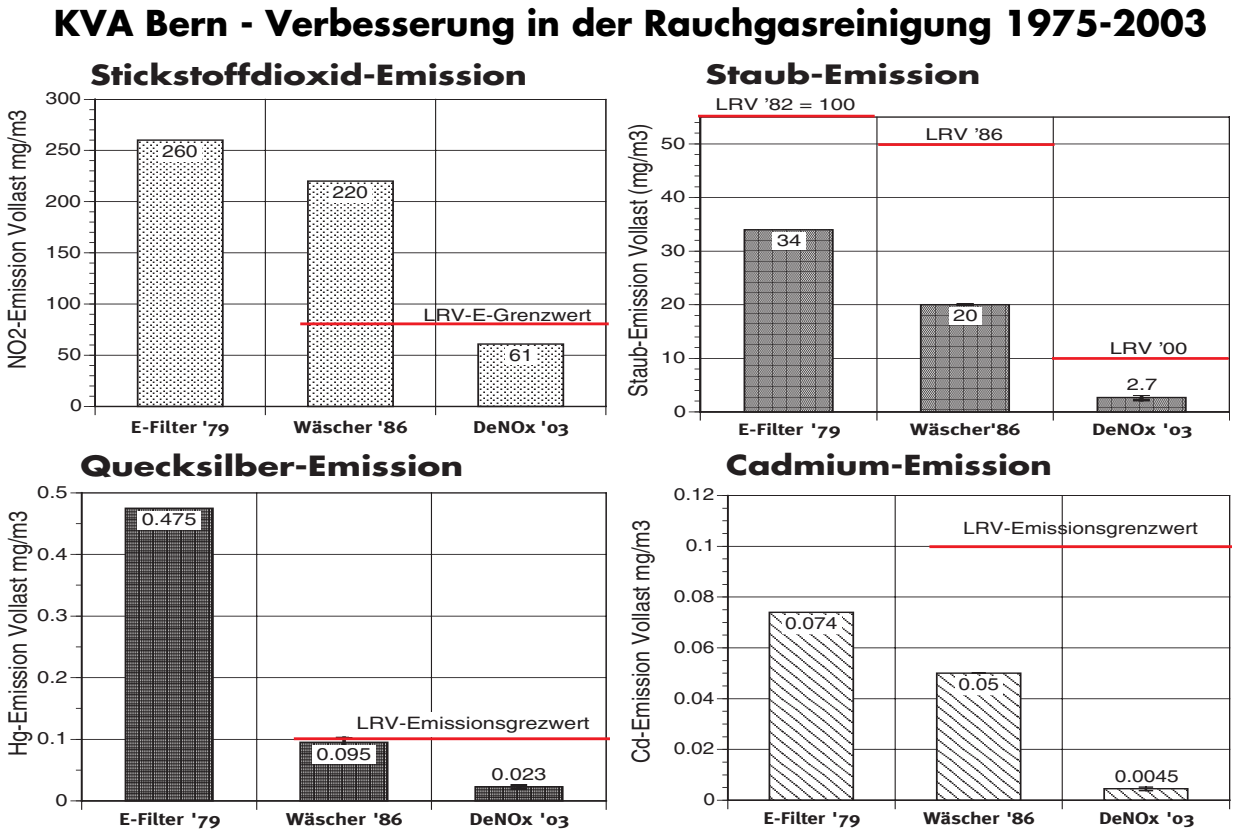


Abb. 53 Stufenweise Verbesserung der Schadstoff-Emissionen der KVA Bern vor und nach weitergehender Rauchgasreinigung.

Emissionsminderung:

Stickstoffdioxid	***76.5%***
Staub	***92.1%***
Quecksilber	***95.2%***
Cadmium	***93.9%***

Basierend auf den Emissionsmessungen von 1979, 1986 und 2003.

Wie aus Tabelle 14 zu entnehmen ist, haben sich die drei Sanierungsmassnahmen unterschiedlich auf die Reduktion der Emissionsfrachten ausgewirkt. Währenddem der Rauchgaswäscher die Schadstoffemissionen von anorganischen Chloriden und Fluoriden und von Schwefeldioxid um 89-99.3% reduziert hat, konnten 80% an Quecksilber, 41% Staub , aber nur 15% der Stickoxide reduziert werden. Eine weitergehende Verbesserung konnte erst mit dem Einbau der DeNOx-Anlage und weiterer Prozessoptimierungen an der ganzen Rauchgasreinigungsanlage erreicht werden.

Dank der DeNOx-Anlage konnte die KVA Bern seit Herbst 1997 ihre Emissionen an gefährlichen, gasförmigen Säurebildnern wie Chloriden, Fluoriden, Schwefel- und Stickstoffdioxiden sowie von Staub und Schwermetallen auf heute sehr tiefe Emissionswerte reduzieren, die alle weit unterhalb der heutigen Emissionsgrenzwerte der LRV liegen.

Tab. 14 Prozentuale Emissionsminderung der stufenweisen Sanierung der Rauchgasreinigungsanlage der KVA Bern.

1975 Inbetriebnahme Elektrofilter
1986 Inbetriebnahme Rauchgaswäscher
1997 Inbetriebnahme DeNOx-Anlage

Basierend auf den Emissionsmessungen von 1979, 1986 und 2003.

Prozentuale Emissionsminderung	E-Filter/ DeNOx 1979/2003	E-Filter/ Wäscher 1979/1986	Wäscher/ DeNOx 1986/2003
anorg Chloride	99.7	99.3	55.4
anorg Fluoride	98.4	96.0	60.0
Schwefeldioxid	98.1	88.7	83.3
Stickstoffdioxid	76.5	15.4	72.3
Staub	92.1	41.2	86.5
Quecksilber	95.2	80.0	75.8
Cadmium	93.9	32.4	91.0

Eine noch weitergehende Emissionsminderung liesse sich mit der geplanten neuen KVA erreichen. Modernste Anlagen sind heute mit nachgeschalteten Feinststaubfiltern ausgerüstet, welche die Emissionsfrachten nochmals erheblich zu reduzieren vermögen.

7.3 Veränderung der Verkehrsbelastung

Verkehrserhebungen in der Stadt Bern

Die folgenden Ausführungen stammen aus dem Bericht Verkehrserhebungen 2002/03 der Stadt Bern (Direktion für Planung, Verkehr und Tiefbau). Seit über 30 Jahren wird die Entwicklung des Motorfahrzeugverkehrs an ausgewählten Messstandorten auf städtischen und regionalen Hauptverkehrsachsen sowie auf den Autobahnen verfolgt. Die Messungen auf dem städtischen Netz zeigen, dass der Motorfahrzeugverkehr gesamthaft stagniert oder sogar abnimmt (Abb. 54).

Im Zeitraum von 1990-2003 hat der durchschnittliche 24-h-Verkehr an den Standorten Monbijoubrücke, Lorrainebrücke, Schosshaldenstrasse 36 und Murtenstrasse 146 zwischen 6.3 und 21 % abgenommen. Der Standort Seminarstrasse zeigt eine Stagnation. Standort Aarestrasse weist eine starke Verkehrszunahme von 68% auf, dies jedoch auf tiefem Niveau.

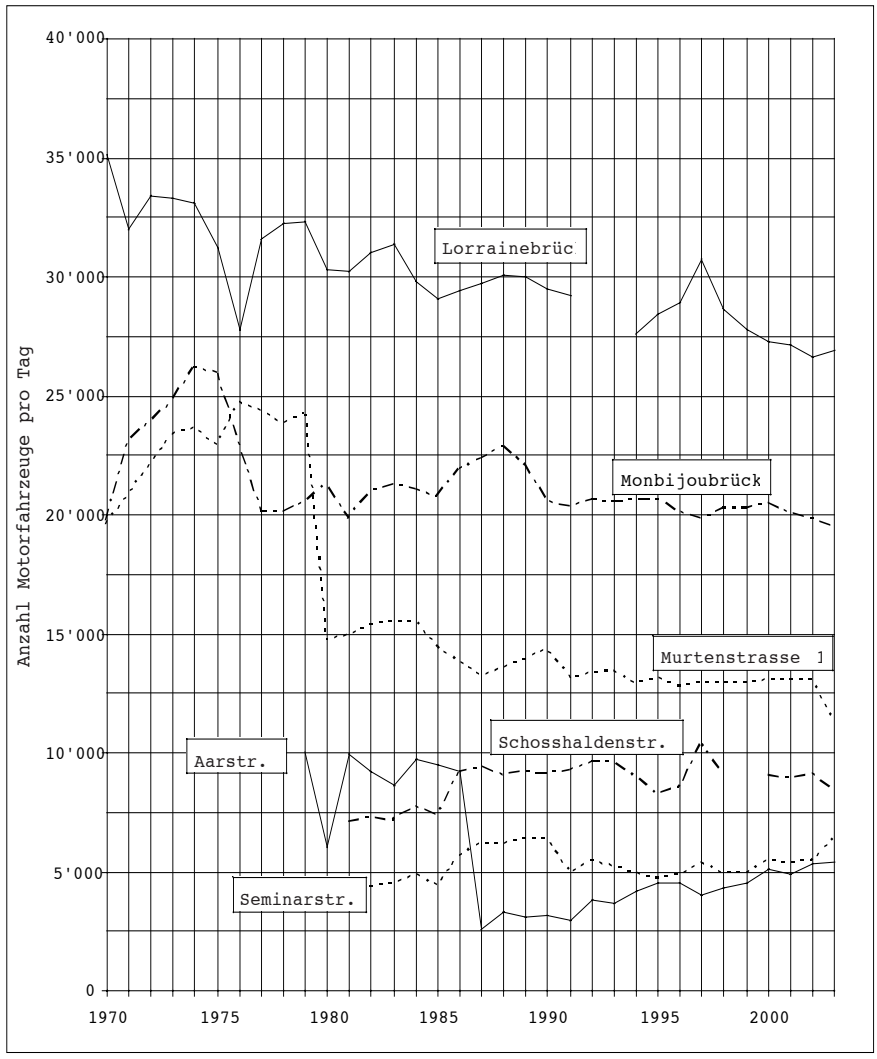


Abb. 54 Verkehrsentwicklung der städtischen Strassen.

Im Zeitraum von 1990 bis 2003 hat der durchschnittliche 24-h-Verkehr (DTV) auf den städtischen Strassen mehrheitlich abgenommen.

prozent. Verkehrsabnahme (-) bzw. -zunahme (+):

Seminarstr. 1:	*0%*
Monbijoubrücke:	*- 6.3%*
Lorrainebrücke:	*- 8.8%*
Schosshaldenstr. 36:	*- 8.8%*
Murtenstrasse 146:	*- 21%*
Aarestrasse 42:	*+ 68%*

(Zunahme auf tiefem Niveau)

Verkehrserhebungen 2002/03, Stadt Bern, Tiefbauamt.

Auch auf den regionalen Hauptverkehrsstrassen hat sich die stetige Zunahme des Motorfahrzeugverkehrs in den letzten beiden Jahren ebenfalls verlangsamt, teilweise ist das Aufkommen stagnierend oder sogar rückläufig. Somit geht die verbesserte Luftqualität in Bern zu grossen Teilen mit der teilweisen Verkehrsabnahme einher.

Weil ein Anteil des Motorfahrzeugverkehr erfolgreich über die Autobahn gelenkt wird, zeigt sich im Bereich der Autobahnanschlüsse eine Zunahme des Verkehrs. Auf den Autobahnen werden sowohl auf dem Stadtgebiet wie in der Region weiterhin zunehmende Belastungen festgestellt (Abb. 55). Eine ausgeprägt starke prozentuale Zunahme des 24-Stunden Verkehrs von 1991-2003 zeigt sich mit 86.6% am Standort Brünnen (A1). Bei den übrigen drei Standorten (Felsenauviadukt, Umfahrung Bern Ost und Bümpliz) liegt eine Verkehrszunahme zwischen 16 und 41% vor (1990-2003).

Abb. 55 Verkehrsentwicklung der Autobahnen.

Im Zeitraum von 1990 bis 2003 hat der durchschnittliche 24-h Verkehr auf den Autobahnen im Stadtgebiet zugenommen.

prozent. Verkehrszunahme (+):

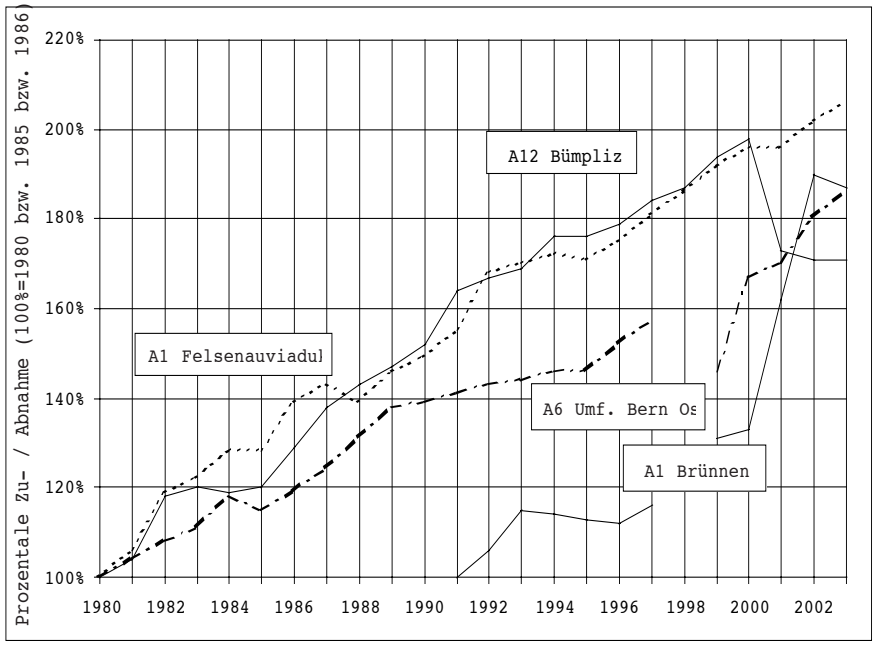
A12 Bümpliz: + 12.2%

A6 Umf. Bern Ost: + 33.3%

A1 Felsenauviadukt: + 38.1%

A1 Brünnen A1: + 86.6% (1991-2003)

Verkehrserhebungen 2002/03, Stadt Bern, Tiefbauamt.



Diese relative Verkehrszunahme auf den Umfahrungsachsen erklärt die in der aktuellen Flechtenstudie von 2004 festgestellte geringe Verschlechterung der Gesamtbelastung in den drei autobahnnahen Aussengebieten Holenacher/Bethlehemacker/Tscharnergut, im Löchligut sowie im Saali und Melchenbühl bei Gümligen in plausibler Weise.

8. Synthese - Veränderung der Luftqualität und der Verkehrs-, Immissions- und Emissionsentwicklung von Bern

Im abschliessenden Synthesekapitel werden die in Kapitel 5.5 dargestellen Luftqualitätsveränderungen, welche mit der Differenzkarte (Karte 3) visualisiert wurden, nochmals mit der zeitlichen Belastungsveränderung der wichtigsten Einflussgrössen verglichen, nämlich mit der:

- Verkehrsentwicklung,
- Immissionsentwicklung am Beispiel des Leitindikators NO_2
- Emissionsentwicklung am Beispiel der stufenweise verbesserten Rauchgasreinigung der KVA-Bern mit Gebieten von Industrieschnee-Ereignissen in den frühen Neunzigerjahren.

Diese wichtigsten Einflussgrössen sind in der Synthesekarte - Ursachen der Luftqualitätsveränderungen (Synthesekarte 4) in räumlicher Überlagerung dargestellt. Gebiete mit Industrieschnee-Ereignissen wurden gerastert.

Diese relativen Verkehrsveränderungen von sechs Berner Autobahnmessstellen sowie von 24 Verkehrsmessstellen der kantonalen und städtischen Verkehrsmessnetze sind in der Synthesekarte 4 mit roten Kreissignaturen dargestellt. Die Autobahn-bezogenen Messstandorte umfassen den Zeitraum 1990-2003, währenddem für die städtischen Messungen nur die Zeitperiode 1993-2003 zur Verfügung stehen. Negative Werte zeigen das Ausmass der Verkehrsabnahmen, positive Werte entsprechende Verkehrszunahmen.

Mit gelben quadratischen Signaturen ist auch die relative zeitliche Veränderung in der NO_2-Belastung von 24 verfügbaren Messstandorten dargestellt. Negative Werte zeigen das Ausmass der festgestellten NO_2-Belastungsverminderungen im Zeitraum 1990-2003.

8.1 Veränderung der Luftqualität und der Verkehrs- und Immissionsentwicklung in der Stadt Bern im 14-jährigen Untersuchungszeitraum

Verkehrszunahmen zeigen sich besonders in Gebieten mit festgestellter Luftqualitätsverminderung

Vergleicht man im 14-jährigen Untersuchungszeitraum 1990 -2004 der ersten Erfolgskontrollstudie zur Veränderung der Luftqualität Berns (Diffe-

renzkarte der Luftgüte) alle vorhandenen Messdaten zur Immissions- und Verkehrsentwicklung, so wird sofort deutlich, dass die in Kapitel 5.5 beschriebenen 9% der Stadtgebiete, welche heute eine leicht verschlechterte Luftqualität aufweisen, in auffallender Weise in jenen Gebieten liegen, welche auch die stärksten Verkehrszunahmen von 30-90% aufweisen und sehr oft von Stauereignissen betroffen sind. (Synthesekarte 4, Seite 119).

- Es handelt es sich dabei um die vier Gebiete:
  - Saali und Melchenbühl am Perimeterrand, welches eine Verkehrszunahme von 37% auf der A6 seit 1990 aufweist.
  - Galgenfeld bis Obstberg mit Muristalden und Thunplatz bis Schwellenmätteli mit einer Verkehrszunahme von 33% auf der A6 seit 1990.
  - Bern-Brünnen mit den Quartieren Holen- und Bethlehemacker sowie Tscharnergut mit der stärksten Verkehrszunahme von 87% auf der A1 seit 1991.
  - Felsenau und Tiefenau mit einer Verkehrszunahme von 57% auf der A1 seit 1990.

Synthesekarte 4

Flächenhafte Veränderung der Luftqualität, der Verkehrs-, Immissions- und Emissionsentwicklung in der Stadt Bern im Zeitraum 1990 bis 2004.

Die festgestellten kleineren Gebiete in der Stadt Bern mit einer leicht verschlechterten Luftqualität finden sich ausschliesslich in Gebieten mit sehr starken Verkehrszunahmen.

Umgekehrt finden sich die grossflächigen Gebiete mit einer leicht bis stark verbesserten Luftqualität in auffallender Weise in jenen Quartieren, welche vor der lufthygienischen Sanierung der KVA signifikant mit Immissionen belastet wurden.
Aber auch die Verkehrsbelastung hat in diesen Gebieten z.T. stark abgenommen.

Siehe Seite 119 und auch als Faltblatt im Anhang.

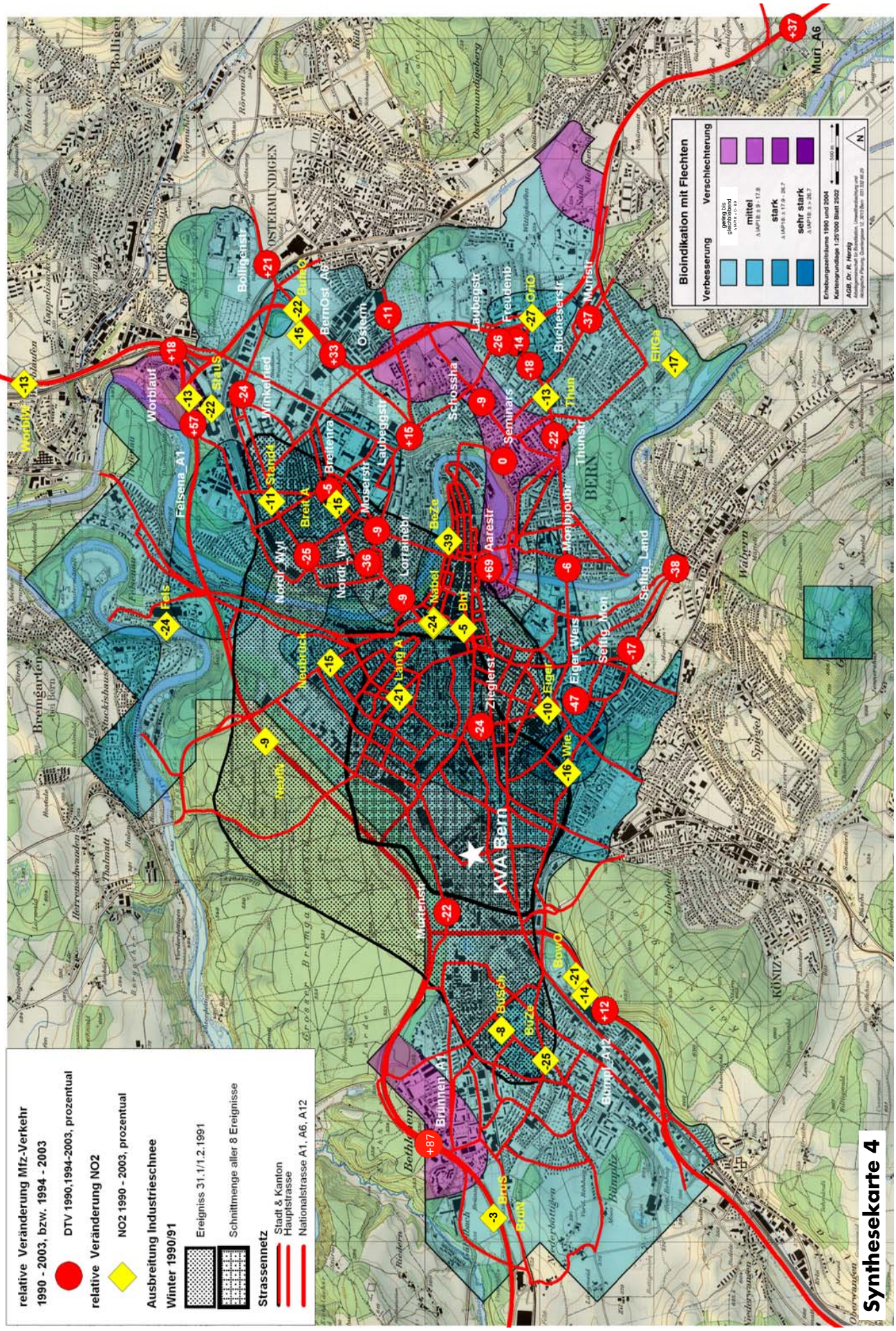
- **Verkehrsabnahmen zeigen sich in Gebieten mit mittleren bis starken Luftqualitätsverbesserungen**

Der mit nur 9% anteilsmässig kleinen Gebietsfläche mit einer geringfügig verschlechterten Luftqualität stehen 91% der untersuchten Stadtfläche gegenüber, welche heute eine gering bis sogar stark verbesserte Luftqualität aufweisen, wie in Kapitel 5.5 ausführlich beschrieben wurde. In diesen meist zentral gelegenen Stadtgebieten hat sich die Verkehrsentwicklung im Untersuchungszeitraum dank erfolgreicher Umlenkungspolitik auf das Netz der Stadtautobahnen A1, A6 und A12 entweder stabilisiert oder sogar leicht bis stark rückläufig, wie aus der Synthesekarte 4 ersichtlich ist.

Es handelt sich dabei besonders um folgende Stadtgebiete:

- Ein Hauptgebiet erstreckt sich von der Länggasse und Brückfeld zur oberen Altstadt, über die Quartiere Stadtbach, Mattenhof, Weissenstein, Weissenbühl, Sulgenbach, Marzili und mit Ausläufer bis ins Kirchenfeld. Aufgrund der betrachteten Messstellen reduzierte sich die Verkehrsbelastung diesem Gebieten relativ stark, um 24% an der Zieglerstrasse und sogar um 47% an der Weissensteinstrasse, auf der Lorrainebrücke, leicht ausserhalb von dieser Zone noch um 9%.
- Das zweite Hauptgebiet umfasst Teile der Quartiere Spitalacker, Beundenfeld, Breitenrain, Breitfeld, Wylergut bis zur Felsenau. Die Verkehrsentwicklung in dieser Zone schwankt zwischen Abnahmen am Breitenrainplatz (5%) und Nordringstrasse (25) und sogar Zunahmen auf der Laubeggstrasse (15) leicht ausserhalb dieser Zone.

Veränderung der Luftqualität und der Verkehrs-, Immissions- und Emissionsentwicklung in der Stadt Bern



Synthesekarte 4

- In den Aussengebieten zeigt sich die Zone mittlerer Verbesserung nur noch in kleinen inselförmigen Teilflächen, so im Quartier Schwabgut, im Gebiet der Allmend und im Ostring im Gebiet der A6-Überdachung. Hier zeigt die Verkehrsentwicklung deutliche Abnahmen auf dem städtischen Netz (Buchser- und Laubeggstrasse; 14-26%) bei ebenso deutlichen Zunahmen von 33% auf der Ostumfahrung A6.

- **Vergleich von Gebieten mit Luftqualitätsveränderungen mit der zeitlichen Entwicklung der NO_2-Belastung**

  An den Autobahn-nahen Messstandorten zeigt die NO_2-Belastung im 14-jährigen Zeitvergleich für die Mehrzahl der Standorte eine vergleichsweise geringe Abnahme in der NO_2-Belastung. Auf der A1-Achse bis ins Neufeld beträgt diese 9-13%, 14-21%, auf der A12-Achse sowie 15-27% auf der A6-Achse. Die geringste Abnahme zeigt sich auf der westlichen A1-Achse am Standort Brünnen mit nur 3%, leicht ausserhalb der Zone mit geringer Verschlechterung der Luftqualität gemäss der aktuellen Flechtenstudie.

  Im innerstädtischen Messnetz zeigen sich mehrfach stärkere Belastungsverminderungen von NO_2 als entlang des Autobahnnetzes. So weisen die beiden Fixmessstationen Bollwerk-Nabel und Altstadt zwischen 1990 und 2004 eine 25-39%ige Reduktion der NO_2-Belastung auf.

  Beachtliche NO_2-Reduktionen von 22% zeigen auch die Autobahn-abgewandten Standorte Burgfeld-Ost und Stauffacher-Süd. Und auch Messstandorte in verkehrsberuhigten Quartieren wie der Länggasse und Bümpliz-Zentrum zeigen eine 21-25%ige Reduktion der NO_2-Belastung. Die beiden Letzteren befinden sich auch in Zonen mit einer mittleren Luftqualitätsverbesserung.

- ***Fazit aus dem Vergleich der Luftqualitätsveränderungen mit der Verkehrs- und Immissionsentwicklung von NO_2***

  Die festgestellten kleineren Gebiete in der Stadt Bern mit einer leicht verschlechterten Luftqualität finden sich besonders in Gebieten mit sehr starken Verkehrszunahmen.
  Demgegenüber stehen flächenmässig 91% der Stadtgebiete mit einer leichten bis sogar stark verbesserten Luftqualität, welche mittlere bis starke Abnahmen in der Verkehrs- und Immissionsbelastung von NO_2 aufweisen.

8.2 Veränderung der Luftqualität und der Emissionsentwicklung am Beispiel der lufthygienisch sanierten KVA Bern

Vergleich der Luftqualitätsveränderung mit den Industrieschnee-Ereignissen von 1990 als potentielle Depositionsgebiete der KVA und des Fernheizwerkes vor der verbesserten Rauchgasreinigung

Ein zweiter interessanter Vergleich ergibt sich mit den Niederschlagsgebieten mit sogenanntem «Industrieschnee» in der Wintermonaten von 1990, welche zum Nachweis anthropogen bedingten Schneefalls dienten

Zu jener Zeit wurde die Berner KVA gerade mit einem modernen Rauchgaswäscher nachgerüstet. Im Fernheizwerk wurden in den Wintermonaten jedoch noch bist 1995 grössere Restmengen von Kohle und Schweröl verfeuert. Diese verursachten in kalten und zugleich windstillen Wintertagen mit ihren Wasserdampf- und Staubemissionen die Bildung von sogennantem Industrieschnee. Diese staubförmigen Feinpartikel, welche damals v.a. von der KVA und dem Fernheizwerk emittiert wurden, dienten dabei als eigentliche Kondensationskerne für die Bildung von Schneeflocken (Industrieschnee), dies während längeren Inversionslagen mit Temperaturen deutlich unter dem Gefriehrpunkt bei gleichzeitig windstillen und feuchten meteorologischen Bedingungen.

Mittels einer Kartierung von insgesamt acht dieser seltenen Industrieschnee-Ereignisse haben Studenten des Geographischen Institutes im Winter 1990/91 die potentiellen Depositionsgebiete der KVA-Immissionen in der Stadt Bern nachweisen können (Industrieschnee in der Stadt Bern - Der anthropogene Schnee im Winter 1990/91 Stillhardt, Matter, 1991).

In der differenziellen Synthesekarte 4 sind die beiden aussagekräftigsten dieser Industrieschnee-Ereignisse kartografisch überlagert dargestellt. Für die Visualisierung der potentiellen Depositionsgebiete der KVA und des Fernheizwerkes ausgewählt wurden dabei sowohl das Einzelereigniss vom 31.1./1.2.1991 (Punktraster mit feiner Umrissline) als auch die Schnittmenge aller acht Industrieschnee-Ereignisse (Grauraster mit dicker Umrisslinie).

- **Gebiete mit deutlicher Luftqualitätsverbesserung decken sich sehr gut mit den «Industrieschnee-Gebieten»**

  Generell stimmen die Gebiete mit einer mittel bis stark verbesserten Luftqualität (dunklere Blautöne) in Synthesekarte 4 auffallend gut überein mit den kartierten Gebieten der Industrieschnee-Ereignisse von 1990/91, also mit den potentiellen Immissions-Depositionsgebieten der «alten» KVA und dem Fernheizwerk, vor und während der weitergehenden lufthygienischen Sanierung. Diese in der Synthesekarte 4 mit Rasterung und feiner und starker Begrenzungslinie hervorgehobenen Gebiete, bezeichnen sowohl das Einzelereignis vom 31.1./1.2.1991 als auch die Schnittmenge aller acht kartieren Industrieschnee-Ereignisse.

  Das Hauptgebiet mit ***mittlerer Luftqualitätsverbesserung***, das sich von der Länggasse und Brückfeld zur oberen Altstadt, über die Quartiere Stadtbach, Mattenhof, Weissenstein, Weissenbühl, Sulgenbach, Marzili und mit Ausläufer bis ins Kirchenfeld erstreckt, konvergiert auffallend gut mit dem Depositionsgebiet des Industrieschnee-Ereignisses vom 31.1./1.2.1991.

  Auch das einzige Gebiet in der Stadt Bern mit einer ***starken Luftqualitätsverbesserung***, das sich vom Cäcilienplatz im Mattenhof, zur Seftigenstrasse im Sulgenbach und bis zum Weissenstein-Denkmal erstreckt, deckt sich ebenfalls gut mit den Industrieschnee-Ereignissen. Das von den Berner Geographen am 24.1.91 kartierte Industrieschnee-Ereigniss deckt sich fast vollständig mit der Zone starker Luftqualitätsverbesserung. Aus Lesbarkeitsgründen haben wir jedoch auf die Überlagerung dieses Ereignisses in der Synthesekarte 4 verzichtet.

  Die eindrücklichen Emissionsreduktionen, welche mit der stufenweisen lufthygienischen Sanierung der KVA und des Fernheizwerkes Bern erziehlt wurden, habe wir in Kapitel 7.2 dargestellt. Dank der modernen Rauchgasreinigung konnten die Luftschadstoff-Emissionen von anorganischen Chloriden, Fluoriden und von Schwefeldioxid seit 1979 um 98-99.7% reduziert werden. Auch die Emissionen von Quecksilber, Cadmium und Staubauswurf wurden um 92-95% reduziert. Beim Stickstoffdioxid gelang mit dem Einbau der DeNOx-Anlage eine Schadstoffreduktion um 76.5%.

- ***Fazit der Analyse mit den Industrieschnee-Ereignissen***

  Die festgestellten grossflächigen Gebiete mit einer mittleren bis stark verbesserten Luftqualität finden sich in der Stadt Bern in auffallender Weise in jenen Quartieren, welche vor der lufthygienischen Sanierung der KVA signifikant mit Immissionen belastet wurden.
  Zu ähnliche Befunden hat auch die Erfolgskontrollstudie in der Stadt Biel 1999 für die sanierte Kehrichtverbrennungsanlage Müve geführt.

9. Schlussfolgerungen und Ausblick

Luftreinhaltepolitik und Sanierungsmassnahmen verbessern die Luftqualität in der Stadt deutlich - Handlungsbedarf bleibt jedoch bestehen ...

Das breite Bündel von realisierten Luftreinhaltemassnahmen von Bund, Kanton und Gemeinden, wie die die stufenweise Heizölentschwefelung, die Low-NOx-Feuerungstechnik und Feuerungskontrolle, die Substitution von Öl- durch abgasärmere Gasfeuerungen, die Einführung des bleifreien Benzins und der Katalysatortechnik, die VOC-Abgabe auf Lösungsmittel und Anwendungsverbote von besonders umweltschädlichen Stoffen (z.B. Cadmium, Quecksilber), aber auch die Umstellung auf schadstoffarme Produktionsverfahren in Industrie und Gewerbe und nicht zu vergessen die für Bern wichtige KVA-Sanierung haben gemeinsam den entscheidenden Beitrag zur weiträumigen Verbesserung der Luftqualität in der Stadt Bern geleistet, wie aus den aktuellen Flechtenuntersuchungen ersichtlich ist.

- ***Insgesamt fällt die Bilanz der ersten lufthygienischen Erfolgskontrolle in der Stadt erfreulich positiv aus, weisen doch im 14-jährigen Zeitraum über 90% der untersuchten Stadtgebiete eine leicht bis deutlich verbesserte Luftqualität auf.***

  Bei allem Erreichten sollten die Erfolge dennoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass nur schon zur Bewahrung des Status Quo und erst recht zur weiteren Verbesserung der Situation auch künftig ein bedeutender Handlungsbedarf besteht.

Darüber hinaus zeigen sich in der vergleichenden Flechtenuntersuchung aber auch flächemässig kleinere Stadtgebiete (9 %) mit einer marginalen Verschlechterung der Luftqualität, welche sich besonders in den Autobahn-nahen Gebieten mit sehr starken Verkehszunahmen finden, wie zum Beispiel in den Abwindfahnen der N1 und N6 in Bern-Brünnen und in den Gebieten Felsenau-Tiefenau, Galgenfeld-Thunplatz-Schwellenmätteli sowie Saali und Melchenbühl.

In diesen Gebieten hat der Verkehrs seit 1990 mit 33-87% überproporzional stark zugenommen. Im innerstädtischen Verkehrsnetz ist es in der selben Zeitperiode dank der erfolgreichen Verlagerungspolitik auf das Stadtumfahrungsnetz der Autobahn sogar zu einer Stabilisierung bis leichten Abnahme der Verkehrsströme gekommen, was sich in der aktuellen Luftgütekarte mehrfach in Form von verbesserter Luftqualität in diesen Gebieten nachweisen lässt.

Mit einer weiterhin griffigen Luftreinhaltepolitik der Stadt Bern sollen die Zentrumsgebiete mit einer nach wie vor kritischen und starken Luftgesamtbelastung zum Wohle der Bevölkerung weiter entlastet und möglichst ganz zum Verschwinden gebracht werden.

Bei diesem anspruchsvollen Vorhaben kommt auch der städtischen und regionalen Verkehrspolitik eine zentrale Rolle zu. Mit dem jüngsten Kaufentscheid von neuen gasbetriebenen Gelenkbussen und der Ausmusterung von 70 stark belastenden Dieselbussen von Bern Mobil hat die Stadt Bern einen weiteren entscheidenden Schritt zur Realisierung des ambitiösen Ziels vollbracht.

Mit einer zweiten Flechten- und Erfolgskontrolluntersuchung in 10 Jahren kann der Erfolg dieses Bestrebens erneut publikumswirksam und vergleichsweise kostengünstig überprüft werden…

Verdankungen

Wir danken den Auftraggebern, welche die vorliegende Erfolgskontrolluntersuchung in der Stadt und Region Bern ermöglicht haben:

Dr. Karl-Heinz Gerber und Dr. Heribert Bürgy,
Amt für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle der Stadt Bern AfUL

Dr. Hans Mathys und Dr. Gerrit Nejedly,
beco - Berner Wirtschaft- Immissionsschutz

Dr. Andreas Hofmann, ehem. Stadtrat und Motionär und dem Berner Stadtrat für die Überweisung der Motion, dem Gemeinderat der Stadt Bern und Frau Gemeinderätin Edith Olibet für die Projektgenehmigung

Walter Kuster, Direktion Planung, Umwelt, Verkehr,
Abteilung Umweltschutz, Köniz

Peter Bangerter, Gemeinde Bremgarten

Werner Nydegger, KKR - Karl Kaufmann Recycling AG, Thörishaus

Peter Magnaguagno, Leiter Ressort KVA - ewb Bern

Klaus Kammer, BUWAL, Abteilung Oekonomie und Forschung,
Sektion Umweltbeobachtung

und allen weiteren Beteiligten, die dieses Projekt aktiv unterstützt haben.

10. Glossar

Bioindikation
Als Bioindikatoren gelten Lebewesen (und Lebensgemeinschaften), welche bei Schadstoffbelastungen messbare Veränderungen zeigen oder diese Schadstoffe messbar aufkonzentrieren (akkumulieren).

Emission
Ausstoss von Schadstoffen an der Quelle.

Fingerprints *(der Belastung)*
Typisches Muster der Belastungsintensität der gemessenen Einzelstoffe, welches z.T. standort-, bzw. quellenspezifische Rückschlüsse erlaubt.

Georaum
Geographisch einheitlicher Raum; Raumeinheit der Mittelwertsbildung für die Konstruktion der Luftgütekarte der «Kalibrierten Flechtenindikationsmethode».

Gesamtimmissionsbelastung
Belastung der Luft mit vielen toxischen Einzelschadstoffen und deren kombinierter Wirkung, erhoben mit dem Gesamtbelastungsindikator IAP18.

Gesamtimmissionskataster mit Flechten
Darstellungsform für Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten, deren Erhebungsmethoden mit technischen Luftschadstoffmessungen geeicht sind. Statistisch gesicherte Rückschlüsse auf die Luftqualität werden wirkungsbezogen, aufgrund der Beeinträchtigung (Frequenz: IAP18, Arthäufigkeit) gezogen. Der Gesamtimmissionskataster unterscheidet fünf Zonen abnehmender Flechtenbeeinträchtigung: Kritische Gesamtbelastung, Starke Gesamtbelastung, Mittlere Gesamtbelastung, Geringe Gesamtbelastung, Sehr geringe Gesamtbelastung, welche als Zonen unterschiedlicher Gesamtbelastung der Luft gelten dürfen.
Der Gesamtimmissionskataster setzt die Eichung der Erfassungsmethode voraus.

Immission
Luftverunreinigungen am Orte ihres Einwirkens auf Mensch, Tiere, Pflanzen, Böden und Sachgüter.

Inversion
Temperaturumkehr in bodennahen Luftschichten, verhindert vertikalen Luftaustausch und führt zur Ansammlung von Schadstoffen.

Isolinie
Verbindungslinie (Kurve) gleicher Werte (IAP18-Werte).

IAP18
Gesamtbelastungsindikator, der die integrale Belastung mit einer Vielzahl von Luftschadstoffen erfasst; vgl. Kalibrierte Flechtenindikationsmethode.

Kalibrierte Flechtenindikationsmethode
Mit technischen Luftschadstoffen geeichtes Erhebungsverfahren der Gesamtbelastung der Luft, bzw. der Luftqualität (Wirkungs- und Gesamtimmissionskataster) auf der Basis der Verbreitung von Baumflechten. Entwickelt im Nationalen Forschungsprogramm 14: Lufthaushalt und Luftverschmutzung in der Schweiz.

NABEL
Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe.

NO, NO_2, NO_x	Stickoxide, vorwiegend Primärschadstoffe, Hauptemittenten sind Verkehr und Feuerungen.
SO_2	Schwefeldioxid, Hauptemittent Heizungen.
O_3	Ozon, Sekundärschadstoff, gebildet aus Vorläufersubstanzen Stickoxide (NO_x) und Kohlenwasserstoffen (VOC).
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe.
PAN	Peroxyacetylnitrat, Bestandteil des photochemischen Smogs.
Parameter	Einflussgrösse.
Passivsammler	Einfaches Messverfahren mit Absorptionsröhrchen für SO_2, NO_2, O_3 mit begrenzter zeitlicher Auflösung (1 Tag bis einige Wochen).
PCB	Polychlorierte Biphenyle.
PCDD/PCDF	Polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzo-p-Furane
Photo-Oxidantien	Schadstoffe mit Reizwirkung, entstehen durch chemische Umwandlung von Abgasen unter Einwirkung von Sonnenlicht, z. B. O_3 und PAN (Peroxyacetylnitrat).
PM10	Feindisperse lungengängie Schwebstoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 μm.
Polygonzüge	Verbindungslinie gleicher IAP18-Werte.
Primärschadstoff	Schadstoff, der an der Quelle entweicht.
Schwebestaub	Feine Staubpartikel, können durch Einatmen bis in die Lunge gelangen (siehe auch PM10).
Sekundärschadstoff	Schadstoff, der durch Umwandlung von Primärschadstoffen in der Atmosphäre gebildet wird.
Smog	= smoke + fog = «Rauchnebel».
Smog, photochemischer	Ansammlung von Schadstoffen unter einer Inversionsschicht, welche v.a. aus Motorfahrzeugabgasen unter Einwirkung von Sonnenstrahlung entstehen; typisch im Sommer.
Staubniederschlag	Staubniederschlag, sind gröbere Partikel.
Summationsmessverfahren	Messverfahren mit begrenzter zeitlicher Auflösung (1 Tag bis einige Wochen; z.B. Liesegang-Methode für SO_2, Bergerhoff für Staubniederschlag und Schwermetalle, Passivsammler).
Topografie	Geländeform.
Tracer	Indikator.
Transmission	Ausbreitung, Verdünnung und Umwandlung von Schadstoffen.
VOC	Flüchtige organische Verbindungen.
Wirkungskataster mit Flechten	Darstellungsform für Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten, meist in Form einer Karte. Rückschlüsse auf die Luftqualität werden wirkungsbezogen, also aufgrund der Beeinträchtigung (Frequenz: IAP18, Arthäufigkeit), gezogen. Der Wirkungskataster unterscheidet fünf Zonen abnehmender Flechtenbeeinträchtigung: Flechtenwüste, Innere Kampfzone, Äussere Kampfzone, Übergangszone, Normalzone. Der Wirkungskataster setzt keine Eichung der Erfassungsmethode voraus.

11. Literaturhinweise

ABG, 2005: Erfolgskontrolle zur Luftreinhaltung in der Stadt Bern 2004 - Wiederholung der Untersuchungen mit Flechten nach 14 Jahren. Kurzbericht. Sptember 2005, ergänzt mit Biomonitoring, zuhanden des Berner Stadtrates.

ABG, 2005: Monitoring flankierende Massnahmen - Umwelt (MfM-U) Biologisches Luftqualitätsmonitoring mit Flechten entlang der A2 und A13. Interne Entwurfsfassung des Schlussberichtes vom 17.4.05; in Bearbeitung.

ABG, 2005: Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten in Köniz. Ersterhebung 2004. Schlussbericht März 2005. AGB im Auftag der Gemeinde Köniz.

ABG, 2005: Erfolgskontrolle zur Luftreinhaltung in der Stadt Bern 2004. Wiederholung der Untersuchungen mit Flechten nach 14 Jahren. Teilbericht Wangental. Jan. 2005. Karl Kaufmann Recycling AG in Thörishaus.

ABG, 2004: Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten in der Gemeinde Bremgarten 2004. Erfolgskontrolle nach 14 Jahren und Ersterhebung in Teilgebiet. Dezember 2004. AGB im Auftrag der Gemeinde Bremgarten.

ABG, 2004: Erfolgskontrolle zur Luftreinhaltung in der Stadt Bern 2004 - Wiederholung der Untersuchungen mit Flechten nach 14 Jahren. Kurzberichtbericht Oktober 2004, zuhanden der Pressekonferenz vom 4. November 2004.

AGB 2003: Biologisches Luftqualitätsmonitoring für die Region Thun - Spiez 2001- 2002: Istzustand der aktuellen Luftbelastung und Grundlage für die Erfolgskontrolle der Luftreinhaltemassnahmen (Bioindikation und Biomonitoring): Auftraggeber: Gemeinschaftswerk der AVAG KVA AG, der Stadt Thun, der Gemeinden Steffisburg, Spiez, Heimberg, Uetendorf und dem KIGA Bern. (Istzustand bei Bau der KVA-Thun), April 2003.

AGB 2002: Persistente organische Luftschadstoffe (POPs) in der Schweiz - Biomonitoring mit Flechten 2002. Umweltmaterialien Nr. 146. Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL.

AGB 2002: Erste Erfolgskontrolluntersuchung zur Luftreinhaltung im Kanton Appenzell A.Rh. 2000. Wiederholung der Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten nach 10 Jahren. AGB 2002: im Auftrag des: Amt für Umweltschutz Kanton Appenzell A.Rh., Mai 2002.

AGB 2001: Regionale Entsorgungsanlage Niedergösgen (RENI). Erste Erfolgskontrolle zur Luftreinhaltung im Zeitraum 1994 - 2000 mittels Biomonitoring mit Flechten. Kurzbericht September 2001. AGB 2001: im Auftrag: Regionale Entsorgungsanlage Niedergösgen und AfU, Abteilung Luftreinhaltung, Kanton Solothurn.

AGB 2000: Zweite Erfolgskontrolle zur Luftreinhaltung in der Stadt Biel 1998/99 - Wiederholung der Luftqualitätsunteruchungen mit Flechten nach 15 Jahren. AGB 2000: im Auftrag der Sicherheits-, Energie und Verkehrsdirektion (SEVD) der Stadt Biel - Stadtchemikeramt.

AGB, 1999: Zweite Erfolgskontrolluntersuchung zur Luftreinhaltung in der Stadt Biel 1998/99. Wiederholung der Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten nach 15 Jahren. Auftraggeber: Sicherheits-, Energie- und Verkehrsdirektion (SEVD) der Stadt Biel - Stadtchemikeramt.

AGB, 1994: Luftuntersuchung Zürich-Nord 1993. Langzeitüberwachung der Luftbelastung mittels Bioindikation und Biomonitoring im Gebiet der Kehrichtverbrennungsanlage KVA-Hagenholz - Interpretationshilfe für Bodenanalysen und Instrument der lufthygienischen Erfolgskontrolle. Auftraggeber: Abfuhrwesen Zürich AWZ - Gesundheits- und Wirtschaftsamt der Stadt Zürich.

AGB, 1993: PAH-Analysen in Flechtenproben und Vergleich mit entsprechenden Immissionsmessungen an vier Standorten der Schweiz. Als Grundlage für den OECD-Workshop on Hazardous Air Pollutants 1993, London. Im Auftrag des BUWAL.

AGB, 1992a: Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten in der Stadt Bern - Luftgesamtbelastung - Kalibrierte Flechtenindikationsmethode. Schlussbericht Februar 1991. AGB, Arbeitsgemeinschaft für Bioindikation im Auftrag des Amtes für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle der Stadt Bern, 174 S.

AGB, 1992b: Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten im Kanton Appenzell A.Rh.. Teilbericht 2: Einzelstoffbelastung von Flechten - Passives Biomonitoring, Juni 1992. AGB im Auftrag der Abteilung Luftreinhaltung des Amtes für Umweltschutz, Herisau, 226 S.

AGB, 1992c: Biomonitoring der Einzelstoffbelastung in der Stadt Bern. Schlussbericht Juli 1992. AGB, Arbeitsgemeinschaft für Bioindikation im Auftrag des Amtes für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle der Stadt Bern.

AGB, 1992d: Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten im Fürstentum Liechtenstein. Bioindikation der Gesamtbelastung und Biomonitoring der Einzelstoffbelastung. Schlussbericht Dezember 1991. AGB, Arbeitsgemeinschaft für Bioindikation im Auftrag des Landesforstamtes und Amtes für Volkswirtschaft, Vaduz, 340 S.

BACCINI, P., BELEVI, H., LICHTENSTEIGER, TH., 1992: Die Deponie in einer ökologisch orientierten Volkswirtschaft. GAIA 1/92, 34-49.

BERNER LUFT 2003: beco – Berner Wirtschaft.

Bessere Luftqualität in der Stadt Bern. Flechtenvielfalt als Mass zur Bstimmung der Gesamtbelastung der Luft, 2004. Ausstellungsposter und Publikumsflyer zu den Hautergebnissen der ersten Erfolgskontrolll-Studie zur Veränderung der Luftqualität in der Stadt Sern. AGB im Auftrag der Stadt Bern.

BRUNNER, P. H., ZOBRIST, J., 1983: Die Müllverbrennung als Quelle von Metallen in der Umwelt. In: Fachzeitschrift Müll und Abfall, 9/83.

Dr Bärner Gschtank macht o d'Flächte chrank... Informationsbroschüre der Stadt Bern über die Hauptforderungen des Massnahmenplanes Luftreinhaltung. 1992 verteilt an alle 6000 Berner Schüler. AGB und Trees AG im Auftrag Amt für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle der Stadt Bern.

Die Schwermetallbelastung des Bodens in der Umgebung von Kehrichtverbrennungsanlagen im Kanton St. Gallen, 1991: Baudepartement des Kt. St. Gallen, Amt für Umweltschutz.

Die Bodenbelastung in der Umgebung von Kehrichtverbrennungsanlagen im Kanton Zürich, 1992: Ingenieurbüro Niederer + Pozzi im Auftrag der Baudirektion des Kantons Zürich, Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Fachstelle Bodenschutz.

DIETL, C., et al., 1997: Association of antimony with traffic-occurrence in airborne dust, deposition and accumulation in standardized grass cultures. The science of the total environment. Volume 205, Pages 235-244.

DIETL, C., et al., 1996: Monitoring of airborne metals in grass and depositions. Volume 33, Pages 2101-2111.

Erfolge liegen in der Luft. Flechtenanalyse in der Stadt Bern zeigt: Verkehrsmassnahmen steigern die Luftqualität. Der Bund 5. 11.05. Berichterstattung zur Pressekonferenz vom 4.11.05.

FALBE, J., REGITZ, M., 1996-99: Römpp-Lexikon Chemie. 10. völlig überarbeitete Auflage. Thieme Verlag, Stuttgart.

HAPKE, J.-H., 1990: Toxikologie der Spurenelemente. In: Spurenelemente und Ernährung. Wissenschaftl. Schriftenreihe der Ernährungsgesellschaften - Deutschland, Österreich, Schweiz. Kirchgessner, W., (Hrsg). Wissenschaftl. Verlagsgesellschaft Stuttgart, 207 S.

Herzig, R. 2005: MfM-U: Monitoring flankierende Massnahmen - Umwelt Teilprojekt - Luftqualitätsmonitoring mit Flechten entlang der A2 und A13 - Zwischenbericht Juni 2005

HERZIG, R., BIERI, C., 2002: Persistente organische Luftschadstoffe (POP) in der Schweiz. Umwelt-Materialien Nr. 146, Buwal Schriftenreihe, Bern.

HERZIG, R., REHNERT, A., KUMPULAINEN, J., SCHRAMEL, P., MUNTAU, H. LINSINGER, T & QUEVAUVILLER, P. 2002: Certification of a new cabbage reference material for the quality control of trace element determinations with some considerations on moisture. TRAC - Trends in Analytical Chemisty, Vol. 21 No.11 p. 746-761.

HERZIG, R., 1993: Multi-Residue Analysis with Passive Biomonitoring: A New Approach for Volatile Multi-Element Contents, Heavy Metals and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons with Lichens in Switzerland and the Principality of Liechtenstein. In: Plants as Biomonitors for Heavy Metal Pollution in the Terrestrial Environment . Ed. Markert, B., VCH-Verlagsgesellschaft Weinheim.

HERZIG, R., URECH, M., 1991: Flechten als Bioindikatoren: Integriertes biologisches Messsystem der Luftverschmutzung für das Schweizer Mittelland. J. Cramer, Bibliotheca Lichenologica Band 43 und Dissertation, Systematisch-Geobotanisches Institut Universität Bern; 283 S.

HERZIG, R., HAUSER, E.,1991: Immissionsbelastung der Stadt Biel, pp. 107 - 149. In: Biel - Klima und Luftverschmutzung einer Schweizer Stadt. H. Wanner (Ed.). Paul Haupt Verlag, Bern.

HERZIG, R., 1990: Entwicklung des Integrierten biologischen Messsystems der Luftverschmutzung mit Flechten in der Schweiz, seine Anwendung und erste Vergleiche mit Bodenanalysen. VDI-Kolloquium: Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Böden, 15 -17. Mai 1990, Lindau. VDI-Berichte 837; 937-956.

HERZIG, R. et al., 1990: Lichens as Biological Indicators of Air Pollution in Switzerland: Passive Biomonitoring as a Part of an Integrated Measuring System for Monitoring Air Pollution. in: Element Concentration Cadasters in Ecosystems, ed. Lieth. H, Markert, B., VCH-Verlagsgesellschaft Weinheim; 317-332.

HERZIG, R., et al. 1989: Passive Biomonitoring with lichens as a part of integrated biological measuring system for monitoring air pollution in Switzerland. Int. J. Environ. Anal. Chem. Vol. 33, pp. 43-57.

HERZIG, R., URECH, M., LIEBENDÖRFER, L., 1987: Flechten als biologische Indikatoren der Luftverschmutzung in der Schweiz: Methoden-Evaluation und Eichung mit wichtigen Luftschadstoffen. VDI-Berichte 609.

HERZIG, R., URECH, M., LIEBENDÖRFER, L., 1985: Flechten als biologische Indikatoren der Luftverschmutzung in der Schweiz: NFP14 - Methodenentwicklung in der Region Biel-Seeland. Systematisch-Geobotanisches Institut der Universität Bern.

JÄCKLE, H., EMPA - Abteilung Betriebsstoffe 1991: persönliche Mitteilung zu Spurenelementgehalte in Betriebsstoffen und Schmiermitteln.

KÜNZLE, Th., 1990: Analyse von Luftschadstoffmessungen der Stadt Bern unter Einbezug von meteorologischen Daten. Geographisches Institut Uni Bern, 1990.

KÜNZLER & ANDREE, 1991: More Mercury from crematoria. NATURE, VOL. 349, 28.2.1991.

Luftbelastung 1989/1990/1991: Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL). BUWAL 1990, 91, 92.

Luftreinhalte-Verordnung (LRV). Änderung vom 16. Dez. 1985; Stand 28.3.2000. EDI. LRV 814.318.142.1.

Massnahmenplan zur Luftreinhaltung 2000/2015: Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern sowie das Amt für Industrie, Gewerbe und Arbeit (KIGA), Abteilung Umweltschutz, 20. Juni 2001.

MERIAN, E., 1991: Metals and Their Compounds in the Environment. VCH, Weinheim.

MOTOR VEHICLES AND CLEANER AIR, 1983: Health risks Resulting from Exposure to Motor Vehicle Exhaust. Govermental Report (SOU 1983:27,28).

OZOLINS, G., 1989: Health and Air Pollution - European Air Quality Guidelines. In: Umwelttechnik 3/1990, S. 16-21.

QUEVAUVILLER, Ph., HERZIG, R., MUNTAU, H., 1995: The Certification of the contents (mass fractions) of As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb and Zn in lichen - CRM 482. Commission of the European Community. Measurement & Testing Programme - BCR, Brussels, EUR-Report 16841 EN.

RENNER, H., SCHMUCKLER, G., 1991: Platinum-Group Metals; gemäss Buckow, G., et al., 1986: Verwertung von Reststoffen aus einer Wiederaufbereitungssanlage. Ges. für Reaktorsicherheit GRS, Köln. In: Merian, E., 1991: Metals and their Compounds in the Environment, VCH-Publishers Weinheim, pp. 1135-1148.

STILLHARDT, B., MATTER, J., 1991: Industrieschnee in der Stadt Bern (1990/1991). Seminararbeit, Geographisches Institut Uni Bern, 1991.

Verkehrsbezogene Immissionen und Immissionswirkungen von Antimon und anderen Metallen, 1998: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Schriftenreihe Heft 153, München.

Verkehrserhebungen 2002/2003 Stadt Bern: Direktion für Planung, Verkehr und Tiefbau. Tiefbauamt Stadt Bern.

Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (Stoffverordnung, StoV), 1991, EDI.

VOC-Immissionsmessungen in der Schweiz 1991/92 und 1996: Umweltmaterialien Nr. 92. Bundesamt für Umwelt, Wald und Lanschaft (BUWAL), Bern.

VOC-Immissionsmessungen in den Kantonen Zürich, Schaffhausen und Luzern 1993-98: Umweltmaterialien Nr. 118. Bundesamt für Umwelt, Wald und Lanschaft (BUWAL), Bern.

WHO-Europe 2003: Health risks of persistent organic pollutants from long-range transboudary air pollution. Joint WHO/Convention Task Force on health aspects of Air Pollution, 252pp., Copenhagen (DK).

WHO-Road Transport: Emission Inventory Guidebook August 2002. WHO Geneva

PAHs Gubrist 1993: EMPA Studie Nr. 149339

Bundesamt für Strassen, ASTRA. Automatische Strassenverkehrszählung 2003. Fahrzeugklassen (LCV). Mit längenklassierten DTV und DWV-Daten 2003. Sigmaplan. Bern, Mai 2004.

Entwicklung der schweizerischen Gesetzgebung im Berich der Abgas-emissionen von motorisierten Strassenfahrzeugen, der periodischen Nachkontrolle von Motorfahrzeugen und der Treibstoffqualität. BUWAL, November 2002.

Güterverkehr durch die Schweizer Alpen 2004. Bundesamt für Raumentwicklung, ARE, 3.2005.

Partikelfilter für schwere Nutzfahrzeuge, 2000: Umweltmaterialien Nr. 130 Luft. BUWAL.

Umweltmonitoring Flankierende Massnahmen. Luft- und Lärmmodellierungen. Interner Schlussbericht Infras Dez. 2004. Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft, Bern

Anhang 1 Objektbezogene Erhebungsdaten, IAP18 1990 & 2004

Für sämtliche 365 im Rahmen der estern Erfolgskontrolle zur Luftreinhaltung in der Stadt Bern untersuchten Trägerbäume sind im Anhang folgende Angaben enthalten:

Ob04	Objektnummer = Nummer des Trägerbaumes 2003/04
Ob90	Objektnummer = Nummer des Trägerbaumes 1989/90
K1:	horizontale Koordinate, Landeskarte der Schweiz
K2:	vertikale Koordinate, Landeskarte der Schweiz
Geo:	Nummer des Georaumes, welchem der Trägerbaum angehört
IAP04:	IAP18-Luftgütewert des Trägerbaumes im Jahre 2003/04 der Wiederholungskartierung (Erfolgskontrolle)
IAP90:	IAP18-Luftgütewert des Trägerbaumes im Jahre 1989/90 der Erstuntersuchng

Für die Flechtenartenspalten gelten:

1-10:	Frequenzwert der Flechtenart
. (Punkt):	Flechtenart nicht vorhanden in der Aufnahmefläche

Zum Gesambelastungsindikator IAP18 zählende Flechtenarten

1:	Bryoria fuscescens
2:	Evernia prunastri
3:	Pseudevernia furfuracea
4:	Ramalina farinacea
5:	Ramalina pollinaria
6:	Usnea sp.
7:	Anaptychia ciliaris
8:	Cetrelia cetrarioides-Gruppe
9:	Cladonia sp.
10:	Hypogymnia bitteriana
11:	Hypogymnia physodes
12:	Hypogymnia tubulosa

13: Parmelia acetabulum
14: Parmelia caperata
15: Parmelia contorta
16: Parmelia exasperatula
17: Parmelia flaventior
18: Parmelia glabra
19: Parmelia glabratula-Gruppe
20: Parmelia revoluta
21: Parmelia saxatilis
22: Parmelia subargentifera
23: Parmelia subrudecta
24: Parmelia sulcata
25: Parmelia tiliacea-Gruppe
26: Parmeliopsis ambigua
27: Physcia aipolia-Gruppe
28: Physcia adscendens-Gruppe
29: Physcia caesia
30: Phaeophyscia orbicularis-Gruppe
31: Physconia perisidiosa
32: Physconia grisea
33: Physconia distorta
34: Xanthoria fallax-Gruppe
35: Xanthoria parietina
36: Xanthoria polycarpa
37: Graphis scripta
38: Lecanora carpinea-Gruppe
39: Lecanora argentata-Gruppe
40: Normandina pulchella
41: Pertusaria albescens
42: Phlyctis argena-Gruppe

Nicht zum Gesambelastungsindikator IAP18 zählende Flechtenarten

43: Candelariella xanthostigma-Gruppe
44: Lecanora conizaeoides-Gruppe

Ob04	Ob90	Geo	K1	K2	IAP04	IAP90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1	1	23	599410	200110	**0**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
4	4	23	599870	199940	**0**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
6	6	23	599370	199830	**7**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	.
7	7	23	599230	200010	**40**	**9**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	9	.	.	.	8	10	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.
8	8	21	598920	200600	**53**	**44**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	2	8	4	.	.	9	.	3	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	7	10	10	.
10	10	22	599120	200390	**0**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	11	22	598970	200200	**19**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	7	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
12	12	22	599390	200470	**33**	**10**	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	10	.	.	1	.	1	.	.	4	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
13	13	22	599480	200610	**25**	**9**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14	14	27	599740	200790	**49**	**21**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	3	.	.	1	.	.	.	6	10	5	.	.	10	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
18	18	27	599640	201120	**43**	**19**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	10	6	.	.	10	.	4	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	10	.
19	19	27	600050	200930	**19**	**10**	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	4	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	2
20	20	27	599970	200570	**21**	**3**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
22	22	27	599760	200520	**10**	**4**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.
23	23	37	600310	201000	**26**	**53**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	4	2	.	.	.	10	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
27	27	44	600480	200910	**16**	**21**	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
28	28	44	600590	200980	**68**	**32**	.	3	1	.	.	1	.	.	.	.	7	.	.	.	.	10	.	.	10	.	.	.	9	10	3	.	.	10	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	10	.
29	29	43	600620	201370	**67**	**36**	.	2	1	.	.	1	.	.	.	.	10	2	.	.	.	7	.	.	6	.	9	.	2	10	5	.	.	10	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	5	.
32	32	47	601070	201260	**14**	**10**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	4
33	33	52	601260	201430	**31**	**21**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	2	.	.	.	10	.	10	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	10	.
34	34	52	601420	201470	**21**	**17**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	1	.	1	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.
37	37	43	600830	201450	**31**	**17**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	1	7	1	.	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	9
38	38	47	601330	201300	**51**	**6**	.	2	1	2	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	10	.	.	4	.	.	.	2	10	1	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	5	.
39	39	47	601530	201150	**32**	**3**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	1	10	5	.	.	7	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	2
40	40	47	601220	200860	**17**	**8**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.
41	41	52	601790	200990	**25**	**12**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	10	.	7	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
42	42	52	601680	201170	**59**	**47**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	10	10	5	.	.	10	.	7	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
43	43	44	600980	200490	**23**	**18**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	10	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
45	45	48	601380	200690	**67**	**18**	.	3	1	.	.	.	.	.	1	.	7	.	.	.	.	10	.	.	2	.	2	.	7	10	8	.	.	10	.	1	.	.	.	4	.	1	.	.	.	.	.	.	7	.
46	46	44	600950	200680	**1**	**5**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	5
47	47	44	600750	200620	**8**	**4**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	1
48	48	38	600750	200430	**38**	**32**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.	1	1	7	1	.	.	9	.	5	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
49	49	38	601030	200230	**41**	**16**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	9	.	.	1	.	.	.	1	8	6	.	.	10	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50	50	75	601110	198780	**17**	**20**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	6	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.
53	53	31	600880	198410	**40**	**55**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	1	8	.	.	.	.	10	6	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	1	.
57	57	32	600500	197870	**10**	**29**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.
58	58	32	600400	198100	**28**	**29**	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	4	2	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3	.
59	59	32	600380	198180	**52**	**55**	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	9	10	10	.	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	9	.
60	60	20	599890	197780	**67**	**46**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	6	.	.	3	7	6	4	.	.	10	.	10	.	10	.	.	3	.	.	.	.	.	.	5	10	.

Ob04	Ob90	Geo	K1	K2	IAP04	IAP90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
61	61	20	599350	198170	**35**	**31**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	8	10	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.
62	62	20	599420	197980	**42**	**21**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	10	2	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.
67	67	16	598970	198300	**44**	**55**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	4	8	10	.	.	.	.	2	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	5	.
69	69	19	598950	198540	**51**	**9**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	4	10	8	.	.	10	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	2	4	5
71	71	15	598180	198880	**38**	**45**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	4	.	.	.	.	9	5	.	.	10	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10	.
72	72	15	598280	199060	**42**	**19**	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	1	8	6	.	.	10	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.
73	73	69	598400	199240	**36**	**30**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	6	.	.	.	.	1	.	3	8	1	.	.	10	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	10	.
74	74	16	598360	198630	**59**	**22**	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	10	.	.	.	.	2	.	6	10	5	.	1	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
75	75	16	598640	198840	**53**	**43**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	8	10	7	.	.	10	1	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
77	77	69	598780	199170	**35**	**19**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	10	1	.	1	.	.	.	.	5	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	1
79	79	17	599040	199400	**0**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
80	80	17	598590	199500	**26**	**21**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	4	1	2	.	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	9	.
81	81	17	598960	199880	**22**	**29**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	4	3	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
82	82	17	599180	199580	**45**	**21**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	1	.	.	.	5	.	.	6	.	.	.	3	10	1	.	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	6	2
83	83	36	599880	201500	**35**	**47**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	8	10	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	7	10	.
84	84	36	599760	201250	**62**	**46**	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	3	1	.	3	.	.	.	5	10	10	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	5	1	.
85	85	36	600110	201290	**58**	**30**	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	2	8	.	.	.	10	.	.	.	.	1	.	1	10	10	.	.	10	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	3	1	.
87	87	36	600060	201710	**42**	**37**	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	.	.	.	9	10	4	.	.	10	.	2	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.
88	88	45	601270	202590	**47**	**37**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	7	10	3	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	5	.
89	89	45	601040	202400	**18**	**32**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	3	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	5
92	92	45	600670	202510	**44**	**41**	.	1	.	2	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	1	10	10	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	7	.
94	94	42	600460	202340	**15**	**16**	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	2	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	2
95	95	42	600430	202250	**57**	**46**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	10	.	.	.	10	10	3	.	.	10	.	4	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	10	.
99	99	41	600350	203130	**62**	**62**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	10	.	.	.	8	9	3	.	.	3	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	8	2	.
101	101	53	602340	201460	**38**	**35**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3	10	.	.	10	.	10	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	10	.
104	104	53	601950	201540	**64**	**45**	.	5	4	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	1	10	10	.	.	10	.	2	.	4	.	1	1	.	.	2	.	.	.	.	9	4
105	105	52	601650	201580	**30**	**33**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	10	3	.	.	10	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
106	106	53	601790	201620	**42**	**39**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	1	.	.	.	4	10	4	.	.	10	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	8	.
107	107	62	602450	200840	**16**	**40**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	8	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	10	.
108	108	61	602630	200980	**33**	**19**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	5	.	.	.	.	.	4	4	5	.	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.
111	111	54	602360	201060	**53**	**39**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.	4	10	8	.	.	10	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
112	112	54	602440	201000	**68**	**54**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	9	9	10	.	.	10	.	10	.	.	.	6	2	.	.	.	.	.	.	.	10	.
113	113	55	602050	200420	**56**	**70**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	1	.	4	.	.	.	.	.	1	7	10	8	.	.	9	.	5	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	10	.
114	114	55	602010	200370	**45**	**48**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	7	9	10	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
115	115	48	601690	200450	**20**	**18**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	1	.	8	1	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
116	116	48	601840	200720	**33**	**25**	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	4	8	.	.	10	.	1	3	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	3	10	.
120	120	55	602190	200160	**26**	**41**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	4	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
121	121	63	602760	200000	**46**	**46**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	4	.	4	.	.	2	9	10	10	.	.	2	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	5	.

Ob04	Ob90	Geo	K1	K2	IAP04	IAP90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
124	124	63	602730	200080	**60**	**59**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	2	.	.	10	.	.	.	10	10	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10	.	.
126	126	56	602130	199330	**46**	**65**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	9	10	10	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	10	.
127	127	56	602000	199640	**45**	**42**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	9	.	.	.	10	9	3	.	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10	.
128	128	56	602030	199670	**49**	**45**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	1	1	9	8	.	.	10	.	10	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
129	129	50	601870	199210	**19**	**36**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	2	.	.	.	1	1	1	.	.	10	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.
130	130	50	601650	199430	**37**	**37**	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	2	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	4	.	.
134	134	49	601540	200080	**36**	**31**	.	.	1	2	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3	7	.	.	5	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
135	135	49	601640	199740	**49**	**28**	.	2	2	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	6	.	.	2	.	1	.	1	10	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	4	5
136	136	39	601410	199750	**12**	**12**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
137	137	75	601440	198850	**25**	**28**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	9	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.
139	139	40	601200	198960	**0**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
141	141	50	601650	199270	**31**	**34**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	10	3	.	.	.	4	.	.	.	.	3	.	.	4	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	.
143	143	68	604080	198660	**43**	**62**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	2	.	.	3	.	5	10	10	.	5	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.
144	144	68	603840	198780	**55**	**66**	.	.	.	.	10	.	4	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	4	1	4	.	.	2	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	4	10	.
146	146	68	603660	198800	**74**	**87**	.	.	.	.	10	.	6	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	4	.	.	.	2	5	7	.	.	10	.	.	6	.	.	.	7	.	.	2	.	.	10	1	5	.
147	147	68	603820	199160	**80**	**57**	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	10	.	.	.	10	10	10	.	.	9	.	.	1	.	.	.	.	.	.	9	1	.	3	10	5	.
148	148	64	603190	199190	**80**	**71**	.	1	.	.	4	.	.	.	3	.	.	.	1	10	.	.	6	.	10	.	.	.	10	10	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	10	2	.
149	149	65	603060	198950	**62**	**66**	.	4	.	4	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	10	.	.	.	10	10	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	4	10	.	.
150	150	65	603260	199030	**54**	**55**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	7	.	.	.	.	.	.	5	9	10	.	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	10	.
151	151	65	603270	199050	**88**	**80**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	7	8	10	.	.	10	.	10	5	5	.	5	1	.	.	.	.	.	7	10	10	.
152	152	65	603370	198880	**58**	**44**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	10	.	.	4	.	.	.	2	10	6	.	.	10	.	.	.	.	.	.	1	.	.	5	2	.	.	2	7	.
154	154	66	602980	198470	**47**	**44**	.	5	1	4	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	10	8	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
155	155	66	602710	198520	**32**	**29**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	7	.	.	4	.	.	.	1	2	2	.	.	10	.	1	.	.	.	.	1	.	.	2	.	.	.	.	10	.
156	156	66	602680	198510	**50**	**47**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	4	.	.	.	2	8	3	.	.	10	.	7	3	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	9	.
157	157	66	602730	198440	**58**	**62**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	5	10	10	4	.	.	3	.	1	3	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	8	.
158	158	64	603090	199170	**34**	**36**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	2	10	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.
159	159	64	603150	199240	**50**	**43**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.	3	9	10	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	5	.
162	162	63	603000	199870	**34**	**51**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	10	6	.	.	.	4	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.
164	164	63	602920	200210	**65**	**76**	.	3	2	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	1	4	10	8	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	4	10	.	10
165	165	62	602820	200350	**16**	**24**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	1	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	10	.
168	168	67	603130	201730	**53**	**57**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	1	5	10	10	.	.	3	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	10	.	2
170	170	67	603480	201820	**54**	**63**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	4	3	10	10	.	.	10	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.
171	171	67	603490	201500	**61**	**42**	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	4	.	9	.	.	.	10	10	10	.	.	10	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	5	10	.
172	172	67	603230	201530	**59**	**61**	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	8	.	.	5	.	.	.	4	10	10	.	.	10	.	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	10	.
173	173	61	603140	201420	**48**	**60**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	10	6	10	.	.	10	.	2	1	.	.	.	2	.	.	.	.	.	2	4	9	.
174	174	61	602920	201230	**64**	**19**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	2	.	.	.	10	7	3	.	.	10	.	10	.	.	.	1	3	.	.	.	.	.	.	7	10	.
175	175	61	602540	201450	**51**	**49**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	10	.	.	.	10	.	10	.	3	.	.	4	.	.	6	1	.	.	.	9	.
176	176	60	602550	201750	**74**	**47**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	8	.	.	1	8	10	4	.	.	10	.	10	.	.	.	10	1	.	.	.	.	.	.	2	10	.
179	179	60	602440	201920	**32**	**18**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	6	1	.	.	.	.	.	5	4	1	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	2	8	.

Ob04	Ob90	Geo	K1	K2	IAP04	IAP90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
182	182	60	602510	202130	**65**	**54**	.	5	.	.	8	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	1	3	.	6	.	.	.	5	3	10	.	.	6	.	.	.	.	.	2	.	.	.	2	.	.	6	6	7	6
183	183	60	602490	202140	**33**	**49**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	5	8	3	.	.	9	.	1	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	1	10	.
185	185	46	601280	201940	**53**	**28**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	7	10	7	.	.	10	.	7	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	3	1	.
186	186	46	601280	201960	**58**	**57**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	7	.	.	.	9	10	3	.	.	10	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10	.
192	192	5	595910	197640	**54**	**46**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	6	10	10	.	.	8	.	5	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	10	.
194	194	2	595380	198350	**68**	**56**	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	9	.	.	.	.	6	10	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	8	.	10	10	9	.
195	195	2	595480	198240	**35**	**43**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	6	3	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	10	10	.
196	196	5	595700	198050	**50**	**50**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	5	10	10	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	10	5	10	.
197	197	5	595560	198070	**64**	**65**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	6	.	.	.	4	10	10	.	.	10	.	5	.	5	.	.	1	.	.	.	5	.	.	6	10	.
199	199	7	596160	198750	**51**	**52**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	5	10	4	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	6	.
200	200	8	596460	198530	**61**	**48**	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	5	1	4	.	.	6	.	.	.	.	.	2	6	10	9	.	.	8	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	6	.
202	202	28	600255	200080	**2**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10
203	203	24	599755	199590	**0**	**3**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
204	204	24	599525	199600	**11**	**5**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.
206	206	29	600080	199430	**32**	**26**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	3	7	.	.	.	10	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	10	.
210	210	24	599770	199780	**40**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	1	7	.	.	.	10	.	8	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	8	.
212	212	28	600715	199790	**20**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	4
213	213	28	600740	199790	**30**	**2**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	1	10	.	.	.	9	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	10	.
217	217	38	600740	199950	**1**	**18**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
219	219	39	600910	199820	**20**	**9**	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	2	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
220	220	39	601125	199810	**12**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.
222	222	76	602610	199030	**15**	**10**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.
223	223	76	602680	199120	**6**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
224	224	76	602685	199110	**31**	**4**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	6	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	9	4	.
228	228	57	602480	199080	**35**	**24**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	10	.	10	.	.	.	.	3	.	.	2	.	.	.	.	4	.
229	229	76	602620	199010	**22**	**4**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	7	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.
230	230	57	602490	198900	**18**	**13**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.
231	231	57	602400	199050	**15**	**4**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	3	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
232	232	76	602660	198870	**25**	**20**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	10	.
238	238	59	602110	197880	**66**	**65**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	1	.	10	.	.	.	10	10	8	.	.	3	.	1	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	9	10	10	.
239	239	59	602110	197870	**73**	**64**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	10	.	.	.	10	10	9	.	.	8	.	.	.	9	.	.	2	.	.	.	.	.	5	7	10	.
241	241	59	602200	197990	**51**	**62**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	7	10	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	1	10	5	.
242	242	59	602410	198090	**66**	**49**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	10	.	.	1	10	9	10	.	.	10	.	6	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	8	.
245	245	10	596540	199310	**48**	**29**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	3	.	.	.	3	10	8	.	.	10	.	8	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.
248	248	10	596685	199365	**56**	**44**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	10	.	.	2	.	.	.	8	10	7	.	.	10	.	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
251	251	10	596940	199210	**60**	**50**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	5	.	.	1	.	.	3	10	10	8	.	.	10	.	.	.	8	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
254	254	12	596960	199090	**44**	**27**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	7	.	.	3	.	.	.	3	9	7	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
256	256	12	596960	199080	**53**	**35**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	5	.	.	9	.	.	.	7	10	6	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.
257	257	11	597050	198890	**24**	**26**	.	8	5	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1

Ob04	Ob90	Geo	K1	K2	IAP04	IAP90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
258	258	12	597200	198910	**15**	**17**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	1	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	3	.	.	.	10	.
259	259	12	597240	198935	**33**	**33**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	3	5	.	.	10	.	4	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	10	.
260	260	12	597210	199070	**50**	**37**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	2	10	9	.	.	10	.	5	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	10	.
264	264	25	599790	199170	**10**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
265	265	25	599800	198990	**1**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.
268	268	25	599790	199105	**14**	**9**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
271	271	25	599910	199090	**12**	**15**	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.
272	272	25	599910	199120	**19**	**1**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	1	.	.	.	1	5	2	.	.	5	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
274	274	30	600160	199020	**57**	**35**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	4	8	10	4	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	10	.
275	275	30	600210	198890	**59**	**39**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	8	9	10	.	.	9	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	7	.
276	276	30	600430	198905	**40**	**36**	.	6	.	.	.	.	.	.	4	.	6	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	3	10	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
278	278	30	600020	198950	**45**	**28**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	7	9	3	.	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	10	.
281	281	30	600005	198970	**51**	**41**	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	7	3	.	.	.	10	.	.	.	.	.	2	2	10	4	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.
283	283	29	600120	199300	**33**	**22**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	8	.	.	.	8	.	6	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	.
286	286	18	599590	198875	**0**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
287	287	19	599310	198880	**18**	**7**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	5	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
291	291	18	599430	199110	**0**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
292	292	18	599620	198990	**6**	**10**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
293	293	19	599400	198790	**35**	**1**	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	5	1	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	8	.
299	299	13	596960	199780	**52**	**50**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	4	.	.	1	8	10	6	.	.	10	.	7	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.
300	300	11	597040	198760	**24**	**27**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	4	.	.	10	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	10	.
301	301	11	596840	198570	**24**	**20**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	6	2	.	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
302	302	11	596500	198600	**47**	**50**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	5	.	6	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	9	4	.	.	10	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	3	.
303	303	11	596790	199010	**60**	**20**	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	10	.	.	2	.	.	.	6	10	6	.	.	10	.	.	.	1	.	2	2	.	.	.	.	.	.	.	10	.
307	307	13	597530	199650	**99**	**95**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	1	.	.	5	1	.	5	.	.	9	10	9	10	.	.	10	.	10	10	.	.	.	1	.	.	.	1	.	2	10	10	.
308	308	14	597850	199830	**39**	**37**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	6	.	9	1	.	.	.	6	.	.	.	4	.	.	8	10	.
309	309	14	598040	199890	**31**	**40**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	2	.	.	3	.	5	.	.	.	.	10	.	.	.	6	.	.	.	8	.
310	310	14	598400	200080	**29**	**23**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	10	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	1	.	.	.	9	.
311	311	14	598570	199850	**54**	**63**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	4	10	.	.	1	.	.	.	.	8	.	1	.	3	10	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	10	.	.
312	312	14	598490	199620	**47**	**30**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	5	1	.	.	.	.	.	10	6	1	.	.	10	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.
313	313	69	598340	199460	**29**	**43**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	9	1	2	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
315	315	2	594520	198250	**52**	**65**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	4	1	.	.	9	.	10	.	.	.	10	10	.	.	3	.	.	.	.	10	.
316	316	2	595140	198670	**77**	**51**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	9	.	.	.	.	.	3	.	7	9	.	.	10	3	9	1	7	.	.	10	.	.	.	5	.	.	1	10	.
317	317	64	602725	198975	**45**	**41**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	1	10	9	.	.	10	.	10	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	5	.
319	319	38	600490	200160	**23**	**24**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	2	.
322	322	40	601050	199060	**0**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	3
324	324	26	600175	198330	**0**	**11**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
325	325	26	599830	198490	**0**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
328	328	26	600230	198420	**20**	**1**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	2	1	.	.	10	.	2	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	10	.

Ob04	Ob90	Geo	K1	K2	IAP04	IAP90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
329	329	57	602300	199110	**45**	**33**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	6	9	7	.	.	10	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
402	402	41	600100	202780	**30**	**50**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	5	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	10	.
404	404	35	600190	202130	**43**	**43**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	2	8	9	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.
411	411	35	599750	202330	**46**	**29**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	3	.	.	.	1	8	6	.	.	10	.	10	.	2	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.
412	412	35	599920	202150	**38**	**37**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	5	1	10	.	.	.	10	.	8	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	6	.
413	413	34	599600	202600	**48**	**10**	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	.	1	.	.	.	10	1	.	.	.	8	3	1	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	1	6	.
415	415	34	599870	202830	**58**	**41**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	5	10	2	.	.	10	.	7	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	9	5	.
416	416	34	600010	202780	**31**	**30**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	5	10	2	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	10	.
417	417	34	599970	202640	**67**	**50**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	1	1	10	10	8	.	.	10	.	9	.	7	.	.	2	.	.	.	.	.	.	2	2	.
501	501	7	595940	198880	**53**	**55**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	10	10	8	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	3	.
502	502	7	595920	198590	**50**	**64**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	4	.	.	.	5	10	4	.	.	10	.	10	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	2	7	.
503	503	7	595900	198640	**80**	**63**	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	8	.	.	2	.	.	3	.	.	.	5	8	10	.	.	10	.	7	.	7	.	.	.	.	.	2	6	.	.	10	10	.
601	601	58	602390	198320	**54**	**41**	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	3	.	.	10	.	.	.	4	10	6	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	4
602	602	59	602700	198230	**58**	**63**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	9	10	7	.	.	10	.	3	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	5	.
603	603	57	602120	198850	**18**	**12**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	5
604	604	58	602450	198570	**65**	**59**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	2	.	7	.	.	4	10	10	10	.	.	5	.	3	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.
605	605	58	601990	198420	**58**	**69**	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	5	1	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	8	9	9	.	.	4	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.
606	606	58	601830	198510	**22**	**37**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	1	.
607	607	73	600100	196460	**73**	**54**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	1	.	.	.	1	.	.	10	.	.	2	5	10	10	.	.	9	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	10	10	.
608	608	73	600160	196440	**86**	**72**	.	1	6	.	.	1	.	.	.	.	10	10	2	.	.	8	.	.	10	.	.	.	8	10	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	9	.
609	609	73	600350	196300	**67**	**55**	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	6	5	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	8	10	10	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	9	6	.
610	610	73	600360	196240	**69**	**68**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	3	.	.	.	6	.	.	10	.	.	.	10	10	10	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2	9	10	.
612	612	73	599920	196500	**64**	**69**	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	.	10	10	10	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	10	5	.
613	613	58	601760	198220	**50**	**46**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	10	10	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	10	.	.
614	614	59	602000	198020	**100**	**98**	.	8	1	5	.	.	.	.	.	.	5	.	2	5	.	.	.	.	10	.	.	.	10	10	10	.	.	10	.	.	.	5	.	6	2	.	.	.	.	.	1	10	1	.
651	651	6	596060	199790	**57**	**60**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	2	10	10	2	.	.	9	.	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	5	.
652	652	9	596350	199930	**65**	**76**	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	10	1	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	10	10	8	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3	.
654	654	9	596660	199900	**41**	**35**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	8	8	.	.	10	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	10	.
659	659	1	595020	199680	**72**	**59**	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	5	8	10	5	.	.	10	.	7	.	.	.	.	.	.	3	.	2	.	5	10	10	.
660	660	3	595720	199960	**64**	**59**	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	.	.	2	10	.	.	.	.	.	10	.	.	.	3	.	.	2	3	.	7	6	10	.
663	663	1	595040	199720	**60**	**53**	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	6	8	10	2	.	.	10	.	5	.	.	.	.	2	.	.	.	4	.	3	7	7	.
665	665	4	595430	199040	**64**	**58**	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	7	8	10	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	10	10	10	.
667	667	4	595690	199070	**56**	**57**	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	7	10	8	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	1	.	.	3	9	3
668	668	4	595750	198940	**57**	**54**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	4	.	.	5	1	7	9	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	10	.
671	671	6	596240	199320	**48**	**56**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	10	9	1	.	.	2	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	10	.	.
674	674	6	595920	199320	**31**	**37**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	1	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.
676	676	13	596800	199795	**59**	**80**	.	3	1	.	.	.	.	1	.	.	9	6	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	10	10	10	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.
678	678	13	597285	199820	**69**	**53**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	3	.	4	.	.	3	7	10	10	.	.	10	.	10	2	.	.	1	2	.	.	1	1	.	2	1	9	.
680	680	37	600460	201280	**54**	**44**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	5	10	10	.	.	10	.	10	.	1	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	5	.

Ob04	Ob90	Geo	K1	K2	IAP04	IAP90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
681	681	38	600320	200275	**21**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	2	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	2	3	.
682	682	77	600665	199295	**25**	**31**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	10	.	10	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	1	10	1
684	684	77	600750	199295	**22**	**40**	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	1	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	10	.
701	36	43	600565	201480	**55**	**53**	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	2	.	1	.	4	10	9	.	.	10	.	5	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	7	.
702	35	43	600680	201770	**60**	**39**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	9	.	.	.	7	10	8	.	.	10	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	7	.
703	31	46	601110	201810	**48**	**45**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	7	10	5	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	7	.
704	184	46	601270	201910	**56**	**30**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	10	10	.	.	10	.	9	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	5	.
705	187	46	601365	201895	**59**	**48**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.	7	8	7	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	7	.
706	30	47	600910	201125	**10**	**17**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
707	24	37	600225	200990	**58**	**45**	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	4	10	3	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	9	.
708	25	37	600445	201265	**42**	**39**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	2	.	.	.	.	10	.	.	.	10	.	10	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	3	10	.
709	26	38	600440	200480	**9**	**35**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
710	44	48	601185	200470	**31**	**23**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	2	2	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
711	131	49	601315	200220	**47**	**43**	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	10	.	.	2	.	.	.	1	10	6	.	.	9	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.
712	201	28	600270	200150	**10**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
713	216	28	600460	199870	**14**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	10	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	5	.
714	221	39	600940	199770	**14**	**28**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	7	.
715	318	39	601225	199475	**39**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	1	6	.	.	10	.	10	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	10	.
716	685	77	600900	199445	**31**	**41**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	6	1	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.
717	683	77	600650	199310	**41**	**39**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	10	9	1	.	.	8	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	10	5
718	321	77	600725	199375	**34**	**43**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	10	8	.	.	.	10	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
719	320	40	600870	199190	**15**	**7**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.
720	205	24	599505	199605	**14**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
721	282	29	600335	199300	**34**	**38**	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	5	2	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
722	207	29	600015	199410	**0**	**10**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
723	208	29	600115	199385	**17**	**2**	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	1	6	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	7	4
724	211	24	599925	199840	**1**	**2**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
725	9	21	599070	200630	**51**	**37**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	7	10	10	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
726	15	21	599340	200890	**45**	**43**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	6	.	.	.	3	10	10	.	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	10	.
727	16	21	599140	200890	**55**	**69**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	3	.	.	.	10	10	3	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	4	7	.
728	17	21	599420	201200	**65**	**70**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	1	8	.	.	10	.	10	.	10	.	5	3	.	.	.	.	.	.	10	10	.
729	86	36	600305	201745	**28**	**25**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	3	.	.	10	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	10	1	10	.
730	21	23	599740	200345	**45**	**3**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	5	.	.	.	3	8	5	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.
731	2	22	599175	200170	**37**	**32**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	1	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	2	4	1	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.
732	98	35	600315	202215	**44**	**33**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	2	1	2	1	.	.	10	.	10	1	5	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	1	.
733	96	42	600430	202070	**55**	**57**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	5	.	.	2	.	.	2	4	10	.	.	.	10	.	10	.	7	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	10	.
734	97	42	600795	202375	**37**	**10**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	6	10	3	.	.	10	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	5	.
735	90	51	601610	202160	**40**	**54**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	6	.	.	.	1	10	1	.	.	10	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	7	5	.
736	91	45	601090	202740	**63**	**52**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	5	.	.	10	.	.	.	6	10	2	.	.	10	.	7	.	8	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	10	.

Ob04	Ob90	Geo	K1	K2	IAP04	IAP90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
737	93	45	600840	202370	**36**	**40**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	1	10	2	.	.	10	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
738	100	35	600020	202415	**44**	**34**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	3	5	.	.	10	.	10	.	2	.	.	5	.	.	1	5	.	.	1	3	.
739	401	41	600355	202795	**47**	**27**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	4	10	1	.	.	6	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	4	.	.	10	5	.
740	410	41	600125	202670	**35**	**35**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	9	.	4	9	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	6	10	.
741	403	41	600210	202525	**47**	**36**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	3	.	.	.	10	.	10	1	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	10	.	.
742	414	34	599765	203015	**62**	**55**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	4	.	.	10	.	10	.	9	.	7	9	.	.	.	7	.	.	2	10	.
743	406	33	599080	202440	**55**	**28**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	4	8	4	.	.	5	.	4	9	.	.	.	1	.	.	2	.	.	6	6	8	.
744	409	33	599015	202585	**50**	**24**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	7	.	.	.	2	10	2	.	.	10	.	10	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	5	.
745	407	33	598840	202585	**42**	**64**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	10	.	9	.	.	.	.	6	.	.	1	1	.	.	.	5	.
746	408	33	598830	202825	**41**	**43**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	2	5	.	.	10	.	10	.	.	.	.	8	.	.	3	.	.	.	.	5	.
747	405	33	599425	202520	**49**	**24**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	8	.	10	9	.	.	2	1	.	.	1	.	.	10	6	10	.
748	51	40	600730	198690	**25**	**5**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	5	6	1	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
749	323	40	600770	199065	**22**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	1	3	.	.	.	10	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.
750	54	31	600500	198510	**45**	**31**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	10	.	6	10	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	4	10
751	169	67	603380	201770	**63**	**68**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	5	.	.	.	10	9	6	.	.	10	.	5	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	9	5	5
752	177	51	602100	202440	**54**	**49**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	5	.	.	.	3	10	1	.	.	10	.	10	.	1	.	.	3	.	.	4	.	.	.	2	8	.
753	178	51	602060	202840	**34**	**73**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	10	.	10	.	1	.	.	10	.	.	2	.	.	.	.	5	.
754	181	51	602360	202280	**56**	**39**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	3	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	10	6	.	.	10	.	7	.	.	.	4	.	2	.	2	4	.	.	.	7	.
755	180	60	602415	201835	**39**	**53**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	1	10	8	.	.	10	.	3	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
756	102	53	602120	201275	**23**	**26**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	6	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	10	.
757	103	53	601850	201340	**56**	**41**	.	3	1	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	4	4	10	5	.	.	8	.	2	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	1	.	5	.
758	109	61	602785	201120	**48**	**43**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	5	7	.	.	10	.	10	1	.	.	1	8	.	.	.	.	.	.	.	6	.
759	110	54	601915	200870	**30**	**38**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	1	.	4	.	.	10	.	2	.	5	.	1	1	.	.	1	1	.	.	.	10	.
760	117	54	602015	200840	**48**	**58**	.	1	5	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	9	.	.	.	.	1	.	.	5	8	.	.	9	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.
761	118	54	602085	200715	**47**	**43**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	3	4	10	.	.	.	10	.	.	.	.	.	6	.	.	.	8	.	.	.	.	10	.
762	132	49	601705	200150	**40**	**47**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	4	9	4	.	.	10	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
763	133	49	601665	200015	**56**	**53**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	10	2	3	5	.	.	10	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.
764	123	62	602525	200290	**53**	**48**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	9	5	3	.	.	10	.	10	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	10	.
765	166	62	602945	200590	**70**	**46**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	10	2	10	10	.	.	7	.	10	5	9	.	1	.	.	.	.	.	.	.	3	7	.
766	167	62	602865	200705	**63**	**47**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	8	.	.	1	3	10	10	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	10	.
767	122	55	602575	200010	**44**	**54**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	8	.	.	3	.	.	.	1	9	1	.	.	10	1	.	.	.	.	9	.	1	.	.	.	.	.	.	8	.
768	163	63	603115	199900	**45**	**43**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	10	2	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	10	.
769	160	63	602985	199615	**72**	**37**	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	5	.	.	6	.	.	.	8	10	10	.	.	10	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	10	.
770	145	68	603830	198785	**84**	**77**	.	6	.	.	6	.	.	.	.	.	3	.	4	.	.	.	.	.	10	.	.	.	10	9	10	.	.	9	.	1	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	4	10	5	5
771	225	64	602900	199090	**40**	**35**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	8	10	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	1	.
772	119	55	602015	200125	**64**	**34**	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	8	.	.	.	.	7	.	.	1	.	.	.	6	10	10	.	.	10	.	4	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	10	.
773	125	56	602210	199415	**40**	**39**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	3	.	.	.	.	10	9	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
774	161	56	602525	199505	**45**	**45**	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	10	.	.	.	10	.	10	.	.	.	.	1	.	.	.	2	.	.	.	6	.
775	227	57	602490	199005	**41**	**10**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	6	5	1	.	.	7	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	10	.

Ob04	Ob90	Geo	K1	K2	IAP04	IAP90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
776	226	76	602590	199005	**50**	**4**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	2	.	.	.	3	10	6	.	.	10	.	8	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	10	.
777	142	50	601580	199240	**37**	**44**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	10	.	.	2	.	.	.	3	7	.	.	.	10	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	4	.
778	138	75	601560	198970	**53**	**49**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	5	7	5	.	.	10	.	10	10	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	2	1	.
779	140	75	601685	198990	**33**	**40**	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	10	.	.	.	7	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	5
780	153	66	603220	198490	**50**	**33**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	3	.	.	.	.	9	7	.	.	10	.	8	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	4	10	.
781	326	26	599795	198650	**10**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.
782	52	31	600770	198400	**50**	**49**	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	9	5	7	10	.	.	3	.	.	5	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	2	.	.
783	55	31	600955	198010	**57**	**55**	.	7	.	.	.	.	.	.	2	.	5	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	8	10	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.
784	56	32	600315	198005	**57**	**33**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	8	8	3	.	.	10	.	1	5	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	10	10	.
785	.	32	600490	197830	**48**	**.**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	2	.	.	.	9	10	2	.	.	10	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	10	.
786	327	26	599855	198245	**15**	**7**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	10	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
787	63	20	599770	198025	**61**	**35**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	7	10	3	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	10	2	.
788	64	20	599595	197755	**48**	**47**	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	4	10	9	.	.	10	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
789	66	19	599140	198680	**30**	**13**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	10	2	.
790	65	19	599480	198430	**29**	**11**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
791	288	18	599265	199130	**22**	**4**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	8	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.
792	289	18	599530	199255	**26**	**24**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	6	.	.	.	10	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.
793	305	15	597690	199345	**57**	**42**	.	1	7	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	4	10	6	.	.	10	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	10	.
794	306	15	597445	199250	**47**	**57**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	9	3	.	.	10	.	10	6	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	5	.
795	304	15	597725	199160	**43**	**48**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	1	10	9	.	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	.	.	10	.
796	70	16	598350	198590	**27**	**18**	1	1	2	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
797	679	13	597305	199840	**29**	**7**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	8	7	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.
798	677	13	596870	199560	**30**	**26**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	1	.	5	1	.	.	10	.	5	.	.	.	.	3	.	.	1	.	.	.	.	1	.
799	189	8	596690	198375	**72**	**45**	.	3	6	.	.	.	.	.	.	.	10	2	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	10	10	10	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
800	188	8	596510	198200	**35**	**36**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	10	.	.	.	.	6	.	.	.	9	.	.	.	9	.
801	193	8	595975	197940	**49**	**75**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.	.	8	5	.	.	10	.	.	.	.	.	5	1	.	.	9	2	.	.	.	10	.
802	198	8	596030	198280	**42**	**48**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	1	.	.	.	10	.	.	2	.	.	.	3	9	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.
803	191	5	595790	197560	**51**	**43**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	9	.	.	.	10	.	10	6	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	2	8	.
804	190	5	595915	197700	**57**	**50**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	5	8	3	.	.	10	.	7	.	1	.	.	7	.	.	4	2	.	.	.	10	.
805	611	73	599960	196370	**73**	**59**	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	10	.	.	.	8	10	8	.	.	8	.	2	3	.	2	.	.	.	.	.	3	.	.	10	10	.
806	669	7	595610	198660	**74**	**47**	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	10	.	.	.	10	.	10	.	7	.	.	10	.	.	10	1	.	.	5	10	.
807	666	4	595550	198970	**71**	**47**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	10	.	.	.	.	.	.	4	10	9	.	1	10	.	10	.	.	.	.	5	.	.	.	7	.	.	1	10	.
808	661	4	595165	199240	**39**	**52**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	8	.	.	.	10	6	.	.	.	.	.	.	5	5	.
809	664	1	594440	199200	**51**	**65**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	.	.	4	.	.	.	.	3	1	.	.	10	.	10	.	.	.	1	10	.	.	.	.	.	.	.	10	.
810	314	2	594960	198710	**52**	**48**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	6	.	.	.	.	.	10	.	10	1	.	.	10	4	.	.	.	2	.	.	8	6	.
811	656	9	596185	200125	**45**	**46**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	10	10	1	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	10	10	.
812	653	9	596560	199805	**54**	**50**	.	2	2	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	1	5	10	9	.	.	10	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.
813	655	9	596440	199710	**48**	**46**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	4	10	3	.	.	10	.	10	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.
814	662	3	595545	199540	**55**	**74**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	2	9	6	.	.	10	.	8	.	.	.	1	.	.	.	.	4	.	2	3	9	.

Ob04	Ob90	Geo	K1	K2	IAP04	IAP90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
815	675	1	594890	199850	**59**	**35**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	7	.	.	.	.	.	.	1	9	1	.	.	10	.	10	.	.	.	.	6	.	.	2	10	.	.	2	6	.
816	658	3	595585	199735	**61**	**58**	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	6	.	.	3	.	.	1	1	10	1	.	2	10	.	8	.	.	.	.	8	.	.	4	2	.	.	1	8	.
817	657	3	595340	199820	**64**	**61**	.	2	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	3	9	10	5	.	.	10	.	9	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	7	8	.
818	243	10	596615	199285	**41**	**24**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	1	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	1	10	2	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	1	3	.
819	252	10	596375	199210	**48**	**50**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	10	.	.	2	.	.	.	2	10	8	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.
820	673	6	595950	199600	**46**	**51**	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	4	10	5	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	5	.
821	670	6	596200	199240	**69**	**44**	.	3	1	.	1	.	.	.	.	.	9	1	1	.	.	10	.	.	2	.	.	.	4	10	9	.	.	10	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	10	.
822	76	69	598685	198890	**55**	**10**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	1	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	3	10	2	.	.	10	.	9	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	10	.
823	78	17	598845	199715	**43**	**0**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	1	.	.	4	.	.	.	.	8	6	.	.	10	.	9	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	8	.
824	68	16	598760	198485	**27**	**0**	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	10	2	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
825	.	80	599600	201660	**31**	**.**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	10	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.	1	5	.
826	.	80	599345	201545	**43**	**.**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	1	.	.	.	5	10	.	.	.	9	.	4	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	10	.
827	.	80	599500	201275	**32**	**.**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	1	10	.	10	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	1	10	.
828	.	80	599440	201455	**39**	**.**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	10	.	6	.	.	.	.	10	.	.	.	3	.	.	.	10	.
829	.	80	599435	201440	**28**	**.**	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	10	.	.	.	10	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.

Anhang 2 Georaum-bezogene IAP18-Daten 1990/2004

In Anhang 4 sind Angaben zu den insgesamt 77 Georäumen der Erstuntersuchung von 1990 und Erfolgskontrolluntersuchung 2004 enthalten:

Geo: Nummer des Georaumes

K1-04: horizontale Koordinate, Landeskarte der Schweiz (Georaum-Schwerpunkt = Mittelwert aller Koordinaten der betroffenen Trägerbäume)

K2-04: vertikale Koordinate, Landeskarte der Schweiz

$IAP04_{GR}$: IAP18 - Georaummittelwert (arithmetisches Mittel) der Trägerbäume, welche dem entsprechenden Georaum angehören (Erfolgskontrolle 2003/04), verwendet für akutelle Luftgütekarte 2 von 2004

$IAP90_{GR}$: IAP18 - Georaummittelwert (arithmetisches Mittel) der Trägerbäume, welche dem entsprechenden Georaum angehören (Erstuntersuchung 1989/90) verwendet für erste Luftgütekarte 1 von 1990

IAP-Delta: Differentieller Luftgütewert (georaumweise Differenz 2004-1990), verwendet für Differenzkarte 3

Georaum	K1-04	K2-04	$IAP\ 04_{GR}$	$IAP\ 90_{GR}$	IAP-Delta
1	594848	199613	60.5	53.00	7.5
2	595096	198444	56.8	52.6	4.2
3	595548	199764	61.0	63	-2
4	595517	199052	57.4	53.6	3.8
5	595775	197804	55.2	50.8	4.4
6	596074	199454	50.2	49.6	0.6
7	595906	198704	61.6	56.2	5.4
8	596333	198265	51.8	50.4	1.4
9	596439	199894	50.6	50.6	0
10	596631	199276	50.6	39.4	11.2
11	596844	198766	35.8	28.6	7.2
12	597114	199017	39.0	29.8	9.2
13	597125	199741	56.3	51.8	4.5
14	598270	199854	40.0	38.6	1.4
15	597864	199139	45.4	42.2	3.2
16	598616	198569	42.0	27.6	14.4
17	598923	199615	27.2	14.2	13
18	599487	199072	10.8	7.6	3.2
19	599256	198664	32.6	8.2	24.4
20	599605	197942	50.6	36	14.6
21	599178	200842	53.8	52.6	1.2
22	599227	200368	22.8	10.2	12.6

Georaum	K1-04	K2-04	IAP 04_{GR}	IAP 90_{GR}	IAP-Delta
23	599524	200047	18.4	2.4	16
24	599696	199683	13.2	2	11.2
25	599840	199095	11.2	5	6.2
26	599977	198427	9.0	3.8	5.2
27	599832	200786	28.4	11.4	17
28	600488	199936	15.2	0.4	14.8
29	600133	199365	23.2	19.6	3.6
30	600165	198947	50.4	35.8	14.6
31	600776	198333	48.0	47.5	0.5
32	600417	197997	39.0	36.5	2.5
33	599038	202591	47.4	36.6	10.8
34	599843	202773	53.2	37.2	16
35	600039	202248	43.0	35.2	7.8
36	600023	201499	45.0	37	8
37	600360	201134	45.0	45.3	-0.3
38	600628	200254	22.2	20.8	1.3
39	601122	199725	19.4	9.8	9.6
40	600924	198993	12.4	2.4	10
41	600228	202780	44.2	42	2.2
42	600529	202259	41.0	32.3	8.8
43	600674	201518	53.3	36.3	17
44	600750	200736	23.2	16	7.2
45	600982	202522	41.6	40.4	1.2
46	601261	201903	54.8	41.6	13.2
47	601212	201139	24.8	8.8	16
48	601524	200583	37.8	21	16.8
49	601573	200041	45.6	40.4	5.2
50	601688	199288	31.0	37.8	-6.8
51	602033	202430	46.0	53.8	-7.8
52	601560	201328	33.2	26	7.2
53	602010	201447	44.6	37.2	7.4
54	602163	200897	49.2	46.4	2.8
55	602168	200217	47.0	49.4	-2.4
56	602179	199512	45.0	47.2	-2.2
57	602380	198999	28.7	16	12.7
58	602084	198408	49.8	50.4	-0.6
59	602255	198013	69.0	66.8	2.2
60	602481	201955	48.6	44.2	4.4
61	602803	201240	48.8	38	10.8
62	602721	200555	43.6	41	2.6
63	602918	199946	53.7	52	1.7
64	603011	199133	49.8	45.2	4.6
65	603240	198978	65.5	61.3	4.3
66	602864	198486	47.4	43	4.4
67	603342	201670	58.0	58.2	-0.2
68	603846	198837	67.2	69.8	-2.6
69	598551	199190	38.8	25.5	13.3
73	600142	196385	72	62.8	9.2
75	601449	198898	32	34.3	-2.3
76	602641	199024	24.8	7	17.8
77	600738	199344	30.6	38.8	-8.2

Anhang 3 Schwermetalle - Erfolgskontrolle 2004

Erfolgskontrolle 2004 - Analysen AfUL Stadtlabor, M. Kaufmann ICP-AES und GF-AAS										
AGB-PNR	**Standort**	**Aful-Nr**	**AGB-Nr**	**Cd_AAS**	**Co_ICP**	**Cu_ ICP**	**Fe_ICP**	**Pb_AAS**	**V_ICP**	**Zn_ICP**
Analysentechnik				*GFAAS*	*ICPAES*	*ICPAES*	*ICPAES*	*GFAAS*	*ICPAES*	*ICPAES*
Einheit				*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*
Bestimmungsgrenze				*0.2*	*0.1-0.5*	*7*	*200*	*7*	*0.2*	*2*
1	Bern Eigerplatz	05.017.01	Nr 01	0.377	1.901	175.5	3755	52.50	5.84	306.3
2 B	Bern Eigerplatz	05.017.02	Nr 02	0.468	1.346	84.0	2858	34.52	4.44	216.4
3	Bern Eigerplatz	05.017.03	Nr 03	0.545	0.871	53.4	1585	127.82	3.53	219.7
4 M	Bern Eigerplatz	05.017.04-1,2	Nr 04-1,2	0.459	.	53.8	3622	184.04	.	131.2
6	Bern Eigerplatz	05.017.06	Nr 06-1	0.438	0.906	49.5	2000	236.52	4.78	146.2
7 B	Bern Eigerplatz	05.017.07	Nr 07B	0.402	0.643	36.9	1645	107.67	3.12	152.2
8 B M	Bern Eigerplatz	05.017.08-1,2	Nr 08B-1,2	0.316	0.682	27.3	1027	157.77	2.79	147.8
Mean	*Bern Eigerplatz*	*2004*		*0.429*	*1.058*	*68.6*	*2356*	*128.69*	*4.08*	*188.5*
9 B	Bern Brunngasshalde	05.017.09	Nr 09	0.367	1.203	57.2	2747	237.91	5.24	150.8
10	Bern Brunngasshalde	05.017.10	Nr 10	0.473	1.193	40.4	1745	77.88	2.88	171.1
11	Bern Brunngasshalde	05.017.11	Nr 11	0.435	0.944	35.6	1478	70.06	2.38	163.8
12 M	Bern Brunngasshalde	05.017.12-1,2	Nr 12-1,2	0.2	1.125	22.2	1563	71.80	4.43	91.1
13 B	Bern Brunngasshalde	05.017.13	Nr 13	0.387	0.900	34.8	1853	62.20	3.02	115.9
14 M	Bern Brunngasshalde	05.017.14-1,2	Nr 14-1,2	0.204	0.500	17.9	591	31.42	1.51	83.3
15 B	Bern Brunngasshalde	05.017.15	Nr 15	0.401	0.687	27.0	1123	99.83	2.56	247.0
16 B	Bern Brunngasshalde	05.017.16	Nr 16	0.2	0.575	19.6	606	38.39	1.66	87.7
Mean	*Bern Brunngasshalde*	*2004*		*0.333*	*0.891*	*31.8*	*1463*	*86.19*	*2.96*	*138.8*
17 M	Bümpliz Bernstrasse	05.017.17-1.2	Nr 17-1,2	0.276	0.468	25.0	777	49.84	2.30	103.2
18 M	Bümpliz Bernstrasse	05.017.18-1,2	Nr 18-1,2	0.272	0.941	18.4	1053	42.34	2.98	87.1
19 B	Bümpliz Bernstrasse	05.017.19	Nr 19	0.303	0.858	53.2	1253	80.25	3.18	141.5
20 B M	Bümpliz Bernstrasse	05.017.20-1,2	Nr 20B-1,2	0.409	0.984	94.5	2011	95.07	5.04	180.1
21 M	Bümpliz Bernstrasse	05.017.21-1,2,3	Nr 21-1,2,3	0.29	0.936	44.0	2243	119.04	5.74	115.7
22	Bümpliz Bernstrasse	05.017.22	Nr 22	0.486	0.705	45.4	1146	90.70	2.72	123.7
23	Bümpliz Bernstrasse	05.017.23	Nr 23	0.637	0.553	42.4	899	70.24	2.25	165.8
24	Bümpliz Bernstrasse	05.017.24	Nr 24	0.676	0.766	51.7	1857	136.93	4.90	155.8
Mean	*Bümpliz Bernstrasse*	*2004*		*0.418*	*0.776*	*46.8*	*1405*	*85.55*	*3.64*	*134.1*
25 B	Bümpliz Schwabgut	05.017.25	Nr 25	0.426	0.531	19.6	806	24.16	2.32	105.6
26	Bümpliz Schwabgut	05.017.26	Nr 26	0.543	0.703	31.3	1213	30.39	3.65	101.2
27	Bümpliz Schwabgut	05.017.27	Nr 27	0.618	0.663	33.2	1283	55.41	4.01	114.2
28 M	Bümpliz Schwabgut	05.017.28-1,2	Nr 28-1,2	0.438	0.823	23.2	1416	46.49	3.51	130.0
29 M	Bümpliz Schwabgut	05.017.29-1,2	Nr 29-1,2	0.226	0.632	22.5	921	56.71	2.66	111.3
30 M	Bümpliz Schwabgut	05.017.30-1,2	Nr 30-1,2	0.2	0.500	22.3	477	50.97	1.85	82.5
31	Bümpliz Schwabgut	05.017.31	Nr 31	0.241	0.516	20.8	630	.	2.10	127.8
32	Bümpliz Schwabgut	05.017.32	Nr 32	0.334	0.500	17.8	609	33.31	1.67	120.8
Mean	*Bümpliz Schwabgut*	*2004*		*0.378*	*0.608*	*23.8*	*920*	*42.49*	*2.72*	*111.7*

Erfolgskontrolle 2004 - Analysen AfUL Stadtlabor, M. Kaufmann ICP-AES und GF-AAS										
AGB-PNR	**Standort**	**Aful-Nr**	**AGB-Nr**	**Cd**	**Co**	**Cu**	**Fe**	**Pb**	**V**	**Zn**
33	Bern Marzili	05.017.33	Nr 33	0.333	0.545	16.0	710	56.6	2.63	113.1
34 M	Bern Marzili	05.017.34-1,2	Nr 34-1,2	0.290	0.500	26.0	679	45.3	2.34	81.3
35	Bern Marzili	05.017.35	Nr 35	0.222	0.592	32.6	617	66.3	1.87	85.3
36 B	Bern Marzili	05.017.36	Nr 36 B	0.213	0.500	26.4	1412	58.9	3.19	83.7
37 B M	Bern Marzili	05.017.37-1,2	Nr 37B-1,2	0.200	0.517	16.4	601	38.7	2.09	61.5
38 B	Bern Marzili	05.017.38	Nr 38 B	0.328	0.936	28.8	1175	93.2	2.72	142.2
39 Mean	Bern Marzili	05.017.39-1,2	Nr 39-1,2	0.260	0.947	26.1	874	66.2	2.71	119.0
40 Mean	Bern Marzili	05.017.40-1,2,3	Nr 40-1,2,3	2.021	0.950	43.8	1572	118.7	4.14	330.8
Mean	***Bern Marzili***	***2004***		***0.484***	***0.686***	***27.0***	***955***	***68.0***	***2.71***	***127.1***
41	Bern Sonnenhof	05.017.41	Nr 41	0.200	0.500	23.8	489	58.8	1.33	103.6
42 M	Bern Sonnenhof	05.017.42-1,2	Nr 42-1,2	0.200	0.500	22.9	693	31.1	2.02	78.7
43	Bern Sonnenhof	05.017.43	Nr 43	0.213	0.508	37.2	832	60.8	3.05	132.1
44 B	Bern Sonnenhof	05.017.44	Nr 44 B	0.239	0.500	20.9	647	58.8	2.11	141.1
45 B M	Bern Sonnenhof	05.017.45-1,2	Nr 45 B-1,2	0.200	0.575	22.5	1121	33.2	3.64	96.2
46	Bern Sonnenhof	05.017.46	Nr 46	0.200	0.500	15.9	829	56.6	2.64	88.5
47 B	Bern Sonnenhof	05.017.47	Nr 47	0.200	0.586	18.2	1006	48.0	2.93	130.8
48 B	Bern Sonnenhof	05.017.48	Nr 48	0.200	0.500	17.2	915	47.0	2.63	115.3
Mean	***Bern Sonnenhof***	***2004***		***0.206***	***0.521***	***22.3***	***816***	***49.3***	***2.54***	***110.8***
49 M	Bern Elfenau	05.017.49-1,2	Nr 49-1,2		0.570	78.9	1088	42.2	4.72	95.8
50 M	Bern Elfenau	05.017.50-1,2	Nr 50-1,2	0.324	0.965	47.6	1503	67.2	6.40	90.3
51	Bern Elfenau	05.017.51	Nr 51	0.200	0.500	15.1	540	20.0	2.23	88.8
52	Bern Elfenau	05.017.52	Nr 52	0.306	0.607	19.7	944	56.4	4.86	95.8
53 B	Bern Elfenau	05.017.53	Nr 53 B	0.200	0.500	16.6	734	36.4	3.17	95.6
54	Bern Elfenau	05.017.54	Nr 54	0.200	0.515	28.1	855	44.6	3.43	71.5
55 M	Bern Elfenau	05.017.55-1,2	Nr 55-1,2	0.308	0.500	18.8	595	49.7	2.28	114.8
56	Bern Elfenau	05.017.56	Nr 56-2	0.200	0.500	15.9	528	39.7	2.00	62.4
Mean	***Bern Elfenau***	***2004***		***0.248***	***0.582***	***30.1***	***848***	***44.5***	***3.64***	***89.4***
81 K1	Bern Schenkstrasse KVA	05.017.57	Nr 81	0.307	0.500	27.4	1063	92.7	2.47	153.2
82 K3	Bern Schenkstrasse KVA	05.017.58	Nr 82	0.294	0.500	28.3	1328	99.5	2.87	152.3
83 K2 M	Bern Schenkstrasse KVA	05.017.59-1,2	Nr 83-1,2	0.539	0.513	30.4	1155	114.4	3.41	160.9
Mean	***Bern Schenkstrasse KVA***	***2004***		***0.380***	***0.504***	***28.7***	***1182***	***102.2***	***2.92***	***155.5***

Anhang 4 Schwermetalle - Ersterfassung 1990

Erststudie AGB 1990 - Analysen LONZA AG Visp Dr. C.A. Barras ICP-MS und ICP-AES										
AGB_PNR	**Standort**	**Lonza_Nr**	**AGB_NR**	**Cd**	**Co**	**Cu**	**Fe**	**Pb**	**V**	**Zn**
Analysentechnik				*ICPMS*	*ICPMS*	*ICPAES*	*ICPAES*	*ICPMS*	*ICPAES*	*ICPAES*
Einheit				*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*	*mg/kg*
Nachweisgrenze				*0.01*	*0.01*	*0.1*	*1*	*0.1*	*0.1*	*0.1*
Bestimmungsgrenze				*0.05*	*0.05*	*0.5*	*5*	*0.5*	*0.5*	*0.5*
1	Bern Eigerplatz	9026518	1	0.85	0.645	85.7	3950	240.00	6.20	189.0
2	Bern Eigerplatz	9026519	2	0.94	0.850	83.9	3780	217.00	6.00	150.0
3	Bern Eigerplatz	9026520	3	0.835	0.610	71.8	2325	218.00	4.80	190.0
4	Bern Eigerplatz	9026521	4	0.435	0.490	29.6	1290	69.00	3.10	126.0
6	Bern Eigerplatz	9026523	6	0.505	0.645	38.5	1820	154.00	5.30	171.0
7	Bern Eigerplatz	9026524	7	0.635	0.610	35.6	1650	220.00	5.40	210.0
8	Bern Eigerplatz	9026525	8	0.47	0.370	25.7	925	91.00	2.70	99.0
Mean	***Bern Eigerplatz***	***1990***	***Mean***	***0.667***	***0.603***	***53.0***	***2249***	***172.70***	***4.80***	***162.1***
9	Bern Brunngasshalde	9026501	9	0.54	0.630	55.4	3816	177.00	6.60	182.0
10	Bern Brunngasshalde	9026502	10	0.34	0.725	50.8	2038	187.00	3.90	174.0
11	Bern Brunngasshalde	9026503	11	0.96	0.985	53.3	2228	205.00	3.20	187.0
12	Bern Brunngasshalde	9026504	12	0.32	1.065	20.0	1040	48.00	2.30	75.0
13	Bern Brunngasshalde	9026505	13	0.525	0.450	20.6	1230	50.00	2.90	79.0
14	Bern Brunngasshalde	9026506	14	0.49	0.285	27.3	1120	77.00	2.90	105.0
15	***Bern Brunngasshalde***	***9026507***	***15***	***0.78***	***0.720***	***58.6***	***2550***	***264.00***	***5.20***	***580.0***
16	Bern Brunngasshalde	9026508	16	0.25	0.750	27.2	710	75.00	2.30	104.0
Mean	Bern Brunngasshalde	1990	Mean	0.526	0.701	39.1	1842	135.40	3.70	185.8
17	Bümpliz Bernstrasse	9026539	17	0.665	0.285	27.4	960	67.00	3.40	110.0
18	Bümpliz Bernstrasse	9026540	18	0.35	0.375	16.5	1200	46.00	3.30	86.0
19	Bümpliz Bernstrasse	9026541	19	0.32	0.390	50.5	1370	74.00	3.50	93.0
20	Bümpliz Bernstrasse	9026542	20	0.4	0.590	36.2	1880	132.00	7.70	148.0
21	***Bümpliz Bernstrasse***	***9026543***	***21***	***0.545***	***0.705***	***37.3***	***1090***	***70.00***	***3.30***	***94.0***
22	Bümpliz Bernstrasse	9026544	22	0.775	0.735	49.5	1040	109.00	3.20	125.0
23	Bümpliz Bernstrasse	9026545	23	0.695	0.700	34.0	1130	89.00	4.30	132.0
24	Bümpliz Bernstrasse	9026546	24	0.715	1.255	53.9	3510	158.00	8.30	150.0
Mean	Bümpliz Bernstrasse	1990	Mean	0.558	0.629	38.2	1523	93.10	4.60	117.3
25	Bümpliz Schwabgut	9026527	25	0.245	0.310	19.3	1000	25.00	3.50	78.0
26	Bümpliz Schwabgut	9026528	26	0.265	0.225	23.8	540	34.00	2.90	78.0
27	***Bümpliz Schwabgut***	***9026529***	***27***	***0.340***	***0.475***	***38.1***	***1580***	***56.00***	***4.70***	***102.0***
28	Bümpliz Schwabgut	9026530	28	0.295	0.440	20.1	1740	45.00	3.70	94.0
29	Bümpliz Schwabgut	9026531	29	0.355	0.375	21.3	930	77.00	2.90	103.0
30	Bümpliz Schwabgut	9026532	30	0.200	0.295	25.9	780	50.00	2.80	72.0
31	Bümpliz Schwabgut	9026533	31	0.405	0.325	30.2	800	70.00	2.80	112.0
32	Bümpliz Schwabgut	9026534	32	0.305	0.295	22.1	718	50.00	2.80	198.0
Mean	***Bümpliz Schwabgut***	***1990***	***Mean***	***0.301***	***0.343***	***25.1***	***1011***	***50.90***	***3.30***	***104.6***

Erststudie AGB 1990 - Analysen LONZA AG Visp Dr. C.A. Barras ICP-MS und ICP-AES										
AGB_PNR	**Standort**	**Lonza_Nr**	**AGB_NR**	**Cd**	**Co**	**Cu**	**Fe**	**Pb**	**V**	**Zn**
33	Bern Marzili	9026510	33	0.495	1.030	21.9	920	85.0	3.60	135.0
34	Bern Marzili	9026511	34	0.480	0.810	40.7	830	52.0	2.60	88.0
35	Bern Marzili	9026512	35	0.245	0.340	33.4	880	64.0	2.70	70.0
36	Bern Marzili	9026513	36	0.330	0.595	33.8	760	84.0	2.70	87.0
37	Bern Marzili	9026514	37	0.335	0.405	21.6	870	78.0	3.30	125.0
38	Bern Marzili	9026515	38	0.220	0.595	18.0	1650	66.0	3.70	84.0
39	Bern Marzili	9026516	39	0.620	0.565	36.2	1080	117.0	3.90	122.0
40	Bern Marzili	9026517	40	1.590	0.800	29.1	1510	141.0	4.20	239.0
Mean	***Bern Marzili***	***1990***	***Mean***	***0.539***	***0.643***	***29.3***	***1063***	***85.9***	***3.30***	***118.8***
41	Bern Sonnenhof	9026556	41	0.370	0.820	19.9	840	89.0	3.20	86.0
42	Bern Sonnenhof	9026557	42	0.250	0.585	27.4	770	63.0	3.00	71.0
43	Bern Sonnenhof	9026558	43	0.295	0.660	25.3	729	31.0	2.60	72.0
44	Bern Sonnenhof	9026559	44	0.525	0.580	19.6	770	60.0	2.90	120.0
45	Bern Sonnenhof	9026560	45	0.440	0.735	17.7	1020	60.0	4.50	100.0
46	Bern Sonnenhof	9026561	46	0.350	0.880	17.9	1370	96.0	4.90	90.0
47	***Bern Sonnenhof***	***9026562***	***47***	***0.295***	***0.575***	***15.7***	***960***	***53.0***	***4.50***	***70.0***
48	Bern Sonnenhof	9026563	48	0.430	0.805	15.3	1100	58.0	3.50	93.0
Mean	Bern Sonnenhof	1990	Mean	0.369	0.705	19.9	945	63.8	3.60	87.8
49	Bern Elfenau	9026548	49	0.595	4.775	17.6	1280	44.0	5.80	92.0
50	Bern Elfenau	9026549	50	0.640	7.785	21.2	980	27.0	4.10	73.0
51	Bern Elfenau	9026550	51	0.420	0.775	16.9	690	30.0	4.30	95.0
52	Bern Elfenau	9026551	52	0.445	0.625	11.8	830	27.0	4.50	74.0
53	***Bern Elfenau***	***9026552***	***53***	***0.370***	***0.855***	***13.5***	***657***	***30.0***	***3.70***	***87.0***
54	Bern Elfenau	9026553	54	0.185	1.025	18.5	780	35.0	3.20	70.0
55	Bern Elfenau	9026554	55	0.485	0.885	14.8	1040	44.0	5.10	92.0
56	Bern Elfenau	9026555	56	0.315	0.645	18.2	423	36.0	2.60	64.3
Mean	***Bern Elfenau***	***1990***	***Mean***	***0.432***	***2.171***	***16.6***	***835***	***34.1***	***4.20***	***80.9***
57	Bern Schenkstrasse KVA	9026567	57	0.600	1.080	24.9	1440	140.0	7.20	112.0
63	Bern Schenkstrasse KVA	9026573	63	0.560	0.715	26.0	1370	122.0	2.60	89.0
63	Bern Schenkstrasse KVA	9026573	63	0.560	0.715	26.0	1370	122.0	2.60	89.0
Mean	***Bern Schenkstrasse KVA***	***1990***	***Mean***	***0.573***	***0.837***	***25.6***	***1393***	***128.0***	***4.10***	***96.7***

260 BUND – 25 – SCHWARZ 260 BUND – 25 – CYAN 260 BUND – 25 – MAGENTA 260 BUND – 25 – GELB

TROTTOIR

«Überchömet dir scho?»

Allmählich wird es eng, merkt Zengermax, wenn er so sieht und hört und liest, wie die Aspiranten auf politische Ämter zum Wahlkampf-Endspurt ansetzen. «Ist noch irgendwo eine Kundengruppe unbedient, deren Probleme zu erhören ich vor lauter Fototerminen bisher verpasst habe?», scheinen die städtischen Kandidatinnen und Kandidaten zu fragen. Für die Wählerschaft gleicht das hektische Getue einem vorweihnächtlichen Einkaufsbummel, findet Zengermax. «Überchömet dir scho?», scheinen die angespannten Volksvertreter in Spe die potentielle Wählerschaft zu fragen. «Syt dir scho bedient? Darfs süsch no öppis sy? Chöiters eso näh oder söunechs ypacke? Isches zum schänke?» Er würde es wohl ähnlich machen, überkommt es den Denker. Jawohl, er holte die Kundschaft bestimmt auch dort ab, wo sie zu holen wäre. Und sicher suchte er, stünde er auf einer Wahlliste, diejenigen Stimmen, an die zu denken noch niemandem eingefallen ist.

Umso erstaunter war unser Rentner, als er erfuhr, dass eine der altehrwürdigsten, hartnäckigsten und traditionellsten Wählergruppen der Stadt Bern offenbar erst anfangs dieser Woche beim «Telebärn»-Wahltalk korrekt bedient wurde. Seltsamerweise war die Gruppe schlicht vergessen gegangen. Dabei handelt es sich doch um eine unermüdliche Volksmasse, deren Leit- und Lebensmotto sich seit Jahrzehnten in einem, wenngleich zugegebenermassen etwas langen und sprachlich unbedarften Satz, wiedergeben lässt: «Immer werden die Parkierer, unablässig die Parkierer, nirgendwo kann man mehr, ohne dass es sofort eine Parkbusse, trifft voll die Parkierer, ständig wir, nur allezeit wir, nie die andern, nie die Bösen, immer nur Parkierer, die ganze Zeit wir, immer Parkbussen, überall Parkbussen, das Leben eine einzige, grosse, gemeine, hinterfotzige Parkbusse und dabei würden die doch gescheiter endlich gegen die Bösen, nicht stets gegen die Parkierer, überall und dauernd Parkbussen und jetzt ist genug Heu unten und überhaupt!»

Und weil das so einfach ist, so furchtbar einfach, wundert sich Zengermax, weshalb es nur gerade dem einen Kandidaten da und erst jetzt eingefallen ist, sich bei diesen Leuten öffentlich beliebt zu machen mit der Geschichte von der Bussentreiberei.

Pedro Lenz

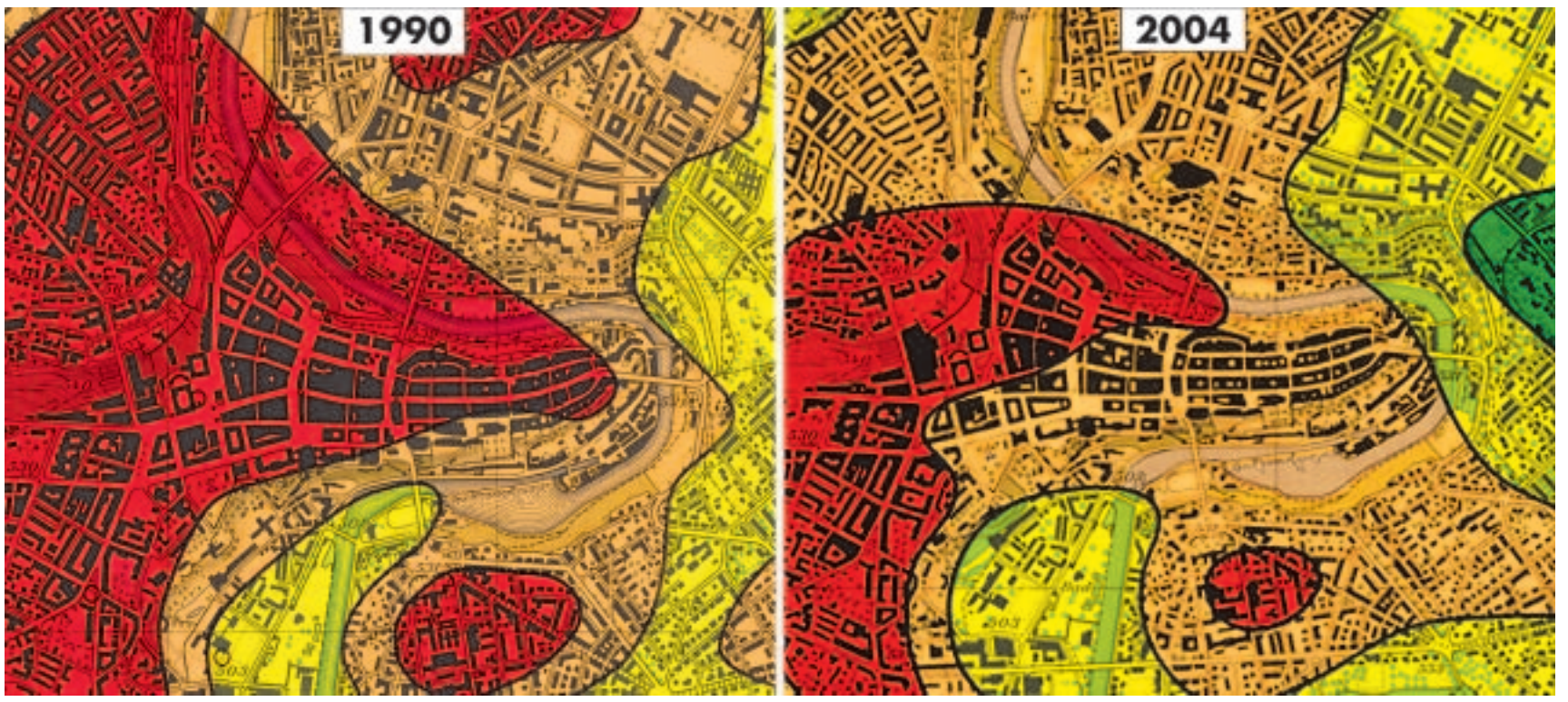
KURZ

Kioskdiebe auf frischer Tat ertappt

STADT BERN In der Nacht auf gestern Donnerstag meldete um 2 Uhr früh ein Bürger der Polizei, dass beim Kiosk Tscharnergut soeben eingebrochen werde. Wie die Stadtpolizei mitteilt, fand sie vor Ort die Meldung bestätigt: Die Kiosktüre war aufgebrochen worden. In der Toilettenanlage beim Kiosk konnte sie die zwei Täter anhalten und festnehmen. Die Polizei klärt nun ab, ob die beiden in Haft sitzenden Männer noch weitere Straftaten begangen haben. (pd)

Berufsfeuerwehr: Geld für die Telefonzentrale

STADT BERN Für 230 000 Franken erhält die Berufsfeuerwehr Bern eine neue Telefon-Einsatzzentrale. Das teilt der Berner Gemeinderat mit. Das heutige Telefonsystem ermögliche es zwar, eingehende Alarme sehr schnell anzunehmen und zu verarbeiten. Unterhalt und Wartung der System-Hardware seien jedoch nicht mehr sichergestellt. Mit einem Upgrade solle die Telefonanlage nun wieder auf den aktuellsten Stand gebracht werden. (pd)



Rot markiert die Flechtenwüste, **orange** eine starke, **gelb** eine mittlere und **grün** eine geringe Gesamtbelastung von Luftschadstoffen. ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR BIOINDIKATION

Erfolge liegen in der Luft

Flechtenanalyse in der Stadt Bern zeigt: Verkehrsmassnahmen steigern die Luftqualität

Die Luft und damit die Lebensqualität in der Stadt Bern sind deutlich besser geworden. Dies belegen die gestern vorgestellten Resultate einer Flechtenanalyse.

DANIEL VONLANTHEN

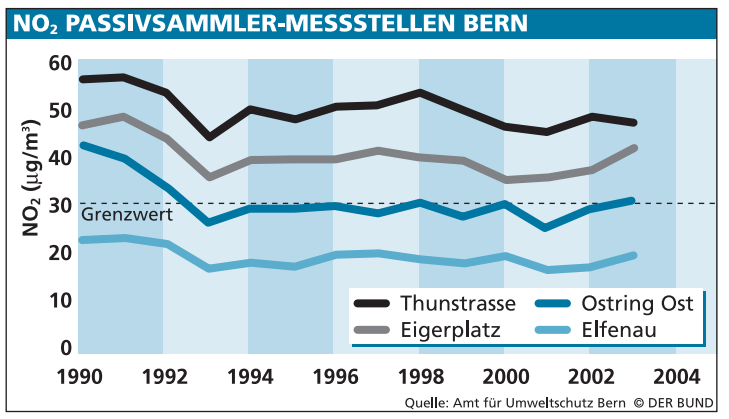
Im Stadtzentrum, Mattenhof, Stadtbach und Kirchenfeld herrscht immer noch dicke Luft: Eine Vielzahl von Schadstoffen wie Stickstoffdioxid (NO_2) und lungengängige Partikel liegen über dem Grenzwert und beeinträchtigen Menschen und Pflanzen. Flechten, symbiotisches Gewächs von Pilzen und Algen, können in diesem Klima nicht bestehen. Diese Zone – eine Flechtenwüste – ist in der Stadt Bern aber deutlich kleiner geworden: Zwischen 1990 und 2004 schrumpfte sie auf einen Drittel der ursprünglichen Ausdehnung. Dies hat die jüngste Flechtenanalyse der Arbeitsgemeinschaft für Bioindikation, Umweltbeobachtung und ökologische Planung Bern (AGB) ergeben. Auftraggeberin ist die Stadt Bern

Die erfreuliche Entwicklung zeigt sich im ganzen Stadtgebiet: An 90 Prozent der untersuchten Standorte nahm die Schadstoffbelastung ab. Die deutlichsten Verbesserungen wurden in zentrumsnahen Gebieten wie Breitenrain- und Länggassquartier festgestellt. Zwischen der ersten und der zweiten Messung liegen 14 Jahre. Lagen vorher 30 Prozent des Stadtgebiets in der rot-orangen, kritischen Zone mit übermässiger Schadstoffbelastung, sind es heute noch 20 Prozent.

Bewährt, aber umstritten

Gemeinderätin Edith Olibet (sp), die als Umweltdirektorin auf der Durchführung der Flechtenanalyse beharrt hatte, zeigte sich gestern vor den Medien erfreut über die positive Entwicklung. Dennoch dürften die Anstrengungen zur Verbesserung der Luftqualität nicht nachlassen, denn: «Wir haben immer noch viel zu grosse Gebiete, in denen die Immissionsgrenzwerte für Luftschadstoffe regelmässig überschritten werden – für unsere Gesundheit alles andere als förderlich.» Hauptursache ist laut Olibet der motorisierte Verkehr. Technische Massnahmen allein führten nicht zum Erfolg, sondern es brauche Veränderungen des Mobilitätsverhaltens. «Die verkehrspolitischen Massnahmen, auch wenn sie umstritten sind, haben sich bewährt», so Olibet. «Alle profitieren davon.»

Ein Bündel von Massnahmen hat laut Fachleuten zum Erfolg geführt, so der technische Fortschritt bei Heizungen, Motorfahrzeugen und Materialien, insbesondere auch das Energiesparen. Laut AGB-Geschäftsführer Rolf Herzig, Verfasser der Flechtenanalyse 1990 und 2004, sind auch Effekte infolge Verkehrsberuhigungsmassnahmen messbar, etwa in Quartieren mit Tempo 30. In Kontrast zu der erfreulichen Entwicklung steht das Wachstum beim motorisierten Verkehr um 10 bis 30 Prozent und der damit zusammenhängende Treibstoff-Mehrverbrauch.



«Wir befinden uns auf dem richtigen Weg», stellte Hans Mathys fest, Leiter Immissionsschutz beim Kanton. Der Trend habe sich auch in andern Städten wie Luzern und Winterthur bestätigt. Mathys: «Wir können somit von einer Rückeroberung des urbanen Raums durch die Flechten sprechen.» Und: «Wenn es der Flechte gut geht, geht es auch dem Menschen gut.» Die Massnahmen müssten jedoch verstärkt werden, um die Ziele von Luftreinhaltung und Klimaschutz zu erreichen. «Die nächsten Schritte zur Verbesserung der Luftqualität werden ungleich schwieriger sein», prophezeite der Beco-Abteilungsleiter. Nebst weiteren technischen Massnahmen seien Verhaltensänderungen unabdingbar.

Die Flechtenstudie bestätigt kontinuierliche Messergebnisse des Stadtlabors. Zu Besorgnis Anlass geben gewisse Messstandorte an Hauptverkehrsachsen wie Eigerplatz, Bollwerk und Ostring (siehe Grafik). Eine Verschlechterung des Zustands ist bei 9 Prozent der Standorte zu beobachten.

Stadtrat zeigt Herz

Sparen bei **Behinderten?** Nein, sagt Berns Parlament

Behinderten in Bern soll weiterhin eine umfassende Mobilität ermöglicht werden – trotz der Streichung der IV-Beiträge an das Behindertentransportunternehmen Betax. Der Berner Stadtrat forderte gestern einhellig die Unterstützung durch Stadt und Kanton. Hintergrund der Debatte: Im Rahmen der vierten IV-Revision wurden subventionierte Behindertentransporte ab 2005 auf fünf Fahrten pro Monat beschränkt. Der Berner Gemeinderat machte daraufhin einen Beitrag von 325 000 Franken frei, der den Betax-Betrieb bis März 2005 gewährleisten soll.

Die einzige Möglichkeit

Die Subventionierung der Behindertentransporte müsse langfristig gesichert sein, forderten nun gestern im Stadtparlament zwei dringliche Interpellationen der SP und des Grünen Bündnisses (GB). Die Betax sei die einzige Mobilitätsmöglichkeit für behinderte Menschen, sagte SP-Interpellant Rolf Schuler. Die massive Verteuerung der Transportdienste führe nicht nur zu einer verminderten Nutzung des Angebots durch die Behinderten, sondern auch zu einem Stellenabbau bei Betax. GB-Interpellantin Natalie Imboden doppelte nach: Mobilität dürfe «nicht rationiert werden».

Der Rat teilte die Meinung der Interpellantin und des Interpellanten, dass die Verantwortung nun beim Kanton liege. Es sei falsch, auf Kosten der Behinderten zu sparen, sagte SVP-Sprecher Peter Bühler. FDP-Fraktionssprecher Thomas Balmer forderte aber, dass geprüft werde, ob nicht auch private Transportunternehmen die Aufgabe der Betax erfüllen könnten.

Eine regionale Lösung?

Sozialdirektorin Therese Frösch (gb) sagte, die Stadt stehe in Gesprächen mit dem Kanton und dem Verein Region Bern. Sollte eine kantonale oder eine regionale Lösung wider Erwarten scheitern, müsse die Stadt ins Auge fassen, selbst Beiträge auszurichten – aber ausschliesslich an Behinderte aus der Stadt Bern, sagte Frösch.

Am ehesten verkraftbar wäre laut Frösch eine Reduktion der Subventionen bei den Transporten, die den Bereich Freizeit beträfen. Transporte zu medizinischen Zwecken und an den Arbeitsplatz müssten aber unbedingt sichergestellt werden. Der Debatte im Rathaus wohnten einige Betroffene in Rollstühlen bei. (sda/swe)

Region profitiert

Berner Stadtrat genehmigt Kredit für das **Oberfeld**

Wohnraum für 1200 Menschen soll auf dem Oberfeld in Ostermundigen entstehen – der ehemalige Schiessplatz im Osten der Stadt Bern ist eine der grössten Baulandreserven in der Agglomeration Bern. 24 der rund 30 Hektaren sind im Besitz der Stadt Bern. Wird das Land eingezont, steigt sein Wert um 43 Millionen Franken. 14 Millionen Franken Mehrwertabschöpfung schuldet Bern deshalb Ostermundigen, so haben es die beiden Gemeinden letztes Jahr in einem Vertrag festgelegt. Dem Vertragsabschluss gingen langjährige, zähe Verhandlungen voraus.

Den 14-Millionen-Kredit genehmigte Berns Stadtrat gestern Abend einstimmig. Die Stadt plant, das Land an Investoren zu verkaufen. Sie verspricht sich einen Buchgewinn von 20 Millionen Franken. Damit will der Fonds für Boden- und Wohnbaupolitik städtische Wohnungen sanieren. Der Landverkauf kommt später auch noch vors Parlament. Zu Kredit und Landverkauf hat das Volk das letzte Wort.

Autofrei Wohnen?

Die SP könne Ja sagen, weil nicht Land auf Stadtberner Boden veräussert werde, sagte SP-Sprecher Andreas Flückiger. Das Oberfeld sei bestens geeignet fürs Wohnen, müsse aber noch besser mit dem öffentlichen Verkehr erschlossen werden – zum Beispiel mit einem Tram. Zwar werde nicht die Stadt Bern die Steuererträge aus dem neuen Quartier einstreichen können, doch mit ihrer Kooperation könne die Stadt «zu einer positiven regionalen Entwicklung beitragen». Der Wohnungsbau sei ein Anliegen der ganzen Agglomeration, höre nicht an der Gemeindegrenze auf, sekundierte Hans Ulrich Gränicher (svp). Am kritischsten äusserte sich das Grüne Bündnis: Es sei reichlich unklar, wer die Sanierung der Altlasten aus dem Schiessbetrieb finanzieren werde, sagte Catherine Weber.

Wenn der Landverkauf im Stadtrat zur Debatte stehe, werde die Partei einen Anteil autofreies Wohnen fordern, kündigte Weber an. Auch die Grüne Freie Liste wird dies beantragen, wie Sprecherin Verena Furrer sagte. Die bürgerliche Warnung folgte auf dem Fuss: Den Ostermundigern das autofreie Wohnen «aufs Auge zu drücken» vertrüge sich schlecht mit gutnachbarschaftlichem Verhalten, gab FDP-Sprecher Christoph Müller zu bedenken. Zudem würden Investoren vergrault. (swe)

Kaninchen zu Tode gequält

STADT BERN Im Tierpark der Universitären Psychiatrischen Dienste (UPD) an der Bolligenstrasse kamen letzte Woche sieben Zwergkaninchen zu Tode. Laut Stadtpolizei Bern, wurden die Tiere in der Nacht auf Freitag gefunden. Da die Kaninchen keine Bissspuren aufgewiesen hätten, könne man davon ausgehen, dass sie nicht von anderen Tieren getötet wurden, sagt Polizeisprecher Reto Gurtner. Darum gehe die Polizei von einer «absichtlichen Gewalteinwirkung» durch Menschen aus. Laut UPD-Sprecherin Barbara Pestalozzi seien die Zwergkaninchen auf «tierquälerische Art» umgebracht worden – Details wollte sie keine nennen.

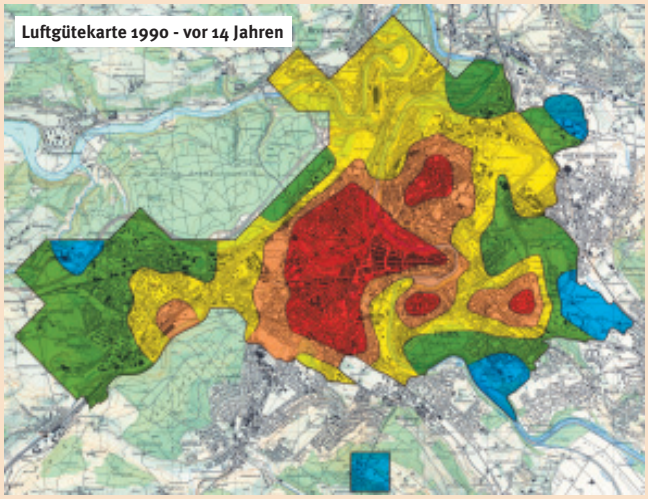
Möglicherweise waren die Tiere des kleinen Parks letzten Montag erneut in Gefahr. Laut Mitteilung beobachtete ein UPD-Mitarbeiter gegen 21 Uhr drei Unbekannte, von denen sich einer an einem Gehege zu schaffen machte. Als er die Männer ansprach, suchten sie Richtung Schermenwald das Weite. Die Polizei nimmt Hinweise aus der Bevölkerung unter der Telefonnummer 031 321 21 21 entgegen.

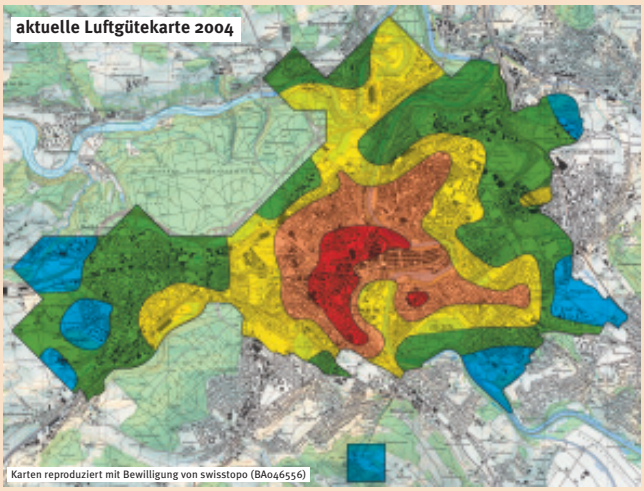
Laut Pestalozzi werden im Tierpark, in dem sich auch Ziegen, Hühner, Enten und Meerschweinchen tummeln, die Sicherheitsvorkehrungen nun verstärkt. (may)

Bessere Luftqualität in der Stadt Bern

Flechtenvielfalt als Mass zur Bestimmung der Gesamtbelastung der Luft

**Flechten, eine Lebensgemeinschaft von Pilzen und Algen, reagieren äusserst empfindlich auf Luftschadstoffe.
Mit Hilfe von Baumflechten wurde in der Stadt Bern im Jahre 1990 die Luftqualität erstmals umfassend untersucht.
Mit der Erfolgskontrolle 2004 wurde nun die Veränderung der Luftqualität Berns in den vergangenen 14 Jahren analysiert.
Das erfreuliche Ergebnis - die strengen Luftreinhaltemassnahmen haben in den meisten Teilen der Stadt zu einer sichtbaren Belastungsverminderung geführt. Aber noch ist die Stadtluft nicht in allen Quartieren sauber genug ...**





Bern heute - bessere Luftqualität

KRITISCHE GESAMTBELASTUNG DER LUFT

Die Belastung der Luft mit einer Vielzahl von Schadstoffen ist so hoch (deutliche Grenzwertüberschreitung für NO2), dass empfindliche Flechten absterben, weshalb man auch von „Flechtenwüsten“ spricht. In der Stadt Bern findet sich heute diese stärkste Belastungssituation nur noch in den zentrumsnahen Gebieten und inselförmig im verkehrsbelasteten Kirchenfeldquartier. Gegenüber 1990 hat sich das Gebiet der „Flechtenwüste“ um erfreuliche 67% verkleinert.

STARKE GESAMTBELASTUNG DER LUFT

Auch in der orangen Zone mit starker Gesamtbelastung (NO2 Grenzwert vielerorts überschritten) kann die starke Schädigung der Flechten von blossem Auge beobachtet werden. Diese Zone hat sich seit 1990 nur geringfügig verkleinert. Sie umgibt den Berner Stadtkern mit den angrenzenden Wohngebieten entlang wichtiger Hauptverkehrsachsen, wie der Nordring-, Neubrück-, Kirchenfeld-, Thun- und Seftigenstrasse.

MITTLERE GESAMTBELASTUNG DER LUFT

Um 14% hat sich die gelbe Zone mit mittlerer Gesamtbelastung gegenüber 1990 verkleinert. Heute umschliesst sie die Kerngebiete von Bern (NO2 meist im Grenzwertbereich).

GERINGE GESAMTBELASTUNG DER LUFT

Gegenüber 1990 hat diese Luftgütezone mit geringer Gesamtbelastung um ganze 36% zugenommen und hat sich von Westen und Osten her dem Stadtzentrum deutlich genähert.

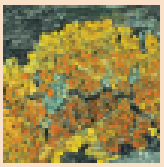
SEHR GERINGE GESAMTBELASTUNG DER LUFT

Um erfreuliche 58% hat sich die lufthygienische Gunstzone mit sehr geringer Gesamtbelastung seit 1990 vergrössert. Früher trat die blaue Zone ausschliesslich am Stadtrand, wie Waldau, Saali, Elfenau, Gäbelbach und auf dem Gurten auf. Heute findet sie sich bereits im Stapfenacker von Bümpliz. Ein doch ermutigendes Ergebnis ...

Zur Verbesserung der Berner Luft haben massgeblich beigetragen ...

Eine Vielzahl von Luftreinhaltemassnahmen, wie Heizölentschwefelung, Feuerungskontrolle, LowNox Feuerungen und die Substitution von Öl- auf abgasärmere Gasfeuerungen, bleifreies Benzin, Katalysatortechnik und Verkehrsberuhigung sowie die für Bern wichtige KVA-Sanierung haben zu einer markanten Abnahme der Luftbelastung geführt. Insgesamt fällt die Bilanz der lufthygienischen Erfolgskontrolle für Bern klar positiv aus, weisen doch 91% aller Untersuchungsgebiete eine verbesserte Luftqualität auf. Bei allem Erreichten sollten die Erfolge dennoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass nur schon zur Bewahrung der momentanen Luftqualität und erst recht zur wünschbaren weiteren Verbesserung der Situation, auch künftig ein klarer Handlungsbedarf besteht.

Mit Flechten Luftbelastung sichtbar machen



Flechten ermöglichen eine grossflächige Momentaufnahme über die komplexe Gesamtwirkung verschiedenster Luftschadstoffe. Die mit technisch gemessenen Luftschadstoffen „geeichte“ Bioindikationsmethode unterscheidet fünf Luftgütezonen und ermöglicht gesicherte Rückschlüsse auf die Gesamtbelastung der Luft. Dabei spielen Stick- und Schwefeldioxid, Ozon sowie Feinstaub, Schwermetalle und organische Schadstoffen die entscheidende Rolle.

Veränderung der Luftqualität in der Stadt Bern

Flechten verschwinden bei zu starker Luftbelastung, kommen aber bei sinkender Schadstoffbelastung ebenso rasch wieder zurück. Nachdem in Biel und mehreren Kantonen nachgewiesen wurde, dass sich die Luftqualität dank der strengen Luftreinhaltepolitik deutlich verbessert hat, zeigt die Erfolgskontrolle von 2004 auch für die Stadt Bern ermutigende Befunde. Im Direktvergleich der beiden Luftgütekarten von 1990 und 2004 kann die Veränderung der Luftqualität in den verschiedenen Quartieren der Stadt Bern beurteilt werden.

Mit Hilfe eines Zählgitters und der Artenvielfalt wird die Luftgüte erhoben. Am Stadtrand von Bern und auf dem Gurten können besonders viele Flechtenarten nachgewiesen werden.
Dies bedeutet beste Luftqualität mit sehr geringer Gesamtbelastung der Luft.

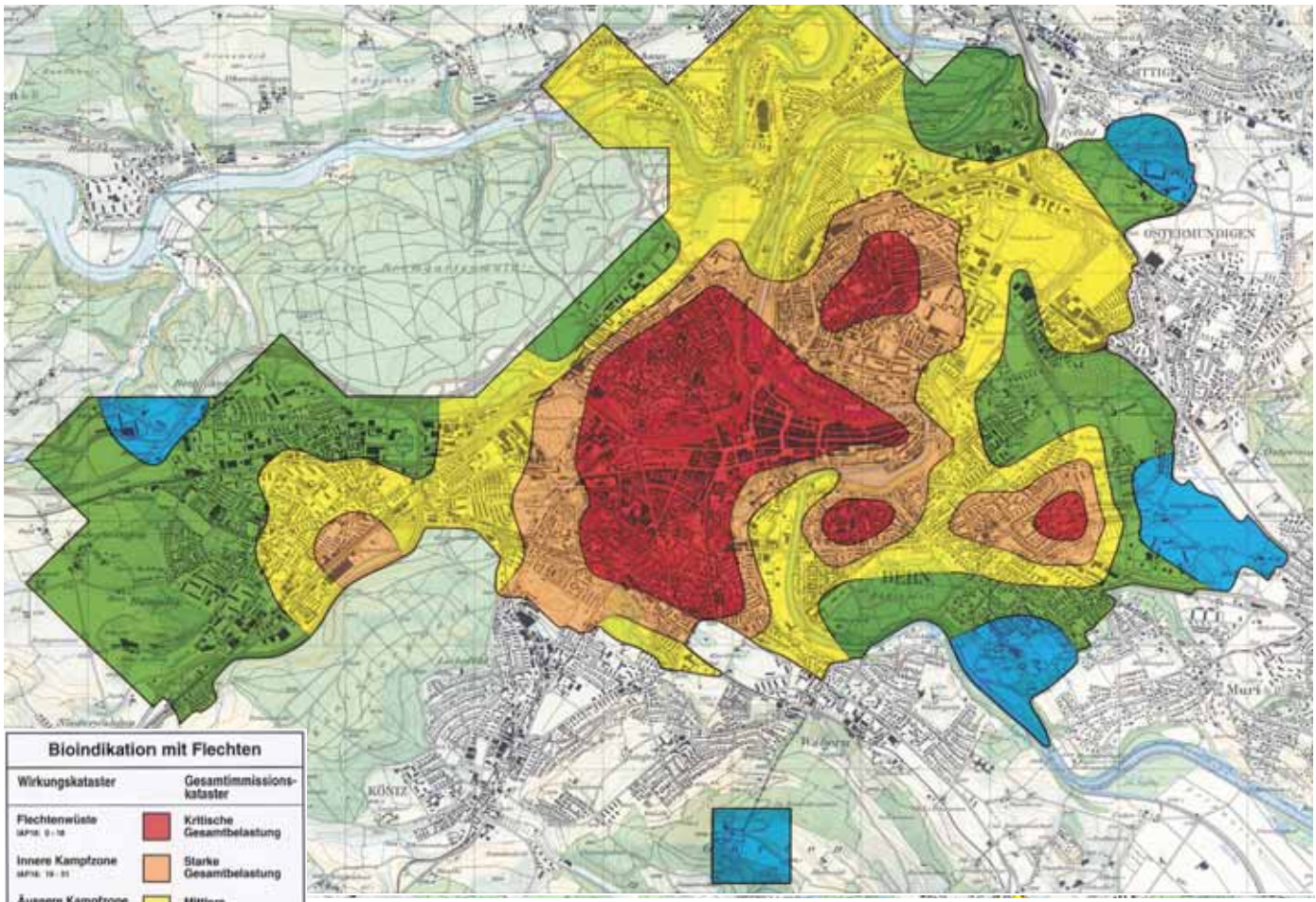
... und so wird's gemacht

In der Berner Innenstadt entlang stark frequentierter Hauptstrassen, wie an der Laupenstrasse sind gar keine oder nur noch kleinste Reste schadstoffresistenter und stark geschädigter Flechten auffindbar.
Dies ist der Zustand der „Flechtenwüste“ mit einer kritischen Gesamtbelastung der Luft.

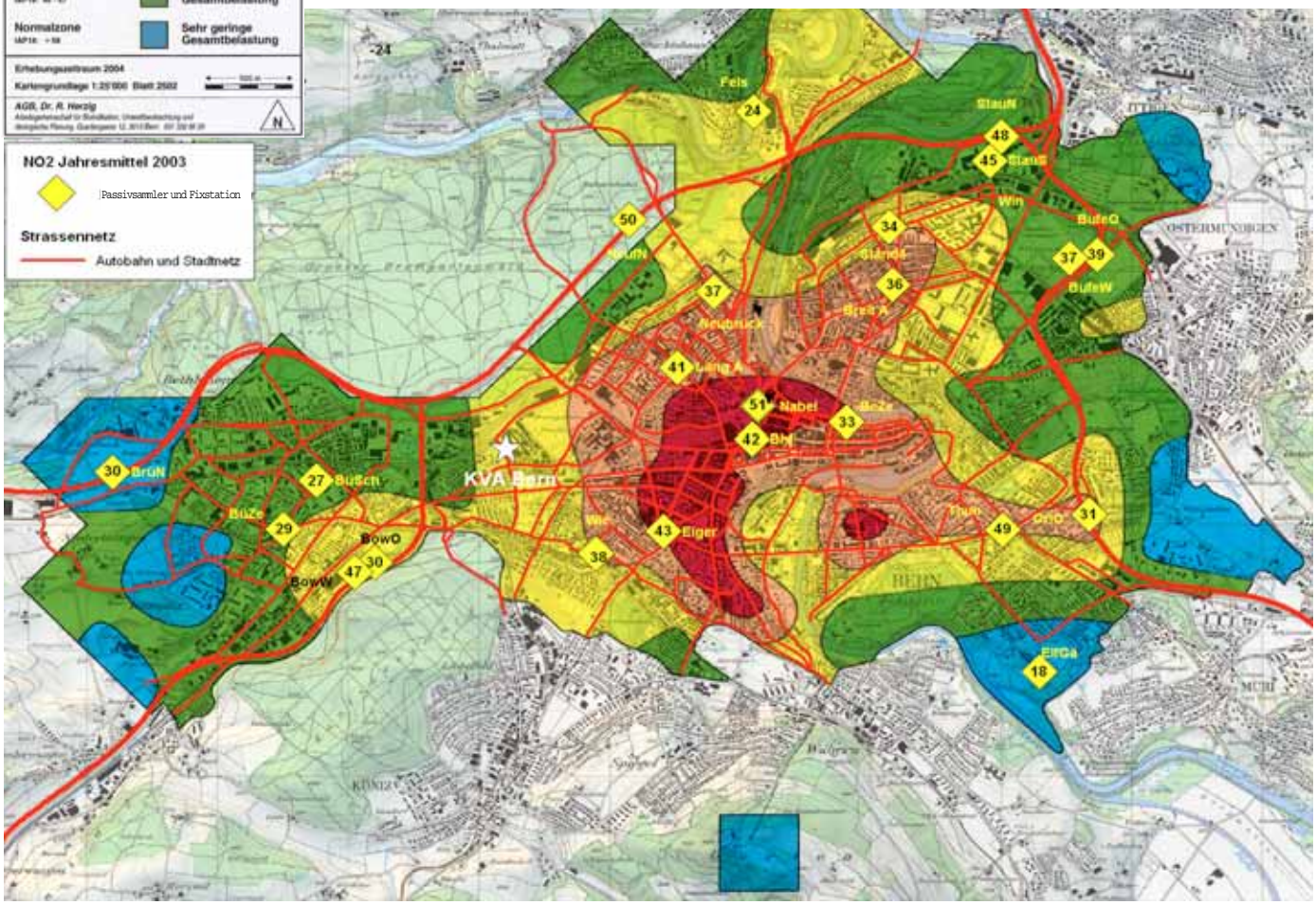
Projektausführung
Dr. Rolf Herzig und Christof Bieri AGB Bern ; Gestaltung Werner Graf, Zürich

Projektträgerschaft
Stadt Bern
Amt für Umweltschutz
und Lebensmittelkontrolle
beco
Berner Wirtschaft
Economie bernoise
Gemeinde
Bremgarten

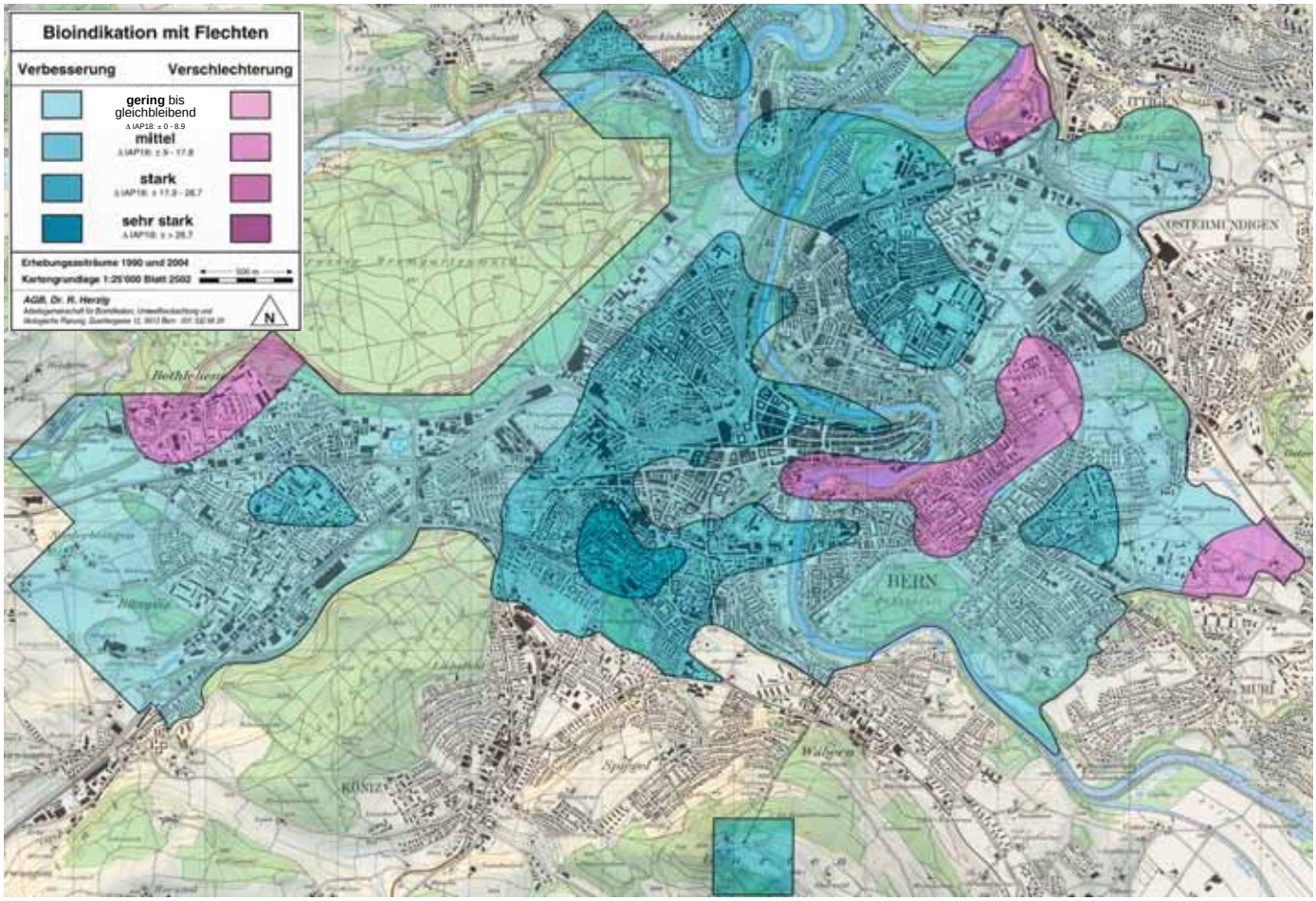
Früher - Luftgütekarte der Stadt Bern - Erstuntersuchung von 1990



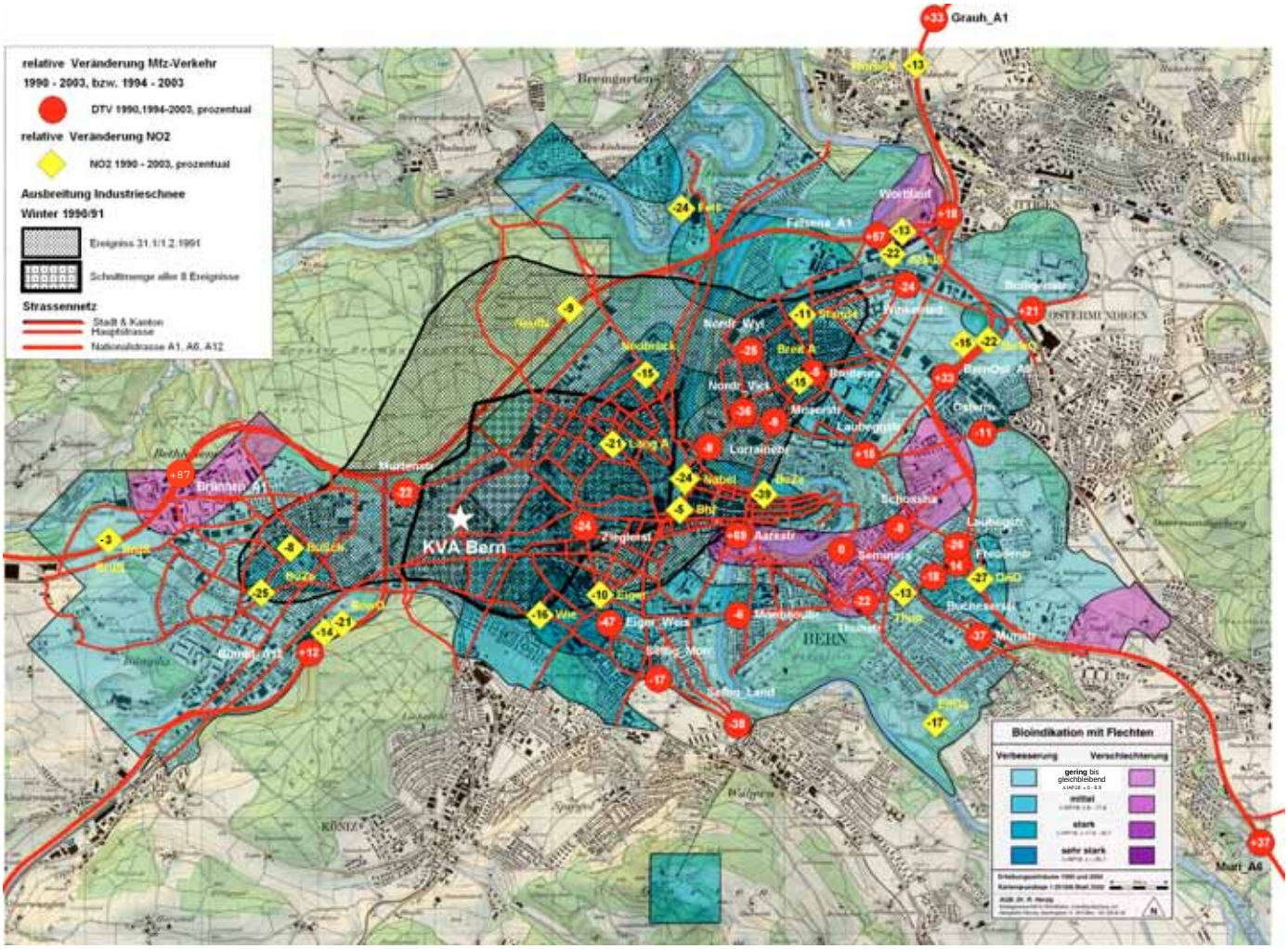
Heute - Luftgütekarte nach 14 Jahren - Erfolgskontrolle 2004



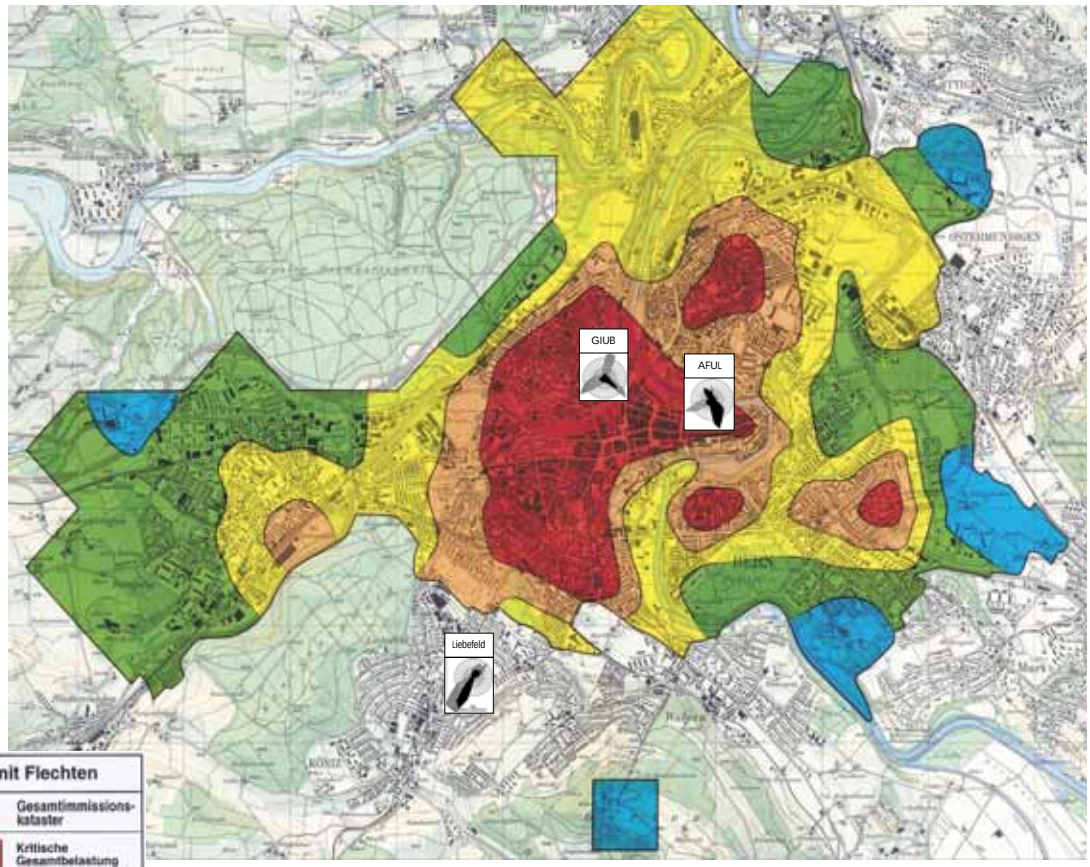
Veränderung der Luftqualität in der Stadt Bern in den letzten 14 Jahren



Ursachen der Luftqualitätsveränderungen in der Stadt Bern

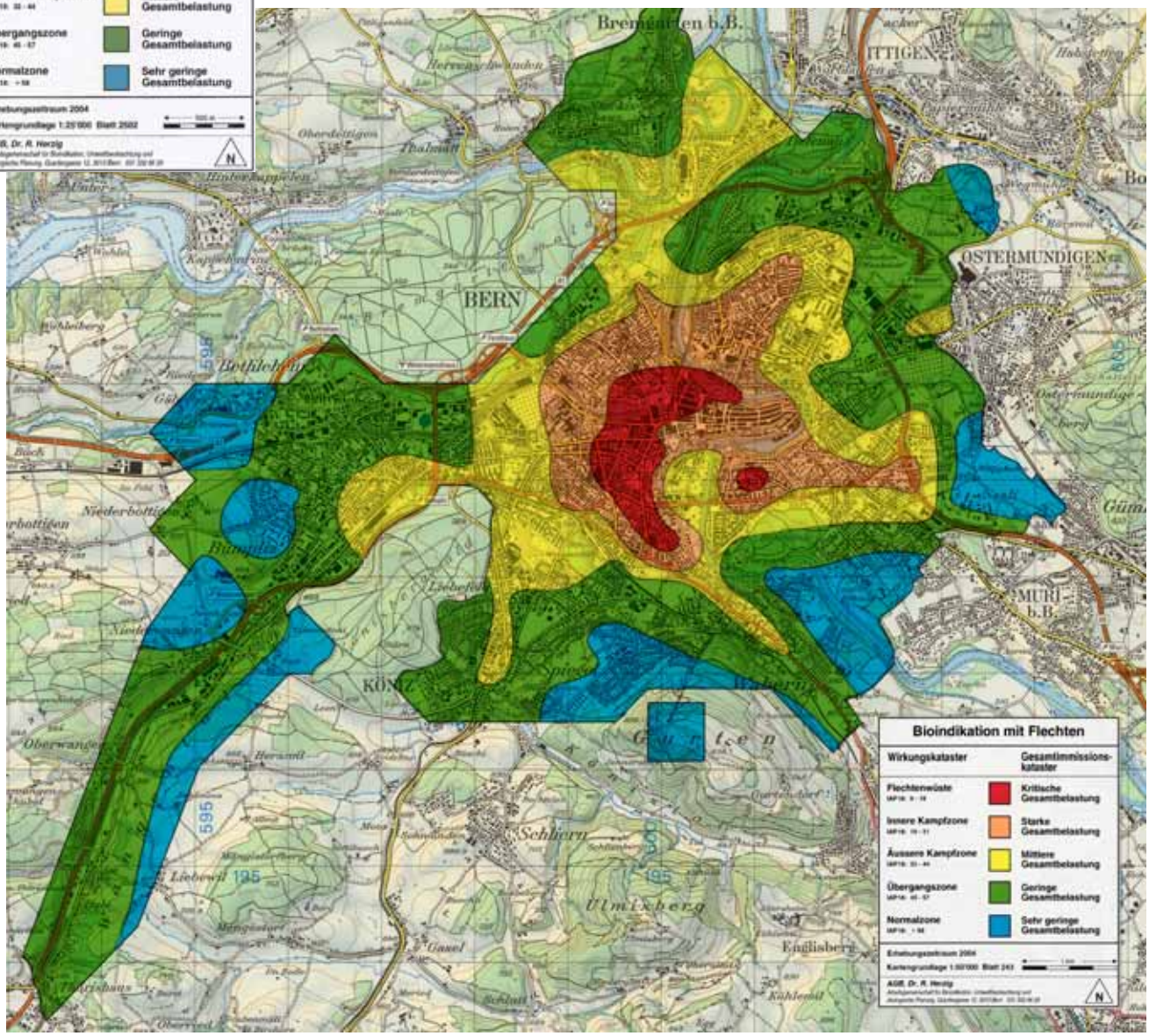


Früher - Luftgütekarte der Stadt Bern - Erstuntersuchung von 1990



Bioindikation mit Flechten

Wirkungskataster	Gesamtimmissionskataster
Flechtenwüste	Kritische Gesamtbelastung
Innere Kampfzone	Starke Gesamtbelastung
Äussere Kampfzone	Mittlere Gesamtbelastung
Übergangszone	Geringe Gesamtbelastung
Normalzone	Sehr geringe Gesamtbelastung

Erhebungszeitraum 2004
Kartengrundlage 1:25'000 Blatt 2502
AGB, Dr. R. Herzig

Heute - Luftgütekarte nach 14 Jahren - Erfolgskontrolle 2004