

4.4 Untersuchungsgebiet Kassel

4.4.1 Beschreibung des Untersuchungsgebiets

4.4.1.1 Festsetzung und Abgrenzung des Untersuchungsgebiets

Grundlage für die Festsetzung der Untersuchungsgebiete bildete eine Ausarbeitung des HLUG, in der dieses anhand der damals vorliegenden Immissions-Grundpegelmessprogramme das Vorliegen der vom Länderausschuss für Immissionsschutz aufgestellten Kriterien überprüft hatte. Entscheidend für die Ausweisung des Untersuchungsgebiets Kassel waren die Ergebnisse eines flächenbezogenen SO_2 -Messprogramms und der Staubniederschlagsmessungen, die bereichsweise deutliche Überschreitungen der Immissionswerte aufwiesen.

Zu berücksichtigen war auch, dass durch die Kessellage von Kassel bei austauscharmen Wetterlagen das Auftreten anhaltend hoher Schadstoffanreicherungen nicht auszuschließen war. In der Polizeiverordnung zur Verhinderung schädlicher Umwelteinwirkungen bei austauscharmen Wetterlagen (Smog-Verordnung) vom 15. Oktober 1976 wurde deshalb Kassel auch als Smoggebiet ausgewiesen. Diese Verordnung konnte 1998 infolge der eingetretenen Verbesserung der lufthygienischen Verhältnisse aufgehoben werden.

Die Angaben in Kapitel 4.4.1 sind im Luftreinhalteplan Kassel [43] enthalten. In der Hessischen Verordnung über die Untersuchungsgebiete nach § 44 des BImSchG wurde das Untersuchungsgebiet Kassel wie folgt abgegrenzt:

1. Kassel
2. Vellmar mit Ausnahme der Stadtteile Frommershausen und Obervellmar
3. Fuldata mit Ausnahme der Ortsteile Knickhagen, Rothwesten, Simmershausen, Wahnhausen und Wilhelmshausen
4. Niestetal mit Ausnahme des Ortsteils Heiligenrode
5. Lohfelden
6. Fuldabrück mit Ausnahme der Ortsteile Dennhausen, Dittershausen und Dörnhagen
7. Baunatal mit Ausnahme der Stadtteile Großentritte, Guntershausen, Hertingshausen und Kirchbauna.

Das Untersuchungsgebiet Kassel überdeckt eine Fläche von ca. 152 km² und ist damit nach Untermain das zweitgrößte der vier in Hessen ausgewiesenen Untersuchungsgebiete.

4.4.1.2 Topographische und naturräumliche Gliederung

Das Kasseler Becken wird aus naturräumlicher Sicht der Westhessischen Senke zugeordnet, einer von Süden nach Norden verlaufenden Folge von Senken und flachen Schwellen. Die Fritzlarer Börde und die Gudensberger Kuppenschwelle im Süden sowie die Hofgeismarer Rötensenke im Norden schließen im Verlauf der Westhessischen Senke an das Kasseler Becken an. Das Kasseler Becken selbst ist ein weites, im Innern hügelig zerschnittenes Becken in einem Höhenbereich von 140–300 m über NN zwischen dem Steilabfall des Habichtswalds im Westen und der sanfteren Abdachung von Kaufunger Wald und Söhre im Osten. Im Norden endet das Kasseler Becken ohne ausgeprägte Grenzen an der Basaltkuppe des Staufenbergs und den Ausläufern des Reinhardswalds, während es im Süden durch die Gudensberger Kuppenschwelle abgegrenzt wird, die zwischen den südlichen Ausläufern des Habichtswalds im Westen und Söhre im Osten verläuft.

Die Fulda durchfließt das Kasseler Becken von Süden nach Norden. Die Fuldaauen bilden mit einer Höhe von 135–140 m über NN den Grund des Beckens. Der Durchbruch der Fulda durch die Randhöhen des Kasseler Beckens ist für die Belüftung nur von beschränkter Bedeutung, da diese Täler eng und gewunden sind.

Das Untersuchungsgebiet Kassel umfasst das gesamte Kasseler Becken bis zu seinen Randhöhen. Die Lage von Kassel in diesem Becken und die daraus resultierende Häufigkeit niedriger Windgeschwindigkeiten und ungünstiger Austauschbedingungen hat zur Folge, dass Fragen des Luftaustauschs und die klimatologischen Verhältnisse für die lufthygienische Situation in Kassel von grundsätzlicher Bedeutung sind.

4.4.1.3 Klima

Das Gebiet in und um Kassel gehört zur warmgemäßigten Klimazone. Die Kessellage sowie der Großstadtcharakter bilden ein typisches Lokalklima aus, das – je nach Wetterlage – mehr oder weniger stark zur Geltung kommt. Die bioklimatische Karte des Deutschen Wetterdiensts [38] weist Kassel und

Umgebung als „lufthygienisches Problemgebiet“ aus.

4.4.1.4 Flächennutzung und Wirtschaftsstruktur

Die Innenstadt von Kassel einschließlich des Gebiets um die Wilhelmshöher Allee im Bereich östlich der Bundesbahn weist im Untersuchungsgebiet die höchsten Wohndichten auf. Wohngebiete mit geringerer Wohndichte schließen sich nach allen Seiten von der Innenstadt aus an. Gewerbe- und Industriegebiete befinden sich vorwiegend im Bereich der Kasseler Ortsteile Rothenditmold und Bettenhausen sowie in Baunatal und Lohfelden. Kassel als Sitz des Regierungspräsidenten ist das Verwaltungszentrum für Nordhessen.

Im Bereich des verarbeitenden Gewerbes dominiert der Straßenfahrzeugbau, wobei hier nicht nur die große Autofabrik in Baunatal, sondern auch Zulieferbetriebe zu berücksichtigen sind. Die chemische Industrie ist im Untersuchungsgebiet Kassel vergleichsweise unterrepräsentiert.

4.4.1.5 Wirkungsmessstellen

Die Festlegung der Messpunkte erfolgte unter

Berücksichtigung der Siedlungsstruktur – insbesondere der Lage der Industriegebiete – und des Windfelds. Die Standorte der Wirkungsmessstellen im Untersuchungsgebiet Kassel sind in Tabelle 16 und Abbildung 30 aufgeführt. Die Weidelgrasuntersuchungen fanden an insgesamt 15 Messstellen statt. Außerdem wurden an zwei Messpunkten im Untersuchungsgebiet Immissionsraten-Bestimmungen vorgenommen.

Nach der Windrichtungsverteilung im Kasseler Becken werden die Messstellen Rothenditmold (2), Warteberg (3), Vellmar (7), KGRZ (12), Kunigundiskirche (13) und Schenkelberg (14) mehr oder weniger durch Immissionen industrieller Herkunft beaufschlagt. Die Immissionsituation im Innenstadtbereich wird durch die Expositionseinrichtung an den Punkten 8 (Weinberg, Landesmuseum), 9 (Altmarkt, Polizeidienstgebäude) und 15 (Hessische Brandversicherung) erfasst, während von den in den Randgebieten gelegenen Stationen die Messorte 1 (Harleshausen, HLVA), 6 (Wilhelmsschule) und 11 (DWD Wetterwarte Kassel) bei östlichen und die Standorte 4 (Hildebrandstraße), 5 (Hasenhecke) und 10 (Sandershausen) bei west- bis südwestlichen Windrichtungen durch Mischimmissionen aus den Kernstadt- und Industriegebieten beeinflusst werden.

Tab. 16: Standorte der Wirkungsmessstellen im Untersuchungsgebiet Kassel

Kennung	Standort	Rechtswert	Hochwert	Messeinrichtung
KS-1	Harleshausen (HLVA)	3531500	5688910	Weidelgras
KS-2	Rothenditmold (Parkplatz Daimler-Benz)	3533300	5688450	Weidelgras/IRMA
KS-3	Warteberg	3534330	5690000	Weidelgras
KS-4	Hildebrandstraße (Schule)	3536300	5689250	Weidelgras
KS-5	Hasenhecke	3538000	5689800	Weidelgras
KS-6	Wilhelmsschule	3530830	5686280	Weidelgras
KS-7	Vellmar (Kirche)	3533470	5691000	Weidelgras
KS-8	Weinberg (Landesmuseum)	3534250	5686330	Weidelgras
KS-9	Altmarkt (Polizeidienstgebäude)	3535400	5686970	Weidelgras/IRMA
KS-10	Sandershausen	3539950	5687850	Weidelgras
KS-11	DWD Wetterwarte Kassel	3530900	5684690	Weidelgras
KS-12	KGRZ	3533350	5684060	Weidelgras
KS-13	Kunigundiskirche	3536640	5685920	Weidelgras
KS-14	Schenkelberg (Schule)	3531340	5681690	Weidelgras
KS-15	Hess. Brandversicherung (Hauptbahnhof)	3534050	5687040	Weidelgras
HE-1	Bad Schwalbach-Hettenhain (Vergleichsstation)	34 34 425	55 55 425	Weidelgras/IRMA

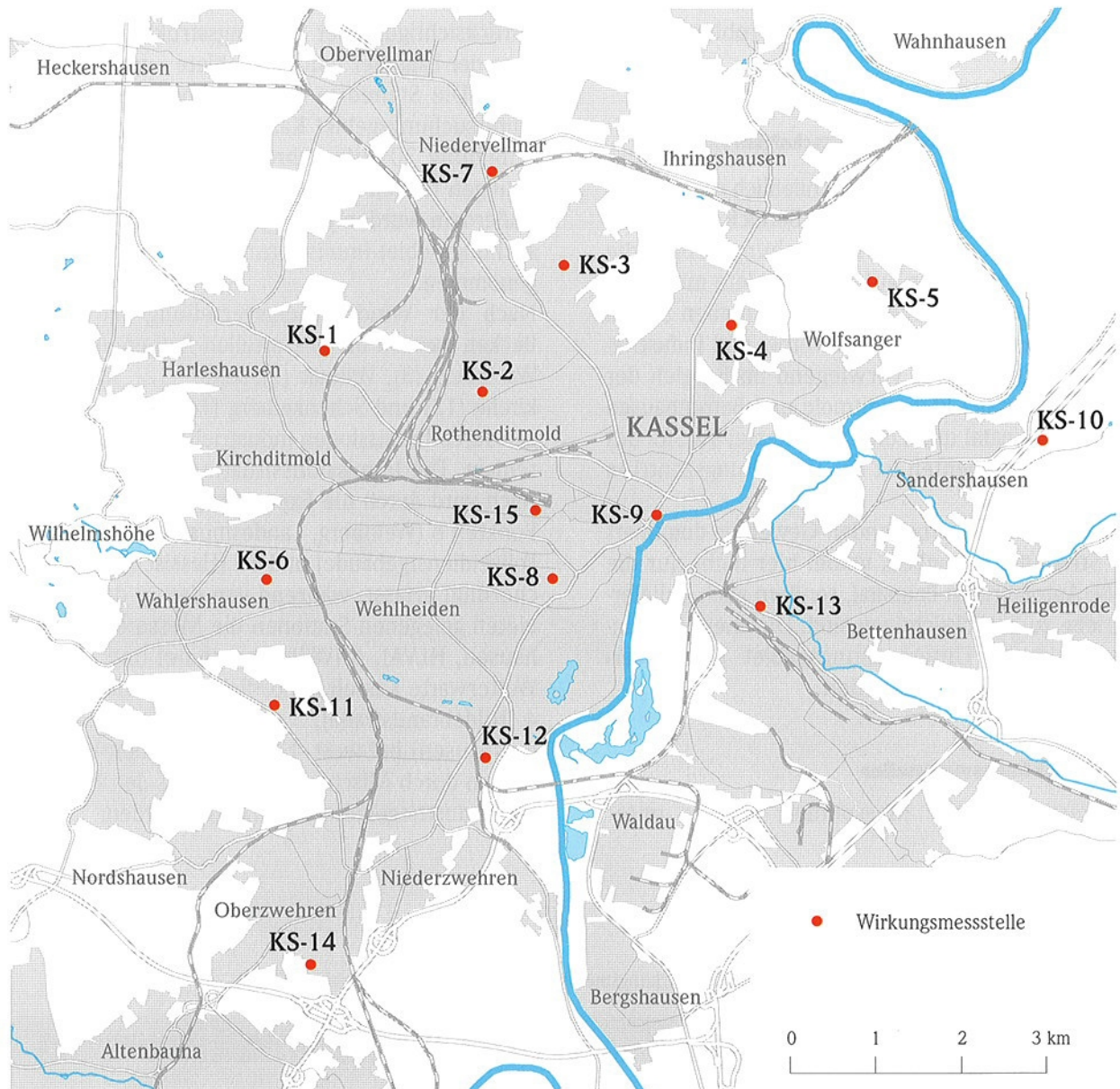


Abb. 30: Standorte der Wirkungsmessstellen im Untersuchungsgebiet Kassel

4.4.2 Ergebnisse der Wirkungsuntersuchungen

4.4.2.1 Untersuchungen mit der standardisierten Graskultur

Fluor

Die Ergebnisse der Fluorbestimmungen für die Jahre 1979 bis 1992 sind in Abbildung 31 als Mittelwerte über die Vegetationsperioden dargestellt. Die Jahresmittelwerte der Fluorgehalte im Weidelgras reichen (von einer Ausnahme abgesehen) von 3 bis

27 $\mu\text{g F/g TS}$ und liegen damit zu einem Teil über der Nachweisgrenze für immissionsbedingte Anreicherung.

Nach den Beurteilungskriterien für Fluor in Nahrungs- und Futterpflanzen [32] sind die Vegetationsmittelwerte am Anfang der Messreihe noch teilweise als leicht erhöht, aber ab 1982 als normal für Ballungsgebiete einzustufen. Der VDI-Richtwert für den Schadstoffgehalt in Viehfutter [34] von 30 $\mu\text{g F/g TS}$ wird in der Regel unterschritten; die einzige Ausnahme ist die 1980 an der Station KS-7 gemessene

Wirkungserhebungen in hessischen Untersuchungsgebieten

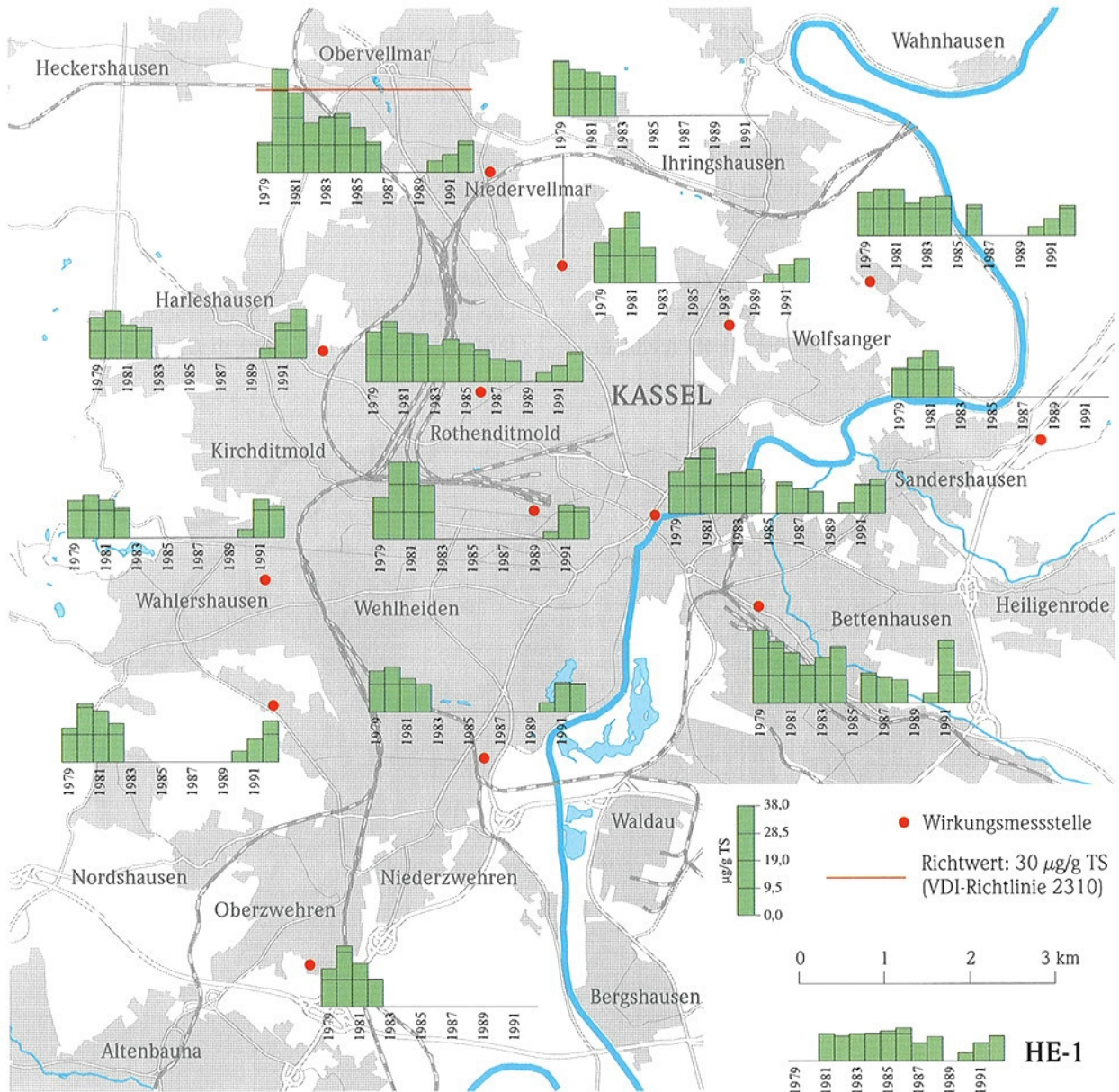


Abb. 31: Bioindikationsuntersuchungen an standardisierten Weidelgraskulturen, Wirkdosis von Fluor (Mittelwerte in $\mu\text{g/g TS}$)

Wirkdosis. Zusammenfassend kann die Immissionswirkungssituation bei Fluor für das Untersuchungsgebiet Kassel als unbedenklich eingestuft werden.

Blei

Die Ergebnisse der Bleibestimmungen für die Jahre 1979 bis 1992 sind in der Abbildung 32 als Mittelwerte über die Vegetationsperioden dargestellt. Die zeitliche Entwicklung der Bleigehalte in den Weidel-

grasproben zeigt eine deutliche Abnahme der Belastung; dies ist vor allem auf die Umstellung auf bleifreies Benzin zurückzuführen.

Die in unmittelbarer Nähe einer Akkumulatoren-Fabrik gelegene Station KS-13 stellte in der ersten Hälfte des Untersuchungszeitraums einen Belastungsschwerpunkt dar, an dem Bleiwerte im Weidelgras von 27–117 $\mu\text{g/g TS}$ gemessen wurden. Die Produktion der Akkumulatorenfabrik wurde inzwischen eingestellt. Ab 1986 fallen die Bleigehalte dieser Station ähnlich wie im übrigen Untersuchungsgebiet

aus. Ansonsten liegen die Vegetationsmittel der Weidelgrasanalysen bis Mitte der 80er Jahre bei 6–18 $\mu\text{g Pb/g TS}$ und anschließend bei 1–5 $\mu\text{g Pb/g TS}$, wobei die letztgenannten Werte genau den an der Vergleichsstation HE-1 erhaltenen entsprechen. Unter Berücksichtigung der Kriterien für Schadstoffgehalte in Nahrungs- und Futterpflanzen [32] ist die bis 1985 an der Station KS-13 herrschende Bleibelastung als sehr stark erhöht einzustufen. An den übrigen Stationen bewegen sich die Bleigehalte ab etwa 1981 in einem Bereich, der nach [32] als leicht er-

höht bezeichnet wird. Mit Ausnahme der Ergebnisse, die bis 1985 an der Station KS-13 ermittelt wurden, wird der VDI-Richtwert von 25 $\mu\text{g Pb/g TS}$ eingehalten. Demnach lässt sich seitdem die Belastung durch Blei und Bleiverbindungen im Untersuchungsgebiet Kassel als unkritisch bewerten.

Cadmium

Die Ergebnisse der Cadmiumbestimmungen für die Jahre 1979 bis 1992 sind in der Abbildung 33 als

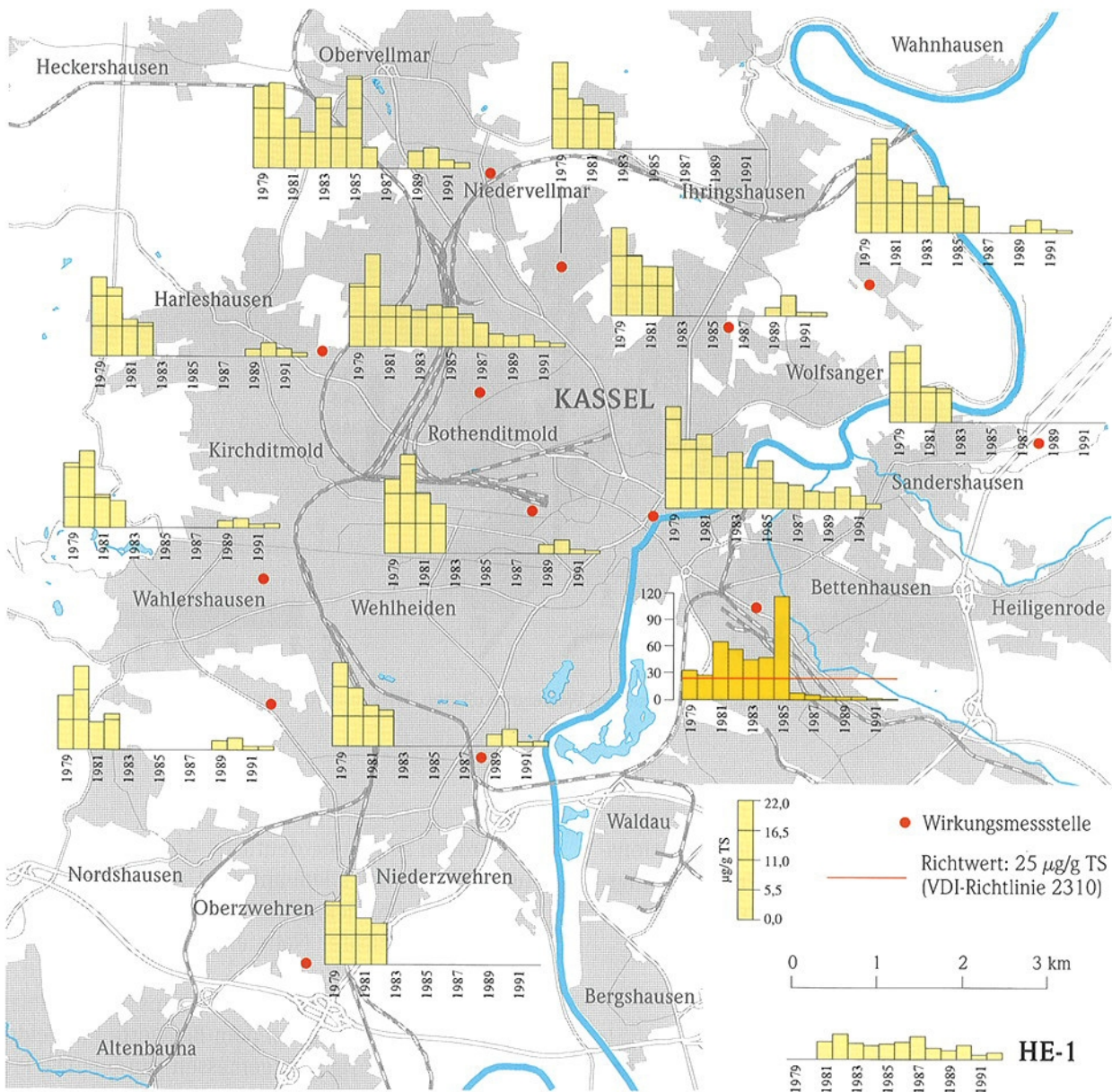


Abb. 32: Bioindikationsuntersuchungen an standardisierten Weidelgraskulturen, Wirkdosis von Blei (Mittelwerte in $\mu\text{g/g TS}$)

Mittelwerte über die Vegetationsperioden dargestellt. Gegen Ende des Untersuchungszeitraums ist eine kontinuierliche Abnahme der Wirkdosen in den Weidelgrasexponaten festzustellen. Das Spektrum der Vegetationsmittelwerte umfasst üblicherweise einen Bereich von 0,1–0,7 $\mu\text{g Cd/g TS}$ und bewegt sich in der gleichen Größenordnung wie die Wirkungsnachweisgrenze und die Messwerte an der emittentennah gelegenen Vergleichsstation HE-1. Der Großteil der analysierten Wirkdosen fällt in ei-

nen Wertebereich, der nach [32] als normal für Ballungsgebiete bezeichnet wird. Die in den Weidelgraskulturen gemessenen Cadmiumgehalte befinden sich in den meisten Fällen unterhalb des VDI-Richtwerts von 0,6 $\mu\text{g/g TS}$. Allerdings treten 1984/85 auch einige darüber liegende Werte auf, die jedoch nicht überbewertet werden sollten, denn auch sie überschreiten die Nachweisgrenze immissionsbedingter Anreicherung nicht. Daher kann man in Kassel von einer relativ unbedenklichen Belastungssituation bezüglich Cadmium ausgehen.

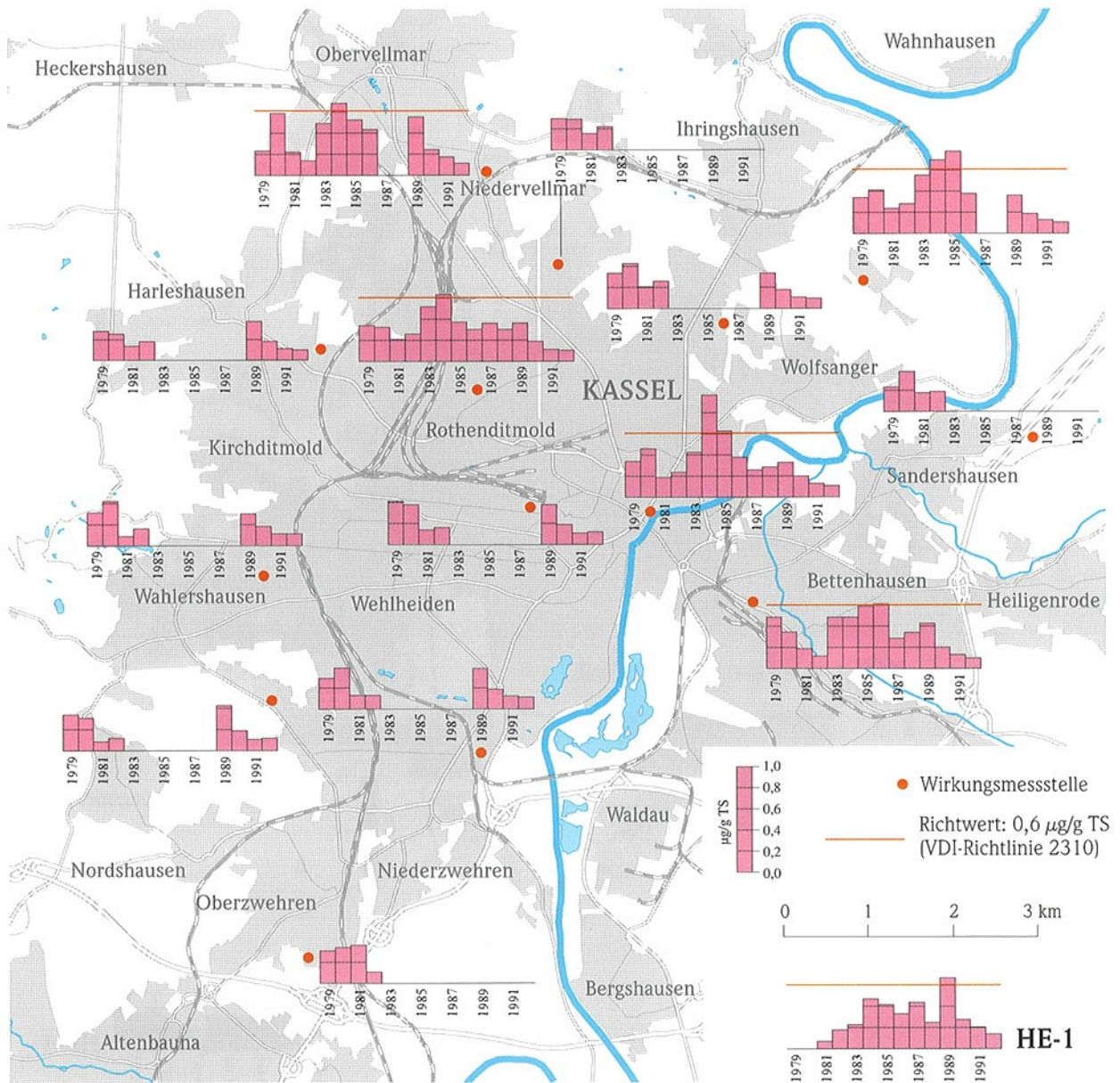


Abb. 33: Bioindikationsuntersuchungen an standardisierten Weidelgraskulturen, Wirkdosis von Cadmium (Mittelwerte in $\mu\text{g/g TS}$)

Nickel

Die Untersuchungsergebnisse für Nickel sind als Mittelwerte über die Vegetationsperioden in der Abbildung 34 dargestellt. Die mittleren Nickelgehalte in den Weidelgraskulturen liegen für die Jahre 1984 bis 1992 bei ca. 2–9 µg/g TS und damit unterhalb der Nachweisgrenze für immissionsbedingte Anreicherung sowie nahe an den Ergebnissen der Vergleichsstation HE-1.

Basierend auf den in [32] erstellten Kriterien befinden sich die Nickelwerte in einem Bereich, der als normal für Ballungsgebiete bis leicht erhöht bezeichnet wird. Die Analysenergebnisse der Weidelgrasproben unterschreiten den VDI-Richtwert von 50 µg Ni/g TS deutlich. Folglich ist eine Gefährdung des Weideviehs durch die Aufnahme kontaminierter Pflanzen auszuschließen.

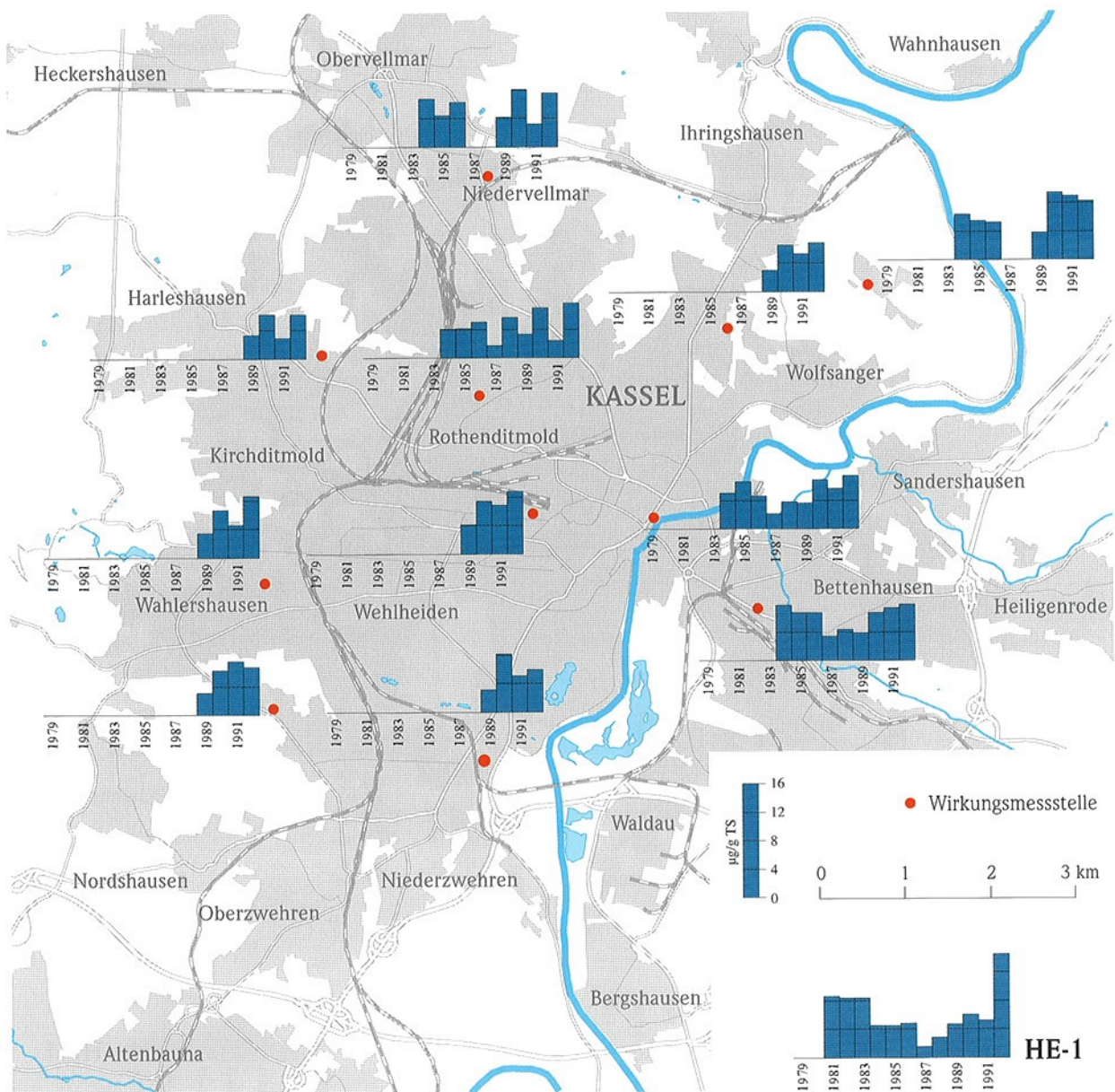


Abb. 34: Bioindikationsuntersuchungen an standardisierten Weidelgraskulturen, Wirkdosis von Nickel (Mittelwerte in µg/g TS)

Arsen

Die Untersuchungsergebnisse für Arsen sind als Mittelwerte über die Vegetationsperioden in Abbildung 35 dargestellt. In den Messjahren 1986–1990 liegt die Bandbreite der Vegetationsmittelwerte in den Weidelgraskulturen zwischen 0,1 und 0,4 $\mu\text{g As/g TS}$. Da die mittlere Wirkungsnachweisgrenze 0,7 $\mu\text{g As/g TS}$ beträgt, kann eine immissionsbedingte Anreicherung im standardisierten Weidelgras ausgeschlossen werden.

Diese Aussage wird unterstützt durch die Beurteilungskriterien für Arsen in Nahrungs- und Futterpflanzen [32], die als Normalgehalt für unbelastete Gebiete eine Bandbreite bis 1,5 $\mu\text{g/g TS}$ angeben. In der Futtermittelverordnung [40] ist für Arsen ein Höchstwert von 2 $\mu\text{g/g TS}$ festgelegt, der von den Arsenwerten im Untersuchungsgebiet erheblich unterschritten wird. Dementsprechend kann man die Arsenbelastungssituation in Kassel als unkritisch bezeichnen.

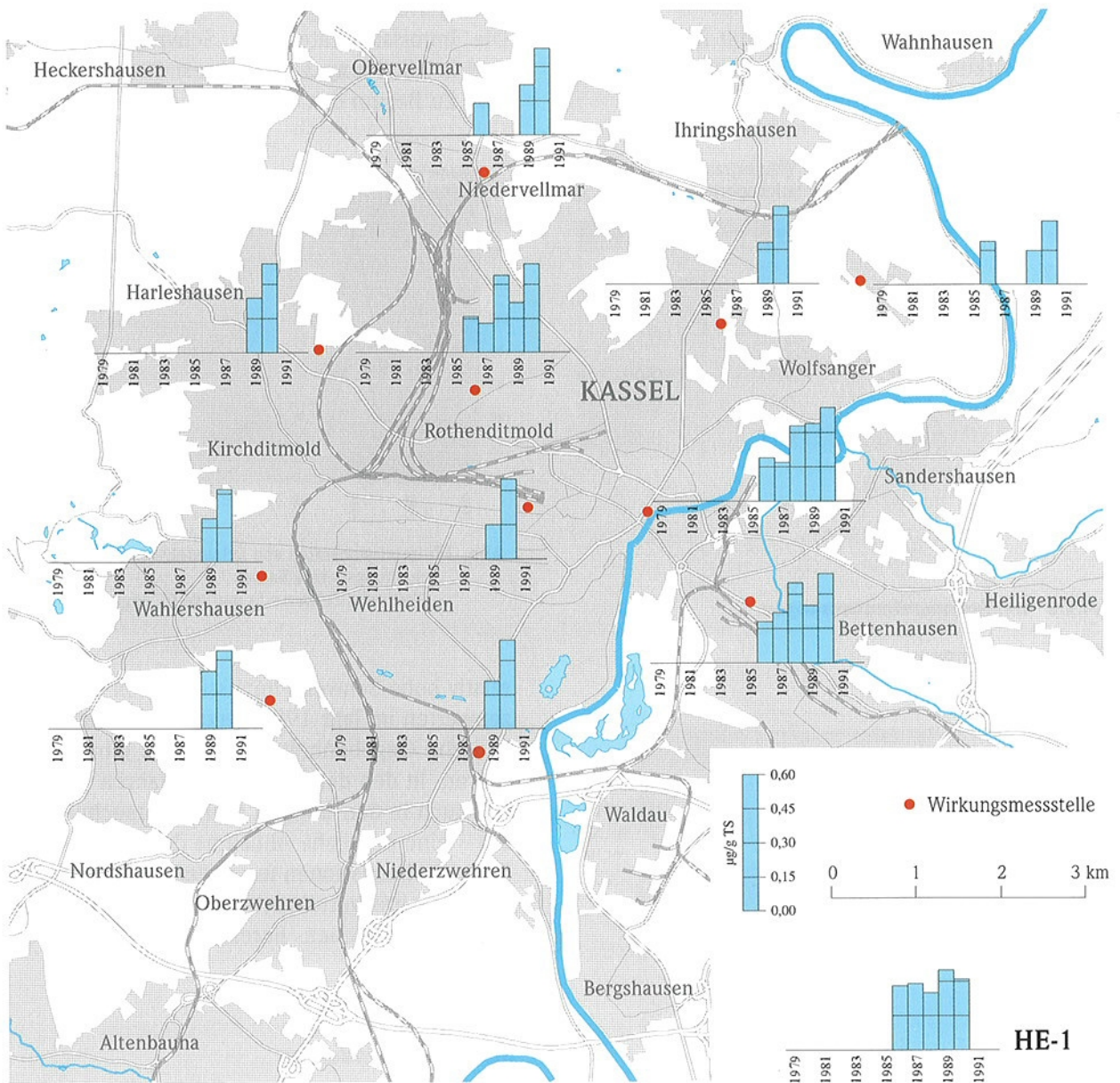


Abb. 35: Bioindikationsuntersuchungen an standardisierten Weidelgraskulturen, Wirkdosis von Arsen (Mittelwerte in $\mu\text{g/g TS}$)

Vanadium

In einer Pilotuntersuchung wurden in den Jahren 1984 bis 1986 Wirkungsuntersuchungen für das Element Vanadium an fünf Kasseler Stationen durchgeführt. Die Ergebnisse der Analysen von Weidelgraskulturen sind in Tabelle 17 aufgeführt und zeigen eine Bandbreite der Jahresmittelwerte von 0,5–1,3 µg V/g TS; dabei wird die Wirkungsnachweisgrenze nur zweimal leicht überschritten.

Unter Berücksichtigung der Beurteilung von Schadstoffen in Nahrungs- und Futtermittelpflanzen [32] sind die Vanadiumwerte als normal für unbelastete Gebiete anzusehen. Der VDI-Grenzwert von 10 µg V/g TS wird zu jeder Zeit an den Standorten der Weidelgrasexposition eingehalten. Somit kann die Immissionswirkungssituation bei Vanadium in Kassel als bedeutungslos eingestuft werden.

Tab. 17: Wirkdosis von Vanadium in Weidelgras (Mittelwerte über die Vegetationsperioden in µg/g TS)

Station	1984	1985	1986
KS-2	1,14	0,52	0,64
KS-5	0,87	0,79	0,57
KS-7	1,29	0,50	0,53
KS-9	0,64	0,61	0,50
KS-13	0,91	0,69	0,58
HE-1	0,67	0,54	0,50

4.4.2.2 Immissionsratenmessungen

Fluorverbindungen

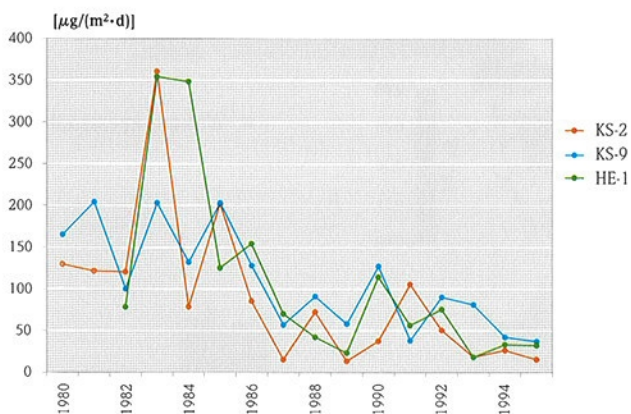


Abb. 36: Immissionsraten von Fluorverbindungen im Untersuchungsgebiet Kassel (Jahresmittelwerte in µg/(m²·d), angegeben als F⁻)

Die Jahresmittelwerte von 1980 bis 1995 sind in Abbildung 36 als Zeitreihe in µg F/(m²·d) angegeben. Im Verlauf des Untersuchungszeitraums setzt ein rückläufiger Trend für die Belastung durch Fluor-Immissionen ein.

Mit Ausnahme der Werte an der Messstelle KS-2 (Kassel-Rothenditmo) im Jahr 1983 sowie an der Vergleichsstation HE-1 1983/84 fallen die Fluorid-Immissionsraten in den Bereich, der in [31] für ländliche Gebiete mit bis zu 250 µg F/(m²·d) angegeben wird.

Schwefelverbindungen

Die Immissionsraten von Schwefelverbindungen sind in Abbildung 37 als Jahresmittelwerte angegeben. Zu Beginn des Untersuchungszeitraums treten

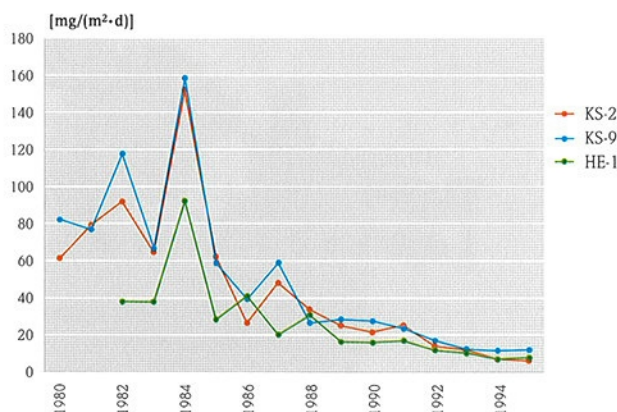


Abb. 37: Immissionsraten von Schwefelverbindungen im Untersuchungsgebiet Kassel (Jahresmittelwerte in mg/(m²·d), angegeben als SO₂)

relativ hohe Schwefel-Immissionsraten auf mit Spitzenwerten im Jahr 1984; letztere sind auf meteorologische Gegebenheiten in diesem Jahr zurückzuführen. In den darauf folgenden Jahren lässt sich – wie auch in den übrigen drei Untersuchungsgebieten – eine deutliche Abnahme der Belastung durch Schwefel-Immissionen feststellen. Ab etwa 1988 liegen die Jahresmittelwerte in dem für ländliche Gebiete angegebenen Bereich von bis zu 30 mg SO₂/(m²·d).

Stickstoffverbindungen

Die Immissionsraten von Stickstoffverbindungen sind in Abbildung 38 als Jahresmittelwerte dargestellt. Im Gegensatz zu den Fluor- und Schwefel-Im-

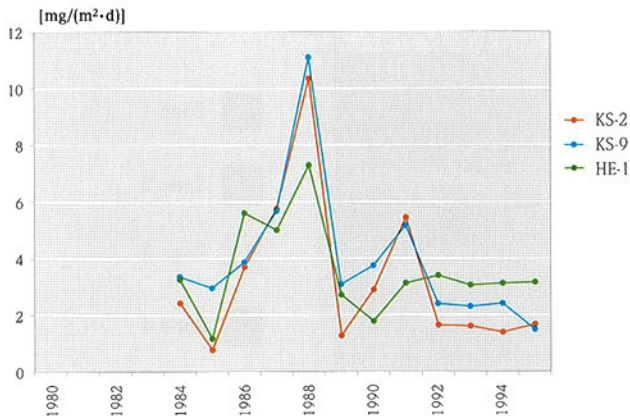


Abb. 38: Immissionsraten von Stickstoffverbindungen im Untersuchungsgebiet Kassel (Jahresmittelwerte in mg/(m²·d), angegeben als NO₂)

missionsraten beginnen die IRMA-Messungen für Stickstoff in Kassel erst im Jahr 1984.

Die Messergebnisse sind an den beiden Kasseler Stationen nahezu identisch. Die zeitliche Entwicklung der Messwerte zeigt einen unregelmäßigen Verlauf. Im gesamten Untersuchungszeitraum liegt die Belastung durch Stickstoff-Immissionen im gleichen Bereich wie an der Vergleichsstation HE-1.

4.4.2.3 Ergänzende Wirkungserhebungen

Bioindikatoreinsatz 1989

In den Monaten Mai bis August 1989 wurde im Rahmen einer Diplomarbeit an der Fachhochschule Gießen-Friedberg die Schädigung von Photooxidantien, Schwefeldioxid, Fluorverbindungen sowie der Schwermetalle Blei und Cadmium mit Hilfe verschiedener Bioindikatoren im Raum Kassel untersucht [44]. Dabei kamen die im Folgenden aufgeführten Pflanzen zum Einsatz.

- Zum Nachweis von Photooxidantien:
 - Tabak (*Nicotiana tabacum*, var. BEL W 3) als Reaktionsindikator
 - Kleine Brennnessel (*Urtica urens*, Wildform) als Reaktionsindikator
 - Buschbohne (*Phaseolus vulgaris*, var. Pinto) als Reaktionsindikator.
- Zum Nachweis von SO₂:
 - Ackerbohne (*Vicia faba*, var. Minor) als Reaktionsindikator
 - Weidelgras (*Lolium multiflorum*, ssp. *italicum*, var. *Lema*) als Akkumulationsindikator
 - Eibe (*Taxus baccata*) als Akkumulationsindikator.

- Zum Nachweis von Fluorverbindungen:
 - Gladiole (*Gladiolus communis*, var. *Snow Princess*) als Reaktionsindikator und Akkumulationsindikator
 - Weidelgras (*Lolium multiflorum*, ssp. *italicum*, var. *Lema*) als Akkumulationsindikator
 - Eibe (*Taxus baccata*) als Akkumulationsindikator.
- Zum Nachweis von Schwermetallen (Blei, Cadmium):
 - Weidelgras (*Lolium multiflorum*, ssp. *italicum*, var. *Lema*) als Akkumulationsindikator
 - Eibe (*Taxus baccata*) als Akkumulationsindikator.

Das Messnetz bestand aus 14 Stationen in der Innenstadt und den Randgebieten von Kassel (wobei im Wesentlichen bestehende Wirkungsmessstellen des HLUG einbezogen wurden) und war als flächenbezogene Erfassung der räumlichen und zeitlichen Immissionsbelastung angelegt. Als Vergleichsstandorte dienten ein Messpunkt in der ländlichen Umgebung (ca. 20 km südlich von Kassel) sowie der Ort der Pflanzenanzucht (Wißmar bei Gießen). Die Ergebnisse der Untersuchungen sind ausführlich in der 1. Fortschreibung des Luftreinhalteplans Kassel [43] dargestellt.

Nach Abschluss und Auswertung der Untersuchungen ergab sich folgendes Bild:

- Die Analysen der Akkumulationsindikatoren zeigen keine erheblichen Belastungen durch Schwefeldioxid, Fluorverbindungen sowie Blei und Cadmium.
- Die zum Nachweis von Photooxidantien eingesetzten Reaktionsindikatoren weisen teils erhebliche Schädigungen auf, wobei der räumliche Verteilungsgrad die Vermutung zulässt, dass zumindest ein Teil der Vorläufersubstanzen des photochemischen Smogs direkt aus dem Raum Kassel entstammt. Die gleichfalls starke Schädigung der Referenzexponate weist auf eine in diesem Zeitraum landesweite Belastung durch Photooxidantien hin.

Flechtenkartierung 1990

Im Jahr 1990 wurde im Auftrag des HLUG vom Geographischen Institut der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz eine Kartierung der epiphytischen Flechtenvegetation in Kassel und Umgebung nach der IAP-Methode durchgeführt (bezüglich der IAP-Werte sei auf Kapitel 4.1.2.3 verwiesen). Das Ergebnis der Untersuchung wird auszugsweise im Folgenden aus der Veröffentlichung [45] wiedergegeben.

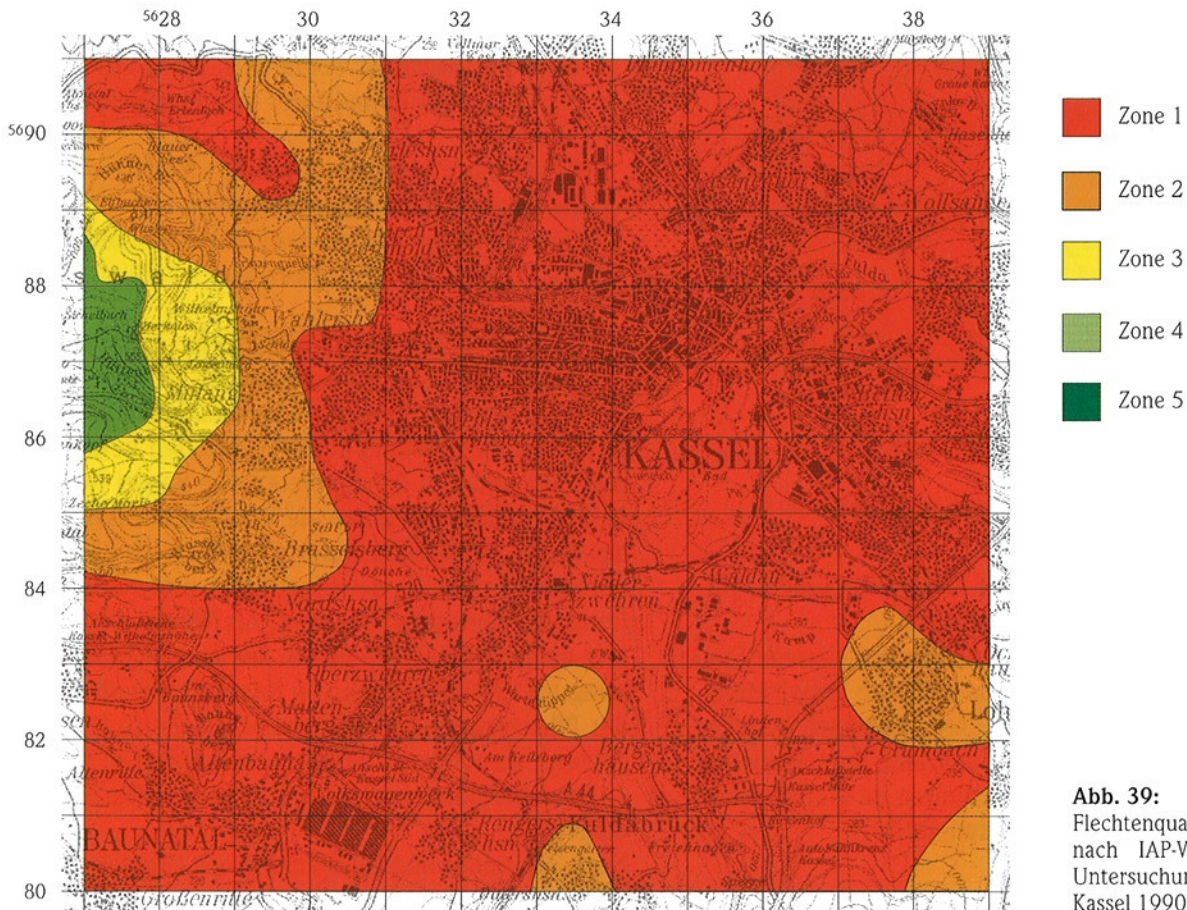


Abb. 39:
Flechtenqualitätszonen
nach IAP-Werten im
Untersuchungsgebiet
Kassel 1990

Im Bezug auf die Flechtenvegetation Kassels muss die Stadt im Vergleich zu anderen Ballungsgebieten als hoch belastet eingestuft werden (siehe Abbildung 39). Die hohe Immissionsgrundbelastung Kassels wird vor allem durch die große Ausdehnung der inneren Kampfzone (wie die Zone 1 mit einer hohen Grundbelastung durch Luftimmissionen auch oft bezeichnet wird) deutlich. Über 80 % des Untersuchungsgebiets Kassel gehören zu dieser Zone, die schlechte Lebensbedingungen für den epiphytischen Flechtenbewuchs repräsentiert.

Bei der Strukturierung des Untersuchungsgebiets Kassel hinsichtlich der Flechtenvegetation fällt nur der äußere, westliche Rand positiv auf. Der Grund für die ansonsten relativ schlechte lufthygienische Situation dürfte die Kessellage Kassels sein. Hierdurch wird ein Abfließen von belasteten Luftmassen und somit ein Luftaustausch erschwert. Im Winter führen Inversionswetterlagen und Immissionseinträge aus anderen Gebieten (Ferntransport) zu einer Erhöhung der Schadstoffbelastung der Luft.