

Ber. z. dt. Landeskunde	Bd. 70, H. 1, 1996, S. 183—201	Trier
-------------------------	--------------------------------	-------

Jürgen HERGET, Bochum

Räumliche Differenzierung der Schadstoffgehalte in Stadtböden Gelsenkirchens

Einleitung

Das Gelsenkirchener Stadtgebiet und die differenzierte stoffliche Belastung seiner Böden stellt in günstiges Beispiel für eine Industriestadt dar, da Gelsenkirchen als Prototyp hierfür gelten kann. Die Stadt hat mit ihrer Lage im Zentrum des Ballungsraums Ruhrgebiet die für viele Industriestädte typische Entwicklung vom unbedeutenden Weiler zur Großstadt mit mehreren hunderttausend Einwohnern und Sitz namhafter Wirtschaftsbetriebe durchlaufen. So finden sich heute in Gelsenkirchen die größte Raffinerie Deutschlands und der wichtigste Hersteller von Glas und Spiegeln neben zahlreichen Großzechen und Montanbetrieben. Die Entwicklung zum heutigen Bild gliedert sich in Phasen geradezu explosionshafter Ausdehnung und Stadien intensivster Verdichtung, die bis heute ihre Spuren in der Stadtstruktur zeigen und zu einer für Fremde oftmals erstaunlichen Heterogenität innerhalb der industriellen Agglomeration geführt haben. Erwartungsgemäß hinterlassen diese Entwicklungen auch in der Umwelt ihre Spuren und führen zu einem entsprechend differenzierten Bild. Das Umweltmedium Boden ist insofern ein günstiger Untersuchungsgegenstand, weil hier sowohl einmalige Einzelfälle wie langandauernde diffuse Einträge der Vergangenheit wie der Gegenwart aufgezeichnet und überliefert werden können.

Während die Bedeutung der Medien Luft und Wasser schon recht früh erkannt wurde, ist der Boden erst mit dem Aufkommen der Altlastenproblematik ins Blickfeld gerückt und gewinnt in jüngster Zeit zunehmend an Bedeutung. Im wissenschaftlichen und administrativen Bereich ist der Themenkreis um Stadtböden und ihre Schadstoffgehalte aktueller Forschungs- und Bearbeitungsgegenstand in verschiedenen Fachrichtungen, wobei unterschiedliche Auffassungen beobachtet werden können, was ein Stadtboden ist und wie darin enthaltene Schadstoffe zu beurteilen sind.

Am Beispiel einer am Hygiene-Institut des Ruhrgebietes im Stadtgebiet von Gelsenkirchen durchgeführten Untersuchung zu Schadstoffgehalten in Böden und Baustoffen auf Kinderspielflächen (HYGIENE-INSTITUT 1991/92) soll auf das beobachtete Erscheinungsbild von Stadtböden sowie das unterschiedlich differenzierte Verbreitungsmuster ihrer Blei- (Pb), Chrom- (Cr), Benzo(a)Pyren- (BaP) und Polychlorierten Dibenzodioxin- und -furan-gehalte (kurz Dioxine,

PCDD/-F) als hier speziell ausgewählte Beispielparameter aufmerksam gemacht werden.

Bei der Betrachtung der nachfolgend dargestellten Untersuchungsergebnisse muß beachtet werden, daß das zugrundeliegende Projekt eine medizinisch-umwelthygienische Zielsetzung hatte; die strengen Ansprüche einer wissenschaftlichen Stadtbodenkartierung können daher nur bedingt herangezogen werden. Auf Grund der vergleichsweise hohen Datendichte, die noch dazu unter einheitlichen Probenahme- und Analysebedingungen gewonnen werden konnte, sollen die Ergebnisse hier unter schwerpunktmäßiger Berücksichtigung der Gelsenkirchener Verhältnisse dargestellt werden. Weiterführende Angaben zu angewandten Analysemethoden und deren Problematik, die Herleitung eigener Schwellenwerte und ihr Abgleich mit Literaturangaben und Hinweise zur differenzierten Beurteilung der Schadstoffe und ihre gemessenen Konzentrationen sind bei HERGET (1992 bzw. 1994) und EWERS et al. (1994) dargestellt.

Die dargestellten Charakteristika der Gelsenkirchener Stadtböden können unter Berücksichtigung der regionalen Besonderheiten als repräsentativ für Böden in urban-industriell strukturierten Räumen angesehen werden.

1. „Stadtboden“ — statt „Boden“

Durch die weitreichenden Veränderungen, denen die Pedosphäre in urban-industriellen Räumen unterliegt — Unterbrechung durch Bebauung, Überdeckung durch Baustoffe, Durchsetzung mit Leitungen, Umgestaltung durch Umgrabung und Störung durch Materialein- und -austrag (SIEM et al. 1987, 831) — müssen nach BURGHARDT (1994, 205) die Klassifikation, Terminologie und Untersuchungsmethoden dem veränderten Untersuchungsgegenstand angepaßt werden. Dementsprechend hat es sich eingebürgert, bei bodenkundlichen Untersuchungen auf urban, gewerblich oder industriell genutzten Flächen von „Stadtböden“ und nicht einfach „Böden“ zu sprechen, auch wenn bei der Unterscheidung und den Grundzügen der Charakterisierung noch eine gewisse Unsicherheit vorherrscht, wie die nachfolgenden, divergierenden Beispiele zeigen:

Während PIETSCH u. KAMIETH (1991, 9) jeden ober- oder unterirdisch belebten Teil der Stadtfläche als Boden ansprechen — „Von kleinsten belebten Mauer- und Pflasterritzen über Gärten und Grünflächen bis hin zu Deponieabdeckungen und Sportplatzbelägen: Überall Böden“ — fanden BILLWITZ u. BREUSTE (nach SIEM et al. 1987, 831) in Halle in weiten Bereichen mächtige Überdeckungen natürlicher Bodenprofile und kommen daher zu dem Schluß, daß es weder natürliche noch anthropogene Böden, sondern nur anthropogene Deckschichten gäbe.

REINIRKENS (1991, 99 ff.) versteht unter Siedlungsböden Böden, bei denen die natürlichen bodenbildenden Prozesse durch den Menschen dominant gesteuert werden; mit dem Hinweis auf fehlende vorgegebene Methoden und kleinräumig stark wechselnde Bodenverhältnisse lehnt er eine Typisierung ab. Als Konsequenz weist er Bodenvergesellschaftungen aus, die er nach der aktuellen Nutzung differenziert, also praktisch eine Realnutzungskartierung durchführt.

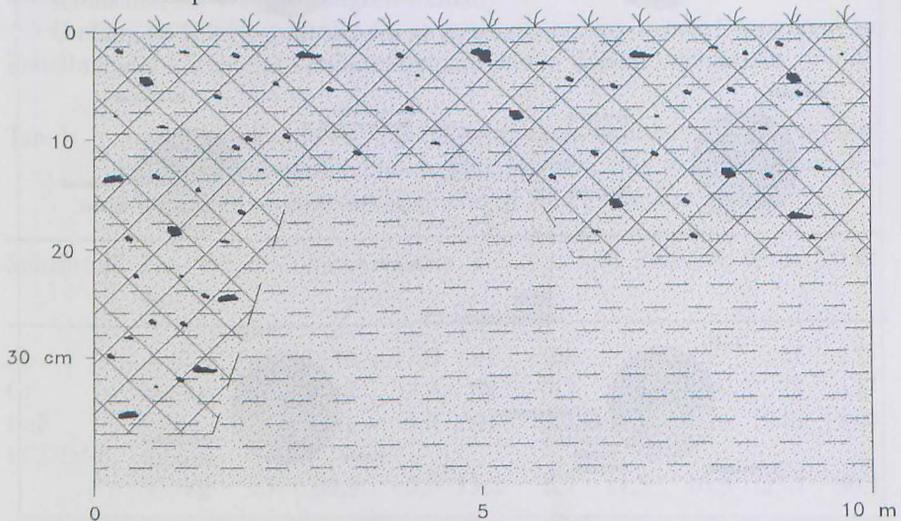
Als flächenspezifische Ergänzung zur bestehenden bodenkundlichen Kartieranleitung wurde ein erster Entwurf einer „Stadtbodenkartieranleitung“ vorgelegt (AK STADTBODEN 1989), der durch die traditionelle Kartieranleitung nicht charakterisierbare Böden in Auf- bzw. Abtragsböden differenziert, nach der Art des Substrates (natürlich/technogen) und erkennbarer oder fehlender Horizontentwicklung typisiert. Ein Hauptakzent liegt bei den Eigenschaften technogener Materialien wie Schlämme, Aschen, Schlacken, Bauschutt, Müll etc. als Substrate der darin ablaufenden bodenbildenden Prozesse; eine jüngere Ergänzungen berücksichtigende Übersicht der Klassifikation bietet BURGHARDT (1994).

In der Vergangenheit wurde bei Kartierungen in Stadtgebieten der dicht besiedelte Kern ausgeklammert; so sprechen beispielsweise MÜCKENHAUSEN u. MÜLLER (1952) von einer Stadtrandkartierung. Alternativ werden mächtige Aufschüttungen und Halden ausgegrenzt und bei geringerer Mächtigkeit und noch erkennbarem natürlichen Bodentyp zum Teil zusätzlich gekennzeichnet (SCHRAPS 1984).

Im Rahmen des Untersuchungsprogrammes zu Schadstoffgehalten in Böden und Baustoffen auf Kinderspielanlagen in Gelsenkirchen wurden — abweichend von den vorgenannten Klassifikationen — Böden und Baustoffe in einem induktiven Ansatz getrennt. Als Baustoff wurden gezielt eingebrachte, meist technogene Materialien wie Asche, Schlacke, Bergematerial, Bauschutt und andere Schichten oder Anschüttungen angesprochen, die eine Funktion der Platz- und Wegebefestigung oder der Geländeverebnung erfüllen und in der Regel der kiesig-grusigen Kornfraktion > 2 mm zuzuordnen sind. Als Stadtboden wurde demgegenüber natürliches, mineralisches Feinmaterial angesprochen, das als Feinboden vorliegt und quantitativ in der Regel unbedeutende Beimengungen kiesig-grusiger, größtenteils technogener Partikel aufweist.

Die angetroffenen Stadtböden lassen sich generalisiert wie folgt charakterisieren (vgl. Abb. 1):

Abb. 1: Schemaprofil eines Stadtbodens

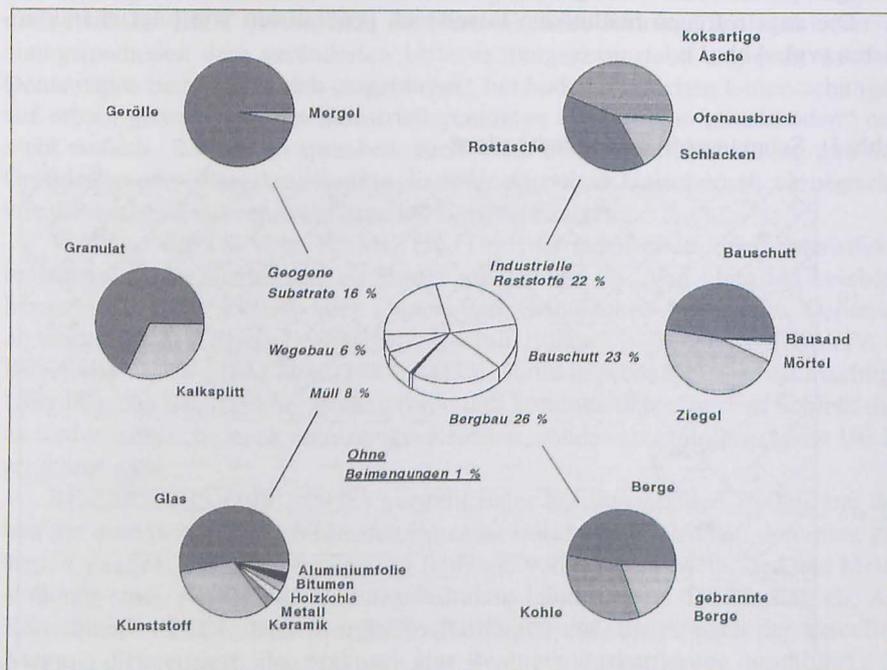


Die Bodenprofile können in der Regel in einen humosen, vereinzelt bis über 35 cm mächtigen, dunklen Oberboden und einen nicht humosen Unterboden differenziert werden. Die Oberböden sind scharf von den Unterböden abgegrenzt, weisen jedoch kleinräumig schwankende Mächtigkeiten auf. In den wie die Oberböden sandig-schluffigen Unterböden fehlen offensichtliche Hinweise auf eine anthropogene Umlagerung; sie weisen von der Profilkappung abgesehen sowohl ungestörte Horizontentwicklungen als auch bei der Ausbildung als undifferenzierter C-Horizont (Löß, Flugsand) keine für den Oberboden charakteristischen Beimengungen anthropogen eingetragener kiesiger (selten auch steiniger), meist technogener Partikel auf.

Aus dieser Charakterisierung und bei einem Vergleich mit verschiedenen Ansätzen folgenden Stadtbodentypisierungen (z. B. nach BLUME 1988; SIEM et al. 1987 oder FRÜND et al. 1988) wird deutlich, daß es sich um Böden handelt, die sich auch außerhalb von Kinderspielanlagen finden lassen, mithin keinen Sonderfall der Stadtböden („Kinderspielanlagenböden“) darstellen und die hieraus gewonnenen Ergebnisse sich auf das umgebende Stadtgebiet übertragen lassen. Diese Übertragbarkeit hat sich bei weiteren Untersuchungen in Stadtparks, Hausgärten und Hinterhöfen des Ruhrgebietes bestätigt, wo sich zu den hier dargestellten Befunden analoge Verhältnisse zeigen.

Die Materialzusammensetzung der kiesig-grusigen Beimengungen im Oberboden zeigt Abbildung 2.

Abb. 2: Materialspektrum der partikulären Beimengungen im Oberboden



Die Klassifikation der dokumentierten 452 Nennungen von Beimengungen in den erfaßten 130 Bodenproben orientiert sich an der Einteilung bei MEUSER (1993), wobei hier nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen sei, daß es sich abweichend von ihm und den Vorschlägen der Stadtbodenkartieranleitung nicht um Substrate der Bodenbildung handelt, sondern um partikuläre Beimengungen im Feinboden, die den in der Regel geringfügigen Kiesgehalt ausmachen. Die Zuordnung der Materialien zu den dargestellten sechs Gruppen ist nicht trennscharf. So findet man beispielsweise Aschen, die ursprünglich als isolierende Zwischenschicht in Häusern zwischen Decken und darauf folgende Fußböden eingebaut wurden, als charakterischen Bestandteil von Bauschutt, aber auch als reinen industriellen Reststoff, wie in Abbildung 2 dargestellt. Entsprechendes ist für Kunststoffe (Müll / Bauschutt), Kies (Bauschutt / geogenes Geröll), Granulat (Wegebaustoff bzw. Streumittel / industrieller Reststoff) leicht nachvollziehbar. Auffallend ist, daß in nur ein Prozent aller Proben keine beziehungsweise ausschließlich auch natürlich vorkommende Beimengungen angetroffen wurden.

2. Gemessene Schadstoffgehalte

Die durchgeführte Entnahme und Analyse von mehreren Proben pro Spielanlage macht die Auswahl einer repräsentativen Einzelbodenprobe zur kartographischen Darstellung notwendig. Bei der Auswahl der jeweiligen Referenzprobe wurden folgende Kriterien angelegt:

- Es sollten grundsätzlich humose (Ober-)Böden erfaßt werden.
- Angeschüttete bzw. modellierte Teilflächen wie Hügel, Dämme und Böschungen wurden nicht berücksichtigt, da es sich um ortsfremdes Material handeln kann.
- Rasenflächen wurden bei bestehender Alternative Gehölzflächen vorgezogen.
- Große Teilflächen wurden gegenüber kleinen vorgezogen (z. B. Bolzplatzrasenflächen vor Wegebegleitgrünstreifen).

Umfang und Wertespektrum des so gewonnenen, reduzierten Datensatzes zur Erstellung der Karten der Schadstoffgehalte sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Statistische Kennwerte des Datensatzes der Schadstoffverbreitungskarten (n = Probenzahl; Max = Maximalwert; Min = Minimalwert; \bar{x} = Mittelwert; s = Standardabweichung; 50. Pc = 50 Percentilwert)

Schadstoff	Einheit	n	max	min	\bar{x}	s	50. Pc	80. Pc	95. Pc	99. Pc
Pb	mg/kg	140	342	< 17,0	81	48	70	107	147	255
Cr	mg/kg	140	80	2,7	14	7,5	13	16	23	37
BaP	µg/kg	104	2991	< 5,0	591	637	385	1019	1948	2880
PCDD/-F	ng I-TE/kg	13	31,5	5,9	13,2	6,7	11,5	16,3	23,1	30,1

Es sei hier ausdrücklich darauf hingewiesen, daß das Gesamtuntersuchungsprogramm mit rund 1000 entnommenen Proben, wovon über 550 Baustoffproben sind, einen erheblich größeren Umfang aufweist, als die in Tabelle 1 aufgeführten Probenzahlen vermuten lassen (HYGIENE-INSTITUT 1991/92).

Die Probenansprache erfolgte vor Ort hinsichtlich der Parameter Bodenart, Beimengungen, Farbe und Fremdgeruch. Die Probenhomogenisierung wurde bei entsprechender identischer Ansprache vor Ort durch Mischung der Teilproben der einzelnen Bohrungen erreicht; die erforderliche Repräsentativität der gewonnene Probe für die untersuchte, homogene Teilfläche ist somit gewährleistet. Je nach zu untersuchendem Parameter wurden die Proben unterschiedlich aufbereitet: Sieben (< 2 mm), Zerkleinern der Bodenaggregate und Trocknen (105° C für Pb und Cr, Gefriertrocknung für BaP, Lufttrocknung für PCDD/-F). Mit Ausnahme der Proben für die PCDD/-F-Bestimmung wurde das gesiebte Probenmaterial nicht durch Mörsern oder Mahlen weiter zerkleinert. Der Aufschluß der Schwermetallproben erfolgte mit Königswasser, die Bestimmung des Blei- bzw. Chromgehaltes mittels Flammen-AAS. Die dreistündige Extraktion des BaP wurde mittels Hexan in einer Soxhlet-Apparatur, die eigentliche Bestimmung mit HPLC durchgeführt. Die Bestimmung der PCDD/-F erfolgte durch GC-MS nach der im Chloraromaten-Programm des Umweltministerium von NRW dargestellten Methode.

Die gemessenen Schadstoffkonzentrationen werden in die drei Klassen „geogene/ubiquitäre Konzentrationen“, „durchschnittliche Gehalte“ und „erhöhte Konzentrationen“ (vgl. Tab. 2) unterteilt. Die Zuordnung erfolgt für den geogenen bzw. ubiquitären Hintergrund nach Literaturangaben unter Berücksichtigung eigener Untersuchungsergebnisse für unveränderte Unterböden; die Gruppe der erhöhten Gehalte orientiert sich am 80-Percentilwert des zugrundegelegten Datensatzes (vgl. Tab. 1).

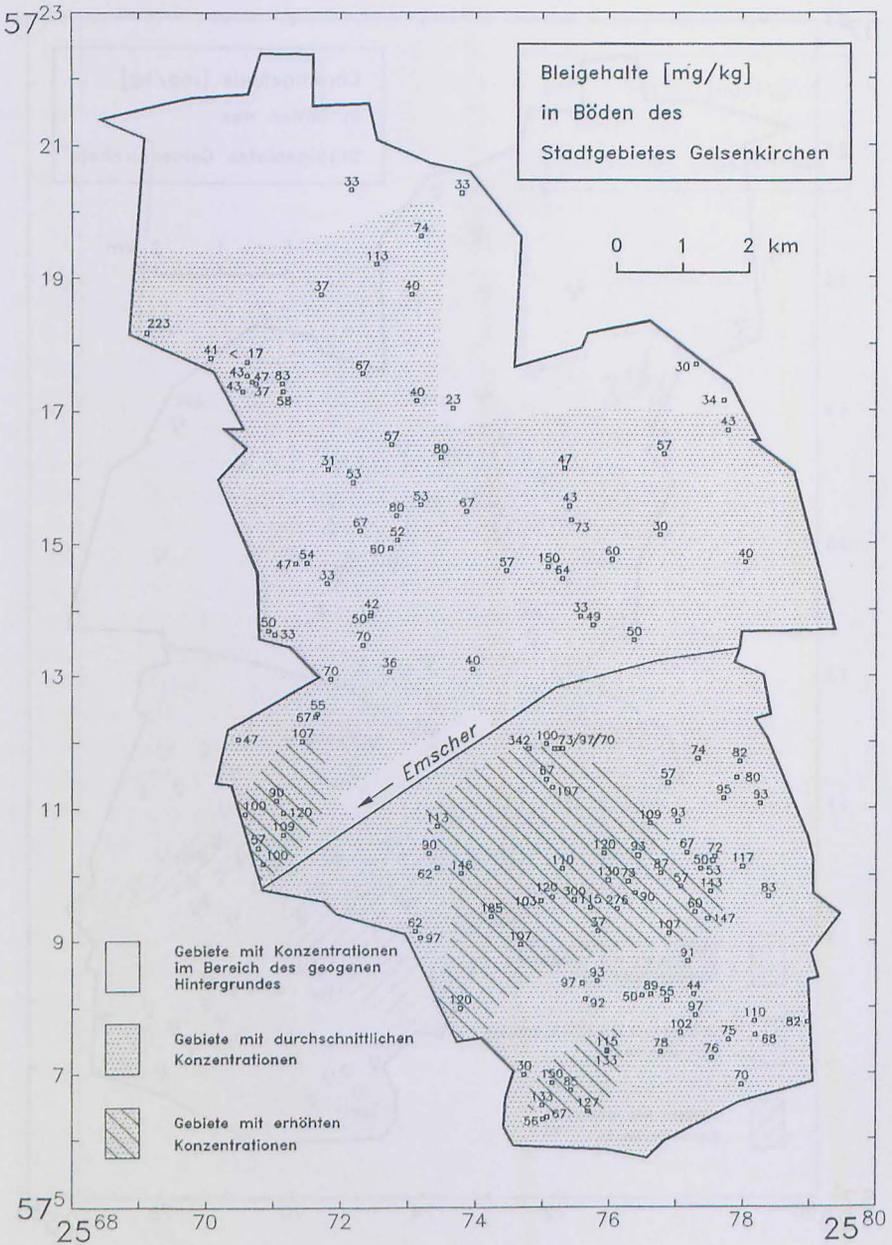
Die Bezeichnung „erhöhte Konzentrationen“ beinhaltet keinerlei Wertung, sondern stellt nur eine Überschreitung des 80-Percentilwertes des zugrundegelegten Datensatzes dar; es treten somit zwangsläufig solche Bereiche auf.

Die Differenzierung der drei Klassen in den Karten 1 bis 4 ist keinesfalls punktgenau, sondern stellt Trends der Schadstoffkonzentrationen in Teilen des Stadtgebietes dar; einzelne höhere bzw. niedrigere Meßwerte müssen dem Trend

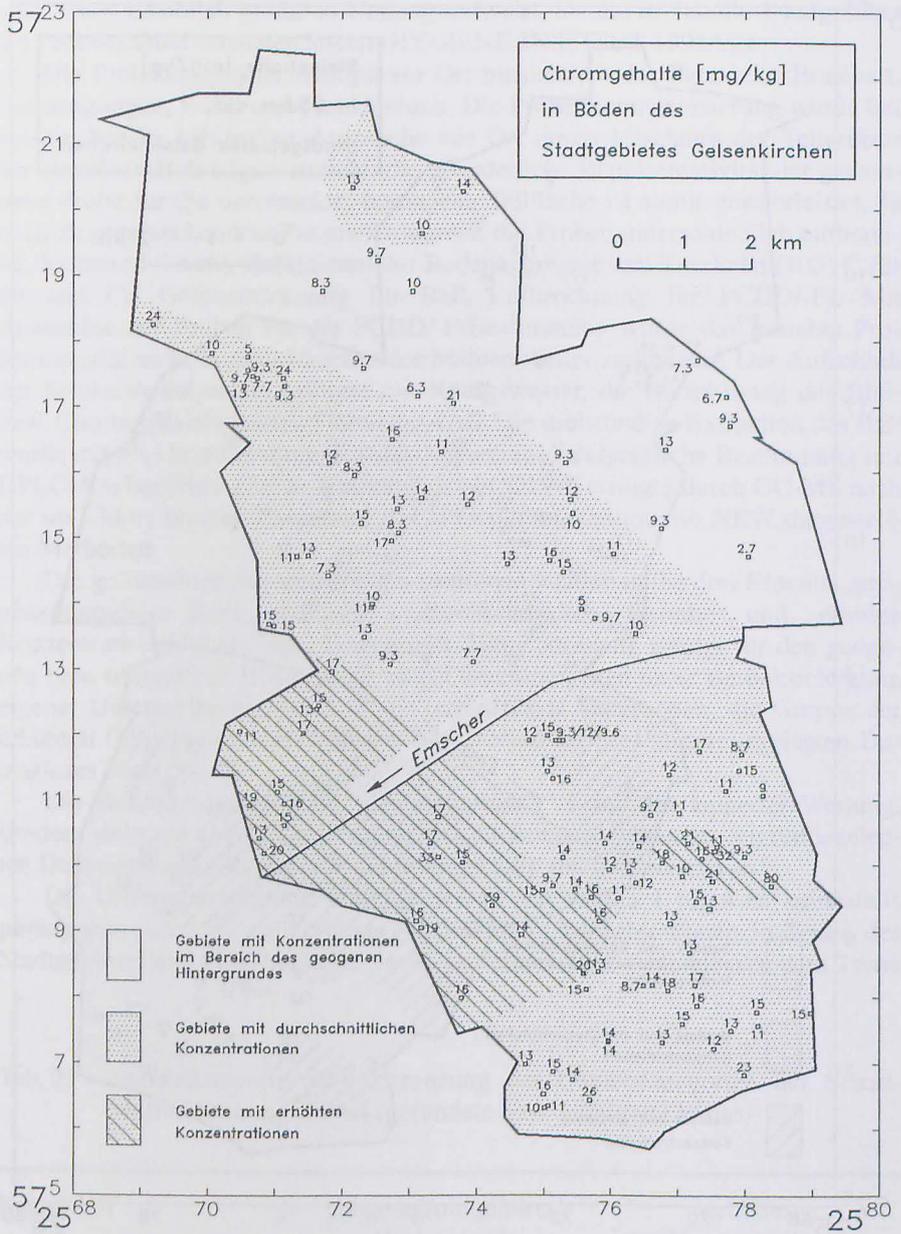
Tab. 2: Schwellenwerte zur Abgrenzung der Gebietskategorien der Schadstoffverbreitungskarten (gerundete bzw. gemittelte Werte)

Schadstoff	geogener/ubiquitärer Hintergrund	erhöhte Konzentration
Pb [mg/kg]	30	110
Cr [mg/kg]	10	16
BaP [μ g/kg]	200	1000
PCDD/-F [ng I-TE/kg]	5	16

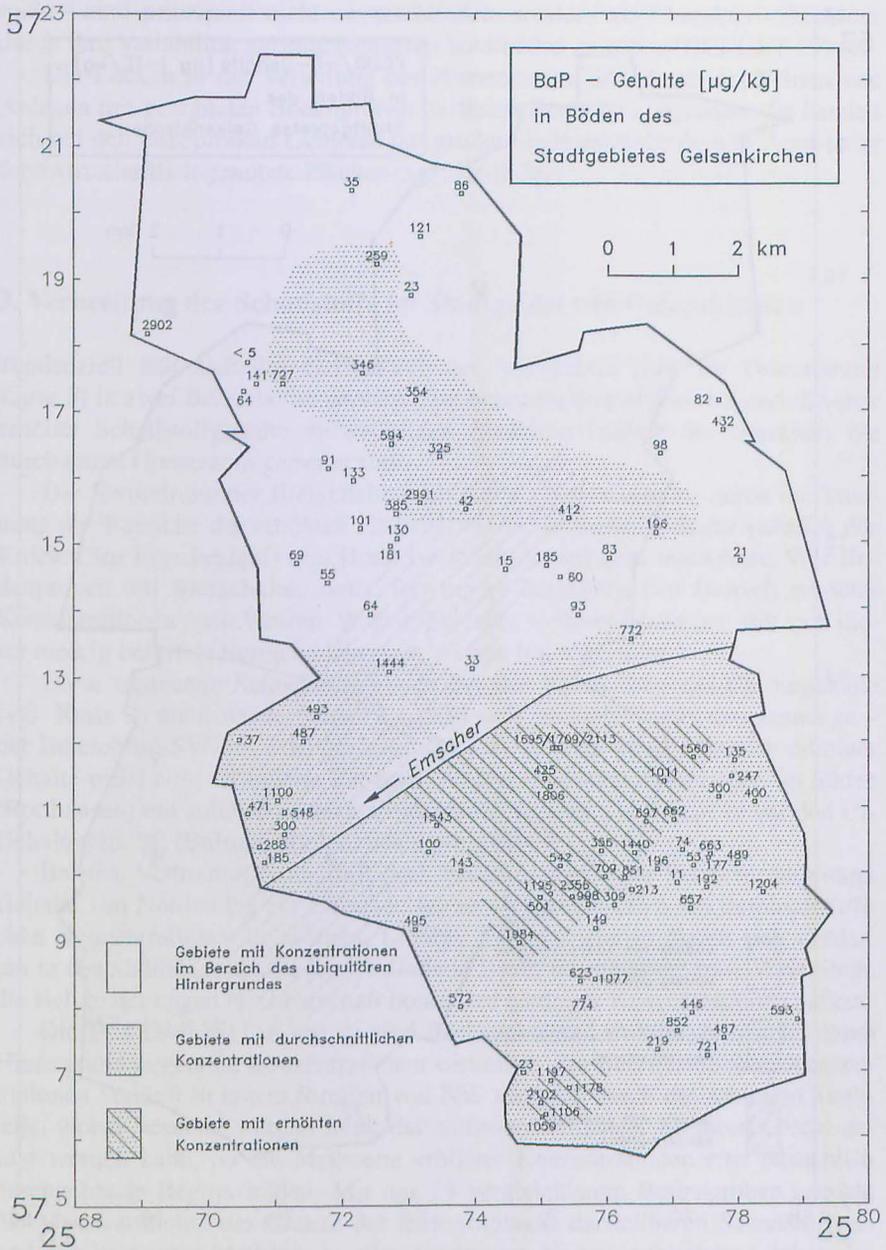
Karte 1: Bleigehalte in Böden des Stadtgebietes Gelsenkirchen



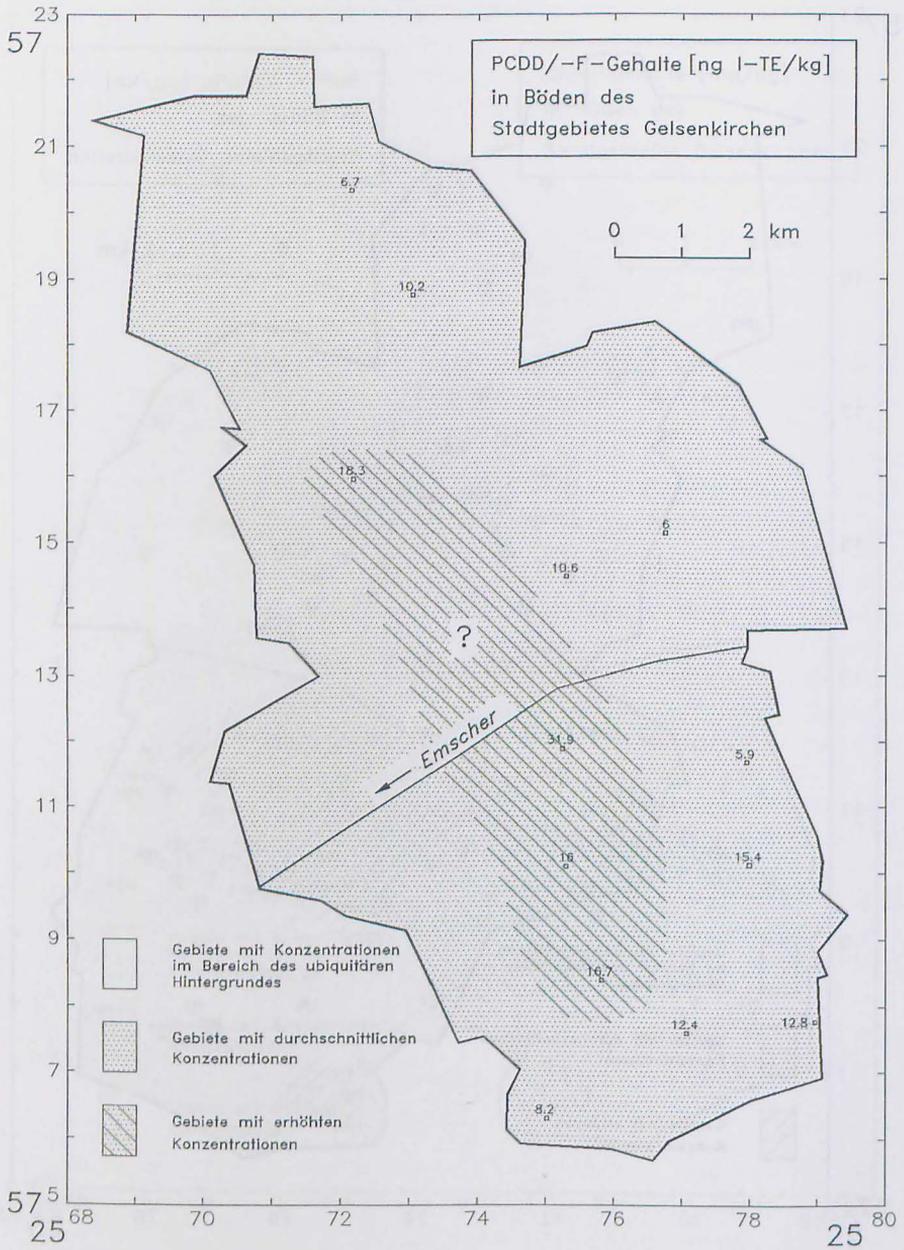
Karte 2: Chromgehalte in Böden des Stadtgebietes Gelsenkirchen



Karte 3: BaP-Gehalte in Böden des Stadtgebietes Gelsenkirchen



Karte 4: PCDD/-F-Gehalte in Böden des Stadtgebietes Gelsenkirchen



der Proben aus der Umgebung nicht widersprechen. Die räumliche Begrenzung der Klassen orientiert sich an der analytischen Variabilität. Sogenannte „Ausreißer“ sind prinzipiell nicht auszuschließen, sondern als Charakteristikum der durch ihre Variabilität gekennzeichneten Stadtböden zu sehen (HERGET 1994).

Die Lücken in der Verteilung des Probennetzes sind durch das Fehlen von Anlagen mit geeigneten Bodenproben in diesen Bereichen begründet. Es handelt sich bei den unbeprobten Gebieten um größere Industriegelände bzw. land- oder forstwirtschaftlich genutzte Flächen (vgl. Karte 5).

3. Verbreitung der Schadstoffe im Stadtgebiet von Gelsenkirchen

Tendenziell läßt sich das Gelsenkirchener Stadtgebiet (vgl. zur Orientierung Karte 5) in zwei Bereiche unterteilen: den belastungsarmen Norden und die eher erhöhte Schadstoffgehalte aufweisenden Stadtteile südlich der Emscher, die durch einen Grenzsäum getrennt sind.

Die Verbreitung der Bleigehalte (vgl. Karte 1) ist besonders durch die Trennung der Bereiche der erhöhten Konzentrationen zwischen Schalke (südlich des Knickes im Emscherlauf) und Horst (westlich davon) gekennzeichnet. Vier Bodenproben mit Bleigehalten unter 100 mg/kg begrenzen den Bereich erhöhter Konzentrationen nach Westen. Wegen fehlender weiterer Meßwerte läßt sich dieser niedrig belastete Bereich nicht nach Westen hin begrenzen.

Diese trennende Schneise läßt sich bei der Verbreitung der Chromgehalte (vgl. Karte 2) nicht wiederfinden. Es stellt sich vielmehr ein zusammenhängender Bereich im SW des Stadtgebietes dar. Ein weiterer lokaler Bereich erhöhter Gehalte weist eine veränderte Lage auf: während bei den Pb-Gehalten im Süden (Rotthausen) ein solcher Bereich ausgewiesen werden kann, liegt er bei den Cr-Gehalten im SE (Bulmke-Hüllen) des Stadtgebietes.

Bei der Verbreitung von BaP (vgl. Karte 3) reicht der Bereich ubiquitärer Gehalte von Norden bis zur Emscher, wobei sich ein Streifen mit durchschnittlichen Konzentrationen heraushebt. Erhöhte Konzentrationen finden sich wiederum in den südlichen Stadtteilen. Auffallend ist die kleinräumig hohe Variabilität, die sich in der engen Nachbarschaft hoher und niedriger Konzentrationen äußert.

Die PCDD/-F (vgl. Karte 4) sind flächendeckend in über dem ubiquitären Hintergrund liegenden Konzentrationen verbreitet. Ein Bereich erhöhter Konzentrationen verläuft in einem Streifen von NW nach SE durch die zentralen Stadtteile, wobei beachtet werden muß, daß aufgrund fehlender Meßwerte nicht gesagt werden kann, ob die Meßwerte erhöhter Konzentrationen eine tatsächlich durchgehende Region bilden. Mit nur 13 vergleichbaren Bodenproben erreicht die Messwertdichte die Grenze der kartographisch darstellbaren Schadstoffverbreitung in diesem Maßstab; in allen Stadtteilen bleiben zahlreiche Lücken des nicht beprobten und in der Darstellung großzügig interpolierten Bereiches offen.

4. Herkunft der Schadstoffe

Neben den geogenen bzw. ubiquitären Grundgehalten der Schadstoffe im Boden können vier anthropogen beeinflusste Eintragspfade differenziert werden: Luftpfad über Immission und Deposition, partikuläre Beimengungen, lokale Kontaminationen und regionale Besonderheiten.

Dem flächenhaft wirkenden Luftpfad wird weithin die größte Bedeutung für den Schadstoffeintrag in den Boden zugeschrieben, da zahlreiche regelmäßig untersuchte Schadstoffe typischerweise auch bei Verbrennungsprozessen freigesetzt und verbreitet werden (hier: Pb, BaP und PCDD/-F). Während für Punktquellen nach eigenen Erfahrungen eine signifikante Erhöhung der Bodenschadstoffgehalte bis in 2 km Entfernung nachgemessen bzw. aus Modellrechnungen abgeschätzt werden kann (freundl. mündl. Mitt. Prof. FLEER), ist in urban-industriellen Ballungsgebieten die diffuse Addition von Verkehr, Hausbrand und Industrie von Bedeutung.

Den stadtbodentypischen partikulären Beimengungen kommt wegen ihrer spezifischen Schadstoffgehalte eine wesentliche Bedeutung beim Schadstoffeintrag in den Boden zu. Tabelle 3 zeigt Schadstoffgehalte von reinen Baustoffproben aus dem Untersuchungsprogramm der Kinderspielanlagen und ihrem Umfeld; gleiche Materialien konnten auch als Beimengungen im Boden beobachtet werden (vgl. Abb. 2).

Tab. 3: Schadstoffgehalte in Baustoffproben (*: wenige Meßwerte; **: charakteristisches Materialgemenge)

Baustoff	Blei [mg/kg]	Chrom [mg/kg]	BaP* [mg/kg]
Sand	8—21	< 2—10	—
Holzhäcksel*	20—30	1—8	—
Stadtkompost*	80	12	0,5
Kies	10—27	3—8	—
Dolomit-/Kalksplitt	19—100	< 2—18	< 0,01
Kalkschotter	17—90	< 2—7	—
Bergematerial	17—33	7—10	—
gebr. Berge	12—105	< 6—32	—
Beton*	33	25	—
Granulat	7—33	4—29	—
Asche	8—145	< 6—23	—
Hochofenschlacke	13—30	< 2—14	—
Stahlwerksschlacke	15—45	283—1332	—
Bauschutt/ Haustrümmer**	30—3330	< 3—113	2,1—4,8

Lokale Kontaminationen weisen ein vielfältiges Erscheinungsbild auf, deren bekanntester Vertreter die belasteten (Alt-)Standorte und Altlasten der einschlägigen Branchen und Betriebe sind (vgl. KÖTTER, NIKLAUB u. TOENNES 1989); sie waren im Untersuchungsprogramm der Kinderspielanlagen jedoch ausgeklammert. Auf den Untersuchungsflächen konnten als lokale Kontaminationen zu klassifizierende Bodenbelastungen in Form von Verbrennungsrückständen einer Brandstelle, Ölkontaminationen im Boden und mächtige, flächenhafte Verbreitung kontaminierten Bauschutt im Untergrund, jeweils mit charakteristischen Schadstoffgehalten und -mustern, beobachtet werden.

Zu den regionalen Besonderheiten wären beispielsweise vererzte Ausgangsgesteine der rein natürlichen Bodenbildung zu zählen; sie sind jedoch unter den weitgehend von quartären Deckschichten geprägten geogenen Substraten im Gelsenkirchener Stadtgebiet nicht vertreten. Als Besonderheit tritt hier vielmehr die seit Beginn der Industrialisierung der Abwasserableitung dienende Emscher hervor; die „Auelehme“ an ihren Ufern, aber auch die bei Deichbrüchen in der Nachkriegszeit überschwemmten, durch Bergsenkungen sehr ausgedehnten Gebiete können den bekanntermaßen belasteten Überschwemmungsbereichen anderer Flüsse gleichgesetzt werden. Da es sich bei den lokalen Kontaminationen und regionalen Besonderheiten um im Rahmen des Untersuchungsprogramms von Kinderspielanlagen zufällig und auf jeden Fall nicht repräsentativ erfaßte Einzelfälle und -proben handelt, sollen sie nach dem hier erfolgten Hinweis nicht weiter erörtert werden (vgl. HERGET 1992).

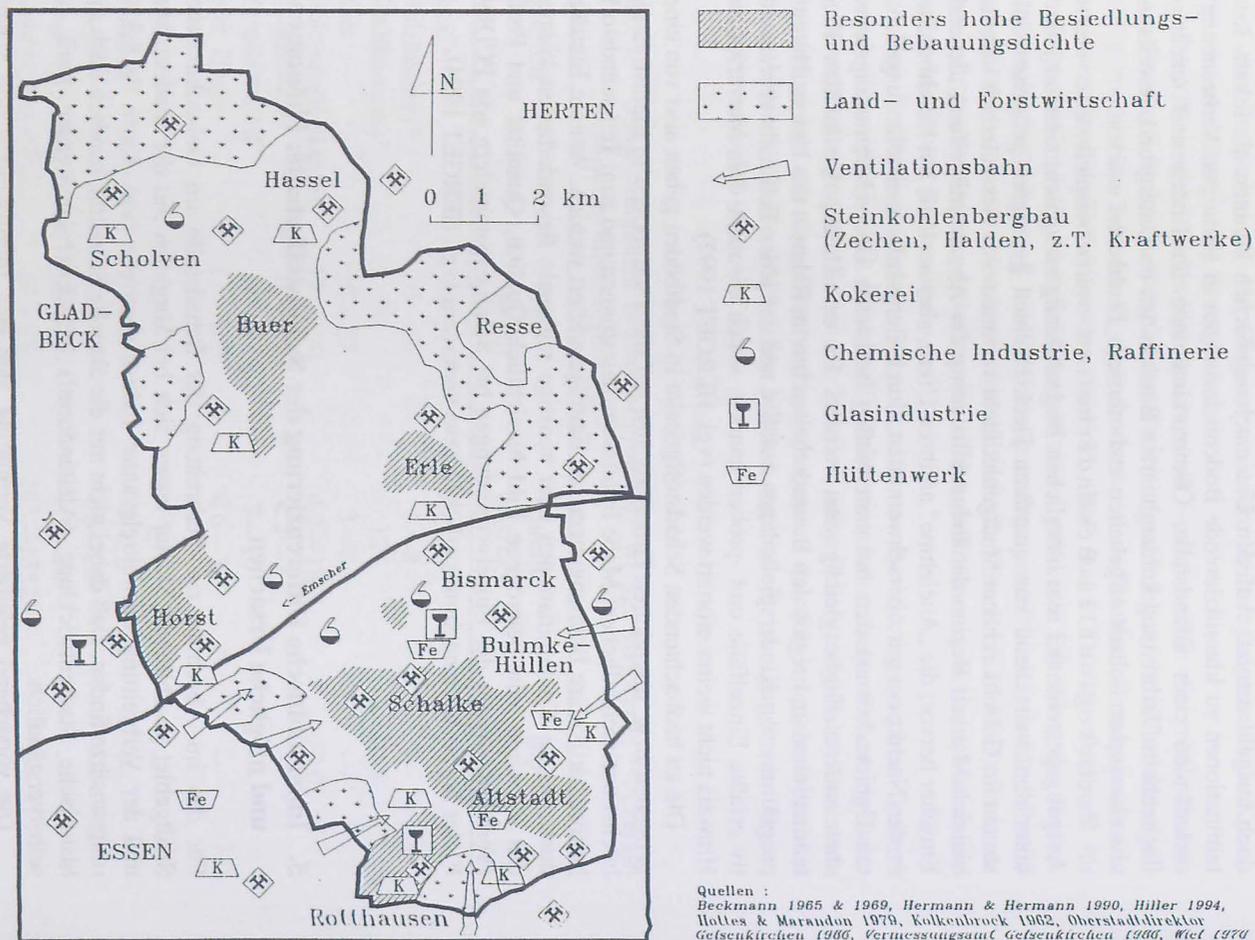
Die zu beobachtenden Schadstoffgehalte in Stadtböden gehen also von einer geogenen bzw. ubiquitären Grundlast aus, auf die anthropogen in kleinsträumig höchst unterschiedlichem Maße Immissionsbelastungen und zum Teil schadstoffhaltige partikuläre Beimengungen als Einträge addiert werden. Weitere Einträge durch lokale Kontaminationen oder sonstige regionale Besonderheiten können das so schon sehr heterogene Bild hinsichtlich Qualität, Quantität und Profil (Verhältnismuster der Einzelverbindungen bei Summenparametern wie PCDD/-F) der Schadstoffe nochmals erhöhen bzw. verändern (vgl. HERGET 1994).

5. Innerstädtische Differenzierung der Schadstoffgehalte: Phänomene und mögliche Ursachen

Für das im Abschnitt zur Verbreitung der Schadstoffe im Gelsenkirchener Stadtgebiet geschilderte Muster lassen sich bei Vergleich mit der Stadtstruktur und der Verbreitung umweltrelevanter Industriebetriebe (vgl. Karte 5) Erklärungsansätze finden. Daß dabei nicht nur die aktuelle Situation, sondern auch die historische Stadtentwicklung (Altstandorte!) berücksichtigt werden muß, ist selbstverständlich.

Die vorstehend geäußerte Vermutung, daß sich immissionsbürtige Schadstoffgehalte im Boden in den Bereichen der höchsten Besiedlungs- bzw. Bebauungsdichte finden lassen, bestätigt sich beim Vergleich der Verbreitungskarten für Pb und BaP mit der Besiedlungsdichte in Karte 5 mit leichten Varianten. Hier

Karte 5: Ausgewählte umweltrelevante Industriebetriebe (inkl. Altstandorte) in der vereinfacht schematisierten Stadtstruktur von Gelsenkirchen



zeigt sich auch die abschwächende Wirkung von (inner-)städtischen Ventilationsbahnen, die sich insbesondere in der unterschiedlichen Verbreitung der Gebiete erhöhter Konzentrationen von Pb bzw. BaP und dem in der Regel nicht typischerweise über den Luftpfad verbreiteten Cr zeigt.

Beim Verbreitungsbild von Cr macht sich der Eintragspfad über schadstoffhaltige partikuläre Beimengungen bemerkbar. So wurden in vielen Proben mit erhöhten Cr-Gehalten Schlackenbeimengungen identifiziert. Wo dies nicht der Fall war, befinden sich die Probenahmestellen in unmittelbarer Umgebung (Bulmkehüllen) oder in der direkten Abluftfahne (Horst) von branchentypischerweise Cr freisetzenden oder hinterlassenden Betrieben, wie Hüttenwerke, Glasverarbeitung, Kokereien oder Mineralölverarbeitung (KÖTTER, NIKLAUß u. TOENNES 1989, 270 f.). Eine Unvollständigkeit der Beimengungsidentifizierung bei der routinemäßigen Probenansprache kann nicht ausgeschlossen werden und ist bei staubförmigen Belastungen, wie sie nicht nur aus frühindustrieller Zeit bekannt sind (BRÜGGEMEIER u. ROMMELSPACHER 1992; ANONYM 1961), zu erwarten.

Der Gehalt an Dioxinen (PCDD/-F) im Boden ist vergleichsweise einheitlich im Stadtgebiet und weist nicht die räumliche Differenzierung der anderen Stoffe auf. Durch die geringere Datendichte lassen sich jedoch keine räumlich stark differenzierten Aussagen machen. Diese relative Homogenität entspricht dem Ergebnis der Studie von RIPPEN et al. (1992, 30), die feststellen, daß „... der größte Teil der Umweltbelastung mit PCDD/-F keiner einzelnen Quelle definitiv zugeordnet werden kann“.

Im Verbreitungsbild von Pb, Cr und BaP fällt der deutliche Unterschied zwischen dem belastungsreichen Süden des Stadtgebietes und dem Norden auf. Eine Ursache hierfür liegt vermutlich in der von Süden nach Norden fortschreitenden Industrialisierung. So zeigt sich eine auffallende Parallele zwischen dem Bereich der erhöhten Schadstoffgehalte südlich der Emscher (zuzüglich Gelsenkirchen-Horst) und der Abgrenzung der Emscherzone in der Gliederung der (Industrie-)Zonen des Ruhrgebietes nach BREPOHL (1957) (vgl. Karte 6).

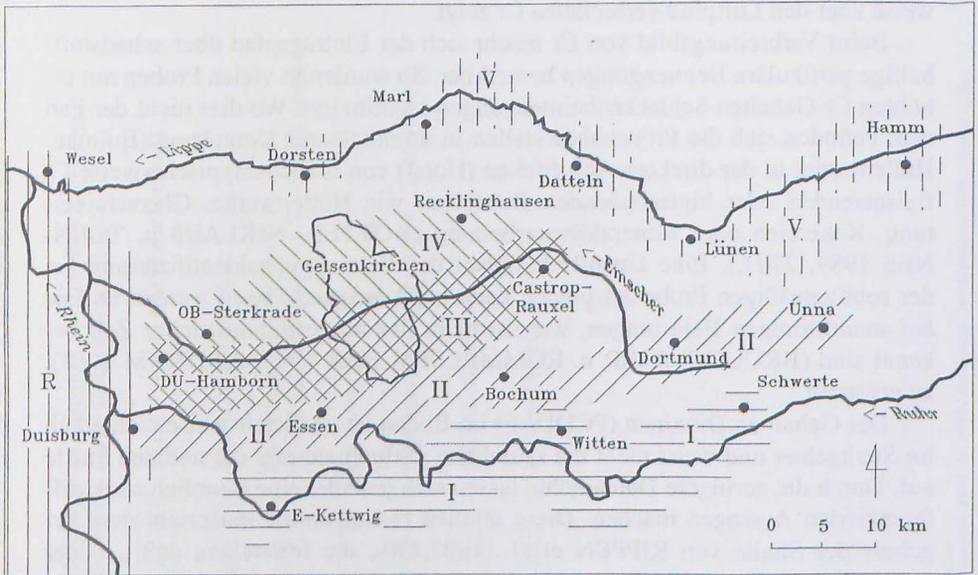
Die eng an die Entwicklung der technischen Möglichkeiten zur Kohleförderung gekoppelten Zonen gliedern damit den Gang der Industrialisierung im Ruhrgebiet und lassen sich wie folgt charakterisieren (nach BREPOHL 1957, 1—28 und DEGE u. DEGE 1983, 26—43):

In der von (Essen-)Kettwig bis Schwerte reichenden Ruhr-Zone (I) liegen die Wurzeln des hier seit dem Mittelalter umgängigen Stollenbergbaus, der ursprünglich von den ansässigen Bauern im Nebenerwerb betrieben wurde. Im Rahmen der einsetzenden Industrialisierung entwickelten sich die historischen Marktorte zu Mittelstädten, das Landschaftsbild änderte sich insgesamt jedoch nur wenig.

Die historische Städtereihe der Hellweg-Zone (II), die von Duisburg über Essen und Bochum nach Dortmund reicht, bildete Kristallisationskerne der städtischen Entwicklung und wurde vor 1870 von der Industrialisierung erreicht. Die hier in ersten Tiefbauzechen geförderte Kohle war zur Verkokung geeignet und führte zur Ansiedlung von Großbetrieben der Eisen- und Stahlindustrie in diesem Raum.

Die von (Duisburg-)Hamborn bis Castrop-Rauxel reichende Emscher-

Karte 6: Die Lage von Gelsenkirchen in der Gliederung der Zonen der Industrialisierung des Ruhrgebietes nach BREPOHL (1957)



Zone (III) war ursprünglich eine siedlungsfreie Niederungslandschaft im teilweise sumpfigen Emscherbruch. Die hier liegenden Städte, zu denen auch der Südteil von Gelsenkirchen zählt, bekamen erst mit der einsetzenden Industrialisierung Bedeutung. Die für diese Zone typischen Großzechen mit über 1000 Mann Belegschaft wurden ab 1870 gegründet oder konnten ab dann große Mengen fördern; ihre Belegschaft wurde größtenteils von Werbern in den Ostprovinzen des Deutschen Reiches rekrutiert. Die Anlage von Schachanlagen mit Werksbahnen, Straßen und Rohrleitungen führte in Kombination mit den dazwischenliegenden Zechensiedlungen zu einem meist ungeordneten Nebeneinander von Verkehrs-, Industrie- und Siedlungsflächen, das sich mit der Zeit zu einem flächendeckenden Gefüge entwickelte.

Dies ist die Phase des einsetzenden ungehemmten, explosionsartigen Wachstums, das Gelsenkirchen das bis in die dreissiger Jahre mit Stolz getragene Image „Stadt der tausend Feuer“ (u. a. MUNDT 1955, 21) eintrug. Im Rahmen der stetig zunehmenden Weiterverdichtung galten Umweltbedingungen als ortsüblich und zu akzeptieren, die heute schwer vorstellbar sind: so stellte das Reichsgericht 1915 fest, daß auf Grund der ortsüblichen Belastung im Ruhrgebiet nicht mehr damit zu rechnen sei, daß Obstbäume überhaupt existieren könnten, geschweige denn geschädigt würden (BRÜGGEMEIER u. ROMMELSPACHER 1992, 36). Es ist durchaus denkbar, daß derartig intensive Belastungen ihre Spuren im Schadstoffgehalt des Bodens hinterlassen haben: sie äußern sich in der oben genannten Differenzierung des Schadstoffgehaltes des Bodens zwischen dem altin-

dustrialisierten Süden der Emscherzone und dem erst nachfolgend erfaßten Norden des Stadtgebietes, der in der Vestischen Zone liegt.

Die von (Oberhausen-)Sterkrade nach Recklinghausen verlaufende Vestische Zone (IV) wurde von der vorrückenden Industrialisierung ebenfalls in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erreicht, sie begann sich dort jedoch erst mit der Jahrhundertwende dominant zu entfalten. Das traditionelle Siedlungsgebiet um Gelsenkirchen-Buer liegt auf einer Schichtstufe über dem Emschertal (LIEDTKE 1993) und ist durch Großzechen mit Nebenanlagen und chemische Großbetriebe gekennzeichnet.

In der entlang des gleichnamigen Flusses verlaufenden Lippe-Zone (V) finden sich zwischen Dorsten und Hamm stark industrialisierte Bereiche mit modernen Großzechen und Chemiebetrieben, die jedoch durch ländlich strukturierte Gebiete getrennt sind.

Die randliche Rhein-Zone (R) weist eine besondere Entwicklung auf, die durch den Einfluß der überregionalen Verkehrsleitlinie des Rheins geprägt ist.

Abschließend sei noch auf zwei Punkte ausdrücklich hingewiesen: die der Darstellung zugrundeliegende Untersuchung in Gelsenkirchen stand unter einem anderen Thema als die vorstehende Auswertung. Mithin müssen Teilflächen unbeprobte, Aspekte offen und Argumentationsketten zwar schlüssig, jedoch nicht zwingend sein. Die außergewöhnlich hohe, homogene Datendichte macht den besonderen Wert des Datensatzes aus und erlaubt erst die vorgenommenen Schlüsse.

Wie bereits angerissen, stellt die Klassifizierung als „hohe Gehalte“ oder „erhöhte Konzentrationen“ keine Wertung, sondern nur mehr eine statistische Einstufung dar. Ansätze zur schutzgutbezogenen und transferpfadspezifischen Bewertung und somit zur Beurteilung der Bodenbelastungen bilden weiterführende Regelwerke, wie sie bei EWERS et al. (1994) zusammengestellt sind.

Zusammenfassung

Im Rahmen einer Untersuchung von Böden und Baustoffen auf Kinderspielplätzen in Gelsenkirchen wurden Stadtböden in Form umgelagerten Feinbodens angetroffen, in den meist technogene Partikel eingemengt sind. Der Gehalt an Schadstoffen weist für eine Stadt im industriellen Ballungsgebiet Ruhrgebiet erstaunlich deutliche Differenzierungen auf. Hinsichtlich ihrer Variabilität ist sie durch die kleinräumig unterschiedliche Überlagerung der verschiedenen Eintragspfade zu erklären (HERGET 1994). Eine beobachtete Zweiteilung des Stadtgebietes in einen belasteten Süden und belastungsarmen Norden läßt sich mit der historischen Entwicklung der Stadt und dem Gang der Industrialisierung korrelieren: die Intensität und Dichte der Bodenbeanspruchung weisen Parallelen zum aktuellen Schadstoffgehalt auf. Die außergewöhnlich hohe Beprobungsdichte und die Homogenität des Datensatzes machen den besonderen Wert der Untersuchung aus und lassen entsprechend weitreichende Schlüsse zu.

Literatur

- ANONYM 1961: Zu blauen Himmeln. *Der Spiegel* 33, 22—33.
- BECKMANN, D. 1965: Die Siedlungs- und Wirtschaftsstruktur der Stadt Gelsenkirchen, in: *Ges. f. Geogr. u. Geol. Bochum e.V. (Hrsg.): Bochum und das mittlere Ruhrgebiet — Festschrift zum 35. Deutschen Geographentag vom 8. bis 11. Juni 1965 in Bochum. Paderborn, 157—176 (= Bochumer Geogr. Arb. 1).*
- BECKMANN, D. 1969: Grundzüge der naturlandschaftlichen Entwicklung, der naturräumlichen Ausstattung und der naturräumlichen Gliederung des mittleren Ruhrgebietes im Raum Gelsenkirchen. *Schwelm, 5—66 (= Natur u. Landschaft im Ruhrgebiet 5).*
- BLUME, H.-P. 1988: Zur Klassifikation der Böden städtischer Verdichtungs-räume. *Mitt. d. Dt. Bodenk. Ges. 56, 323—326.*
- BRÜGGEMEIER, F.-J. u. T. ROMMELSPACHER 1992: *Blauer Himmel über der Ruhr — Geschichte der Umwelt im Ruhrgebiet 1840—1990. Essen, 235 S.*
- BURGHARDT, W. 1994: Soils in urban and industrial environments. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 157, 205—214.*
- BREPOHL, W. 1957: *Industrievolk im Wandel von der agraren zur industriellen Daseinsform dargestellt am Ruhrgebiet. Tübingen, 400 S.*
- DEGE, W. u. W. DEGE 1983): *Das Ruhrgebiet. Stuttgart, 182 S.*
- EWERS, U., L. VIREECK u. J. HERGET 1994: Bestandsaufnahme der vorliegenden Richtwerte zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen und synoptische Darstellung der diesen Werten zugrundeliegenden Ableitungskriterien und -modelle. *Berlin, 63 S. + Anhang (= UBA-TEXT 35—94).*
- FRÜND, H.-C., B. RUSZKOWSKI, M. SÖNTGEN u. U. GRAEFE 1988: *Besiedlung städtischer Böden durch Regenwürmer, Enchytraeiden und bodenlebende Gehäuseschnecken. Mitt. d. Dt. Bodenk. Ges. 56, 351—356.*
- HERGET, J. 1992: *Schadstoffe in Stadtböden — Gehalte, Herkunft und Verbreitung am Beispiel des Stadtgebietes Gelsenkirchen. Bochum, 156 S. (= unveröffentlichte Diplomarbeit am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum).*
- HERGET, J. 1994: Zur räumlichen Variabilität der Gehalte ausgewählter Schadstoffe in Stadtböden Gelsenkirchens. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 157, 309—314.*
- HERMANN, W. u. G. HERMANN 1990³: *Die alten Zechen an der Ruhr. Königstein, 320 S.*
- HILLER, D. A. 1994: Böden einer Zechenbrache im Ruhrgebiet. *Die Geowissenschaften 12, 103—108.*
- HOTTES, K. u. J.-C. MARANDON 1979: *Steinkohle — Kohlenwirtschaft im Ruhrgebiet und Aachener Steinkohlenrevier: Eigentumsverhältnisse, Zechenbelegschaft und Strukturwandel. Dt. Planungsatlas Bd. I Nordrhein-Westfalen, Lfg. 21, Hannover.*
- HYGIENE-INSTITUT DES RUHRGEBIETES 1991/92: *Untersuchungsberichte zu Boden- und Baustoffuntersuchungen in Kinderspielanlagen der Stadt*

- Gelsenkirchen. Gelsenkirchen (= 6 unveröffentlichte Teilberichte an das Jugendamt der Stadt Gelsenkirchen).
- KOLKENBROCK, B. 1962: Vom Dorf zur Industriegroßstadt, in: Heimatbund Gelsenkirchen (Hrsg.): Gelsenkirchen — Kleine Chronik einer großen Stadt. Gelsenkirchen, 159—312.
- KÖTTER, L., M. NIKLAUSS u. A. TOENNES 1989: Erfassung möglicher Bodenverunreinigungen auf Altstandorten. Essen, 276 S. (= Arbeitshefte Ruhrgebiet A 039, hrsg. Kommunalverband Ruhrgebiet)
- LIEDTKE, H. 1993: Die Entwicklung der Oberflächenformen im Ruhrgebiet. Ber. z. dt. Landeskunde 67, 255—265.
- MEUSER, H. 1993: Technogene Substrate in Stadtböden des Ruhrgebietes. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 156, 137—142.
- MUNDT, F. 1955: Das Stadtbild, in: Wehrenpfennig, W., W. Niemöller u. F. Bruns (Hrsg.): Gelsenkirchen — Abbild einer großen Stadt. Essen, 21—26.
- MÜCKENHAUSEN, E. u. E. H. MÜLLER 1952: Geologisch-bodenkundliche Kartierung des Stadtkreises Bottrop i.W. für Zwecke der Stadtplanung. Geol. Jb. 66, 179—202.
- OBERSTADTDIREKTOR GELSENKIRCHEN (Hrsg.) 1986: Untersuchungen zum Stadtklima von Gelsenkirchen. Informationen zur Stadtentwicklung 62, Gelsenkirchen.
- PIETSCH, J. u. H. KAMIETH 1991: Stadtböden — Entwicklung, Bewertung, Belastung und Planung. Taunusstein, 294 S.
- REINIRKENS, P. 1991: Siedlungsböden im Ruhrgebiet — Bedeutung und Klassifikation im urban-industriellen Ökosystem Bochums. Paderborn, 137 S. (= Bochumer Geogr. Arb. 53).
- RIPPEN, G., R. GIHR, I. RENNER u. W. KLÖPFFER 1992: Polychlorierte Dibenz-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/-F) — Bodenbelastung durch Abfallverbrennung, Kraftfahrzeugverkehr, landwirtschaftliche Klärschlamm-nutzung, Kleinf Feuerungsanlagen und photochemische Prozesse. UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox. 4/1, 30—35.
- SCHRAPS, W. G. 1984: Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1: 50.000, Blatt L 4508 Essen. Krefeld.
- SIEM, H.-K., E. CORDSEN, H.-P. BLUME u. H. FINNERN 1987: Klassifizierung von Böden anthropogener Lithogenese — vorgestellt am Beispiel von Böden der Stadt Kiel. Mitt. d. Dt. Bodenk. Ges. 55/II, 831-836.
- VERMESSUNGSAMT GELSENKIRCHEN (Hrsg.) 1986: Stadt Gelsenkirchen - amtlicher Stadtplan, Ausgabe 1986.
- WIEL, P. 1970: Wirtschaftsgeschichte des Ruhrgebietes — Tatsachen und Zahlen. Essen, 414 S.