

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 91 (1993)

Heft: 4: Ländliche Entwicklung und Umweltschutz in Polen = Développement rural et protection de l'environnement en Pologne = Wybrane problemy rozwoju terenów wiejskich i ochrony środowiska w Polsce

Artikel: Immissionsbelastung in Oberschlesien

Autor: Bond, C. / Harb, C. / Marty, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-234961>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Immissionsbelastung in Oberschlesien

C. Bond, Ch. Harb, P. Marty

Die langjährige Zusammenarbeit zwischen Prof. Dr. Z. Strzyszczyk vom Institut Podstaw Inżynierii Środowiska in Zabrze und Prof. Dr. H. Flühler vom Institut für terrestrische Ökologie (ItÖ) der ETH Zürich gab den Anstoss, in einer Diplomarbeit die Umweltproblematik Oberschlesiens zu untersuchen. Als Basis für diese Diplomarbeit diente der Diplomfeldkurs (eine Woche Feldarbeit in Polen, zwei Wochen Laborarbeit am ItÖ in Schlieren), gefolgt von sieben Wochen Ausarbeitung an der ETH.

Die Diplomarbeit enthält zusätzlich zum soziologisch-historischen Hintergrund verschiedene, zum Teil neue Ansätze zur Behandlung der Umweltproblematik. Im ersten Teil werden die Schadstoffemissionen eines relativ modernen, kohlestaubgefeuerten Kraftwerkes mittels einer Ökobilanz untersucht, im zweiten Teil wird die Mobilität von Schwermetallen im Boden analysiert und im dritten Teil wird die räumliche Schwermetallbelastung mittels Geostatistik und Ferromagnetismus als Indikationswert dargestellt.

La longue amitié qui lie les professeurs H. Flühler de l'institut d'écologie terrestre de l'Ecole Polytechnique de Zurich et Z. Strzyszczyk de l'Institut Podstaw Inżynierii Środowiska à Zabrze a formé le cadre de cet ouvrage, car on a jugé utile de faire connaître les problèmes de l'environnement de haute Silésie par un travail de diplôme. Une semaine de travail sur le terrain en Pologne, deux semaines de laboratoire à l'institut d'écologie terrestre à Schlieren et sept semaines pour élaborer les résultats ont formé la base de cet ouvrage.

Celui-ci comprend outre le cadre socio-historique différents points de départ en partie innovateurs pour le traitement des problèmes de l'environnement. Ainsi la première partie est consacrée à un bilan écologique des émissions de produits nocifs d'une centrale thermique à poussière de charbon relativement moderne, la deuxième partie analyse la mobilité de métaux lourds dans le sol et la troisième partie présente la répartition spatiale des métaux lourds au moyen de géostatistique et de ferromagnétisme.

Niniejsza praca dyplomowa powstała w wyniku wieloletnich kontaktów między profesorem dr. Z. Strzyszczyk z Instytutu Inżynierii Środowiska w Zabrzu i profesorem Dr. H. Flühler z Instytutu Ekologii przy ETH Zürich. Publikacja ta ma na celu przeprowadzenie badań dotyczących problemów ekologicznych Górnego Śląska. Praca ta została wykonana na wydziale Uprawy, Techniki i Geodezji, ETH Zürich (Kierunek: Technika Uprawy i Ochrona Środowiska). Materiał badawczy zebrano w czasie tygodniowej praktyki dyplomowej w Polsce. Analizy przeprowadzono w laboratorium Instytutu Ekologii w Schlieren, a prace obliczeniowe i koncepcyjne na ETH.

Na tle socjologiczno-historycznym w pracy zostały ejęte częściowo nowe aspekty ochrony środowiska. W pierwszej części przedstawiony został bilans ekologiczny związków trujących emitowanych do atmosfery przez stosunkowo nowoczesną elektrownię ba pł węglowy. W drugiej części dyskutowane są procesy transportu metali ciężkich w glebie. Końcowa, trzecia część obrazuje rozkład przestrzenny metali ciężkich w glebie. Obliczenia przeprowadzono przy pomocy metod geostatystycznych, jak również posłużono się ferromagnetyzmem, jako indykatorem.

Entstehung des Industriegebietes Oberschlesiens

Das Oberschlesische Industriegebiet gehört zusammen mit dem Ruhrgebiet, dem nordböhmisches Industriegebiet und der Montanregion in Nordfrankreich zu den alten Industriegebieten in Kontinentaleuropa. 1953 wurden die Grenzen dieses Oberschlesischen Industriegebietes genau festgelegt und als GOP («Górnośląski Okręg Przemysłowy») bezeichnet.

Die Entwicklung Oberschlesiens zu einem Industriegebiet wurde durch die preussische Herrschaft von 1740–1918 über das Gebiet westlich der Brynica-przemsza-Linie begünstigt. Sie nahm ihren Anfang mit der Erzförderung und -verhütung in der Tarnowitzer Erzmulde (1784). Dabei förderte der Einsatz von kohlegefeuerten Dampfmaschinen zur Grubenentwässerung den Steinkohleabbau. Die Revierentwicklung hatte ihren Höhepunkt in der Zeit zwischen der Gründung des deutschen

Reiches von 1871 und dem Ersten Weltkrieg.

Das Dabrowaer Revier östlich der Przemsza gehörte im 19. Jahrhundert zum russischen Kongresspolen. In einem Versuch, die von Russland vernachlässigte Region zu fördern, wurde von der Polnischen Bank 1834 die «Bankhütte» in Dabrowa gebaut. Diese Entwicklung zur regionalen Selbständigkeit musste aber mit ausländischem Kapital zusätzlich gefördert werden.

Nach 1922 gehörten nur noch Gleiwitz/Gliwice, Hindenburg/Zabrze und Beuthen/Bythun zur Weimarer Republik, die das Deutsche Reich abgelöst hatte. Während der Besetzung Polens durch das Dritte Reich im Zweiten Weltkrieg wurde in Oberschlesien die Produktion im Interesse der Kriegswirtschaft gefördert.

Mit der folgenden sowjetischen Besetzung Polens wurde eine neue Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung, die «sozialistische Zentralverwaltungswirtschaft», eingeführt. Die meisten industriellen Produktionsmittel wurden verstaatlicht und je besonderen Industrieministerien unterstellt. Eine sektorale Unterteilung der Industriezweige ersetzte nun die vertikale Verflechtung (z.B. zwischen Hütte und Kohlegrube). Dies verunmöglichte eine koordinierte industrielle Raumplanung im GOP. Im Gegensatz zu den Industriegebieten in Westeuropa investierte Polen auch nach der sogenannten Steinkohlekrise von 1950/60 weiterhin in die Bergbau- und Hüttenindustrie. Dieses einseitige traditionelle Produktionsprofil führte in Oberschlesien zu einer Strukturkrise (Förster 1989). Ende der 60er und Anfang der 70er Jahre versuchte man sich diesem Problem durch Einführung neuer Industrien zu stellen.

Bedeutung und Umweltsituation Oberschlesiens

Das Kerngebiet von Oberschlesien umfasst etwa 2% von Polens Landesfläche, beherbergt aber über 10% der polnischen Bevölkerung mit einer mittleren Bevölkerungsdichte von etwa 600 Einwohner/km² (Polen ca. 120 Einwohner/km²).

Für Polen hat der ober-schlesische Industriebezirk eine ausserordentlich grosse Bedeutung. Dies verdeutlicht die Tatsache, dass von hier sämtliche in Polen geförderte Zink- und Bleierz, über die Hälfte der Stahl- und Hüttenprodukte und 30% des Zementes stammen. Weiter werden in 56 Gruben 98% von Steinkohle gefördert, die Basis für die Energieproduktion in Polen. Die Energie wird zu 25% in Oberschlesien produziert.

Die ausserordentlich hohe Konzentration von Industriebetrieben, kombiniert mit deren zum Teil hoffnungslos veralteten Ausbaustand und dem Fehlen von elementa-

ren Reinigungsanlagen führt zu einer extremen Umweltbelastung, die durch Schadstoffimporte aus dem Industriegebiet der Region Ostrava in der Tschechischen Republik noch verstärkt wird.

Die Luftimmissionsgrenzwerte werden zum Beispiel bei den Stickoxiden um das Fünffache und beim Blei sogar um das Dreizehnfache überschritten (Borkiewicz et al. 1991). Einen bedeutenden Beitrag zur Gewässerverschmutzung leisten die Kohlegruben, die Grubenwässer mit Schadstofffrachten von ca. 7000 Tonnen Salzen täglich (92% Chloride und 8% Sulfate) in das Weichselbecken einlassen (Borkiewicz et al. 1991). Bei der Biła Przemsza, einem Fluss in Oberschlesien, sind 55,7% der Fließstrecke nicht einmal mehr für eine industrielle Verwendung geeignet. Wegen der hohen Schwermetallkonzentrationen sollten 17% der landwirtschaftlichen Fläche nicht mehr bewirtschaftet werden und weitere 32% haben markante Ernteeinbußen zur Folge.

Die durch die Umweltverschmutzung verursachten Schäden sind vielfältig. Als typische Schäden treten Korrosionserscheinungen an Wasseraufbereitungsanlagen, abblättern von Fassaden, Zerstörung von Infrastrukturanlagen durch Bodensenkungen infolge des Bergbaus und Verminderung der Bodenqualität durch atmosphärischen Schadstoffeintrag auf.

Das polnische Umweltministerium gibt die Kosten der Umweltschäden in Polen, gestützt auf verschiedene Studien, mit 10% des Nationaleinkommens an (davon 15% durch Gewässerverschmutzung, 39% durch Oberflächendegradation und 46% durch Luftverschmutzung, Ministerswo 1991). Allein in der Wojewodschaft Katowice entstehen 31% dieser Kosten.

Ökobilanz des Kohlekraftwerkes Jaworzno III

Das Kraftwerk Jaworzno III ist ein kohlestaubgefeuertes Kraftwerk von 1200 MW und befindet sich am östlichen Rand des GOP. Mittels einer Stoffbilanz und einem Ökoprofil nach dem Modell der «kritischen Volumen» (BUWAL 1990) wurde das Kohlekraftwerk Jaworzno III einer Ökobilanz unterzogen. Das Ökoprofil diente dazu, Frachten verschiedener Schadstoffe in eine vergleichbare Form zu bringen. Die «kritischen Volumen» stellen dabei die Volumenmenge eines Kompartimentes (Luft, Deponie/Boden, Wasser) dar, dass mit einer Konzentration in der Höhe des entsprechenden Schadstoffgrenzwertes belastet wird.

Das Ökoprofil zeigt, dass die Schwermetalle Blei, Zink, Nickel und Halbmetall Arsen im Vergleich zu den atmosphärischen Schwefeldioxidemissionen eine geringe Schadenswirkung erzielen, wobei Arsen mehr Gewicht hat als die Schwermetalle.



Abb. 1: Kohlekraftwerk Będzin.
Fig. 1: Centrale thermique à charbon de Będzin.
Rys. 1: Elektrownia w Będzinie.



Abb. 2: Durch Grundwasser überflutetes Bodensenkungsgebiet bei Zabrze, verursacht durch die Kohleförderung.
Fig. 2: Zone d'affaissement du sol près de Zabrze inondée par la nappe d'eau souterraine. L'affaissement est causé par l'extraction de charbon.
Rys. 2: Zalane przez wodę gruntową zagłębienie poeksploatacyjne w pobliżu Zabrze.

Der Verbrennungsvorgang hat den grössten Einfluss auf die Emissionen (jährlich ca. 3 t Blei, 7 t Zink, 1,5 t Nickel, 0,5 t Arsen und ca. 100 000 t SO₂).

Unklar ist der Einfluss des Kühlkreislaufes, da zum Zeitpunkt der Ausarbeitung der Diplomarbeit keine Schwermetallmessungen des Flusswassers vorlagen, aus dem das Kühlwasser bezogen wird. Es scheint aber, dass der Kühlkreislauf im Kompartiment Deponie/Boden wegen des aus der Zusatzwasseraufbereitung anfallenden Klärschlammes nicht vernachlässigt werden kann.

Im Kompartiment Wasser ist ein Reinigungseffekt durch diese Aufbereitung zu beobachten.

In Bezug auf die Staubemissionen (und somit auch die Schwermetallemissionen) scheint Jaworzno III im polnischen Vergleich überdurchschnittlich sauber zu sein, in Bezug auf die Schwefeldioxidemissionen weniger. Diese Situation wird sich aber mit der Realisierung einer geplanten Entschwefelungsanlage grundlegend ändern.

Die Diplomarbeit hat gezeigt, dass das Sy-



Abb. 3: Bildmitte: Kohlekraftwerk Jaworzno III mit 300 Meter hohem Schornstein. Vordergrund: Absetzbecken für Elektrofilterasche. Hintergrund rechts: Silhouette des Kohlekraftwerkes Jaworzno II.

Fig. 3: Au centre: Centrale thermique Jaworzno III avec la cheminée haute de 300 mètres. Au premier plan: Bassin de sédimentation de cendres de filtre électrostatique. A l'arrière-plan à droite: Silhouette de la centrale thermique Jaworzno II.

Rys. 3: W środku Elektrownia Jaworzno III z wysokim na 300 m kominem. Z przodu: Składownia wodna do poliołów filtrów elektrycznych. Z tyłu: Elektrownia «Jaworzno II».

stem «Kohlekraftwerk» für eine Ökobilanz zu komplex ist. Ein wirklich gesamtheitliches Bild des Kraftwerks verlangt zu viele Daten, um den Aufwand wirtschaftlich bewältigen zu können. Für eine Ökobilanz würden sich aber verschiedene Teilprozesse (z.B. die geplante Entschwefelungsanlage) eignen.

Für eine Abschätzung der durch das Kraftwerk verursachten Folgeschäden eignet sich die Ökobilanz nicht, da sie zum Beispiel Lärmemissionen, Platzverbrauch oder den Immissionsort überhaupt nicht berücksichtigt. Für eine solche Abschätzung wären neue Modelle zu entwickeln, die, ähnlich wie die Ökobilanz, ihre Gewichte auf möglichst objektive Kriterien abstützen.

Verfügbarkeit und Mobilität von Schwermetallen im Boden

In der Nähe des Kohlekraftwerkes Jaworzno III wurden saure Eisen-Podssole an einem Wiesen-, einem Acker- und einem Waldstandort (Profil 1, 2 und 3) auf ihre Gehalte an Zink (Zn) und Blei (Pb) untersucht. Die Analyse mit Atomemissionspektroskopie ergab maximale Totalgehalte im Oberboden des Waldstandortes von 829 mg/kg⁻¹ Boden für Zink und 458 mg/kg⁻¹ Boden für Blei. Der hohe Anteil an organischer Substanz im Oh-/Ah-Horizont

trägt wesentlich zur Immobilisierung und Anreicherung von Zn und Pb in den obersten fünf Zentimetern bei.

Der Wiesen- und der Ackerstandort sind stark durch menschliche Bearbeitung geprägt. Am Ackerstandort war die Zn- und Pb-Verteilung gleichmäßig über den Ap-Horizont verteilt und lag bis auf eine Tiefe von 20 cm um 200 mg/kg⁻¹ Boden für Zn und 140 mg/kg⁻¹ für Pb. Die Wiese wurde bis vor 10 Jahren als Acker genutzt. Seither begannen sich Zn und Pb wieder im Oberboden anzureichern. Die Werte an der Bodenoberfläche lagen für Zn bei 728.5 mg/kg⁻¹ und für Pb bei 302.4 mg/kg⁻¹ Boden. Im Gegensatz zum Wald liesen sich jedoch bis zu einer Tiefe von 20 cm noch beträchtliche Gehalte messen. Mit den Gehalten und der Geometrie des Profil 1 am Wiesenstandort und ergänzenden Literaturdaten wurde anschließend die Zn- und Pb-Verlagerung mit dem Transportmodell Hydrus für 10 Jahre simuliert. Das Programm Hydrus berechnet den eindimensionalen Stofftransport mit gekoppeltem Wasserfluss unter Berücksichtigung variablen Wassergehalts. Bei Zn wurde der gesamte Totalgehalt als löslich angenommen. Mit den Freundlich-Koeffizienten K_d und n eines Spodosol (pH-Wert 4.3) zeigte sich eine schnelle, merkliche Verarmung von Zn im Profil. Die Anfangskonzentration C war nach 3240 Tage in der Tiefe 0 cm von 433.4 mg/dm⁻³ Lösung auf 1.4 mg/dm⁻³ abgefallen, während sie in der Tiefe von 90 cm von 3.5 mg/dm⁻³ auf

170 mg/dm⁻³ Lösung zunahm. Die Annahme, alles Zink im Profil sei löslich, kann nicht aufrechterhalten werden, da sonst nur bei erheblich höherer Immissionsbelastung über lange Zeit die von uns gemessenen Werte gefunden worden wären. Die Löslichkeit muss in Abhängigkeit des pH-Wertes angegeben werden und die Freundlich-Koeffizienten dem Umstand Rechnung tragen, dass der pH-Wert im Profil 1 bei 6 liegt.

Bei der Simulation für die Bleiverlagerung kommt es zu einer Anreicherung in den obersten 5 cm. Da Blei allgemein schwerer verlagerbar ist als Zn, spielt hier der Unterschied des pH-Wertes im Profil zum pH des Spodosols eine geringere Rolle. Trotz den vereinfachten Annahmen gibt das Programm Hydrus eine gute Vorstellung des Stofftransportes im Boden.

Geostatistische Zusammenhänge zwischen Schwermetallbelastung und Ferromagnetismus im Boden

In einem durch Schwerindustrie stark belasteten Gebiet wie Oberschlesien muss die räumliche Schwermetallbelastung der Böden zur Kontrolle dokumentiert werden. Hier könnte zur effizienten Beprobung die Geostatistik zur Anwendung kommen. Nach Strzyszcz sind im betrachteten Gebiet im Vergleich zu industriearmen Regionen auch die Ferromagnetismuswerte im Oberboden sehr hoch (725 Hz/5 g Bodenprobe im Durchschnitt). Die hohen Ferromagnetismuswerte werden hier besonders durch die Emissionen aus Kohlekraftwerken, Eisenhütten und Zementindustrie verursacht. Da der Ferromagnetismuswert relativ einfach und billig zu messen ist, könnte dieser als Indikationswert für die Schwermetallbelastung dienen. Um die Brauchbarkeit als Indikationswert zu prüfen, können die statistischen und geostatistischen Parameter der gegebenen Ferromagnetismus- und Schwermetallwerte von vier Wojewodschaften geschätzt und miteinander verglichen werden.

Um auch kleinräumige, geostatistische Zusammenhänge aufzuzeigen, haben wir südlich des Kohlekraftwerkes Jaworzno III entlang eines Transekts nach dem «nested-sampling-Prinzip» im Wald Bodenproben aus den obersten 5 cm genommen und die Schwermetallgehalte und Ferromagnetismuswerte gemessen. Das «nested-sampling-Prinzip» berücksichtigt dabei sowohl die klassische statistische Analyse der Klassenvarianzen als auch die räumliche Verteilung der Variabilität im Boden.

Die statistische Analyse der Daten über die vier Wojewodschaften Opole, Częstochowa, Katowice und Bielsko-Biała ergab



Abb. 4: Eisenhütte im Stadtzentrum von Chorzów.
Fig. 4: Fonderie au centre de la ville de Chorzów.
Rys. 4: Huta stali w centrum Chorzowa.

sehr sehr hohe Mittelwerte der Zink- (463 ppm) und Bleibelastung (416 ppm) im O_1 -Horizont.

Trotz der wenigen Standortwerte sind Ähnlichkeiten zwischen den Schwermetall- und Ferromagnetismuswerten (FM) er-

sichtlich. So unterscheiden sich die Verteilungen und Semivariogramme von FM und Pb weniger voneinander als dieselben von FM und Zn. Unter den Schwermetallen haben Zink und Kadmium bzw. Blei und Kupfer ähnliche statistische wie geostatistische Parameter. Diese Übereinstimmungen hängen wahrscheinlich mit den ähnlichen Adsorptions- und Löslichkeitseigenschaften dieser Schwermetalle zusammen.

Obwohl die Schwermetalle mit den Ferromagnetismuswerten nicht stark intrinsisch (räumlich) korreliert sind, würde sich wahrscheinlich das Kriging und Kokriging (Methoden, Grössen eines Standortes mittels Werten eines benachbarten Standortes abzuschätzen) mit den Ferromagnetismuswerten für eine Schätzung der räumlichen Verteilung der Schwermetallbelastung lohnen. Für dieses ist die intrinsische Korrelation zwischen den Schwermetallen und Ferromagnetismuswerten nicht nötig.

Literatur:

Borkiewicz J., Mieczkowska E., Aleksandrowicz A., Leitmann J. 1991: Environmental Profile of Katowice. Draft Urban Management and the Environment, 35 S.

BUWAL 1990: Methoden für Ökobilanzen auf der Basis ökologischer Optimierung. Bern, 39 S.

Förster H. 1989: Die Agglomeration von Oberschlesien und Krakau als Problemgebiete. In: Kortus B., Förster H., 1989: Sozialgeographische Probleme der Agglomeration von Krakau und Oberschlesien. Ferdinand Schöningh Verlag, Paderborn.

Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa 1991: State of the Environment of Poland. Oficyna Wydawnicza OIKOS, Warszawa, 73 S.

Adressen der Verfasser:

Claudia Bond
 Cand. Kulturing. (Umwelting.) ETH
 Rietmühlestrasse 1
 CH-9443 Widnau

Christian Harb
 Cand. Kulturing. ETH
 Blauäcker 20
 CH-8051 Zürich

Peter Marty
 Cand. Kulturing. ETH
 Bertastrasse 26
 CH-8003 Zürich