



Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Abschätzung der Schwermetallmobilität in nordrhein-westfälischen Böden¹

Dr. Thomas Delschen und Jörg Leisner-Saaber (Essen, 28.01.2005)

Die gefahrenbezogene Bewertung von Untersuchungsergebnissen zur Schadstoffbelastung von Böden wird seit Inkraft-Treten von Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) und Bundes-Bodenschutz- und Altlasten-Verordnung (BBodSchV) im Regelfall insbesondere anhand von Prüf- und Maßnahmenwerten durchgeführt. Diese Beurteilungswerte sind nach Wirkungspfaden differenziert und ihre Ableitungsgrundlagen sind im Einzelnen dokumentiert (Anonym, 1999; bzgl. Wirkungspfad Boden/Pflanze siehe auch LABO, 1998)

Für den Pfad Boden-Pflanze liegen die Prüf- und Maßnahmenwerte überwiegend bezogen auf die Königswasser-extrahierbaren Gesamtschwermetallgehalte vor. Teilweise beziehen sie sich jedoch auf die sogenannte „mobile“, Ammoniumnitrat-extrahierbare Schwermetallfraktion im zu beurteilenden Boden (z. B. Cd auf Ackerflächen). Dies betrifft Schwermetalle und Nutzungen, bei denen die statistische Auswertung vorliegender Daten ergeben hatte, dass zwischen der mobilen Schwermetallfraktion im Boden und den zu erwartenden Schwermetallgehalten in Pflanzen engere Zusammenhänge bestehen, als dies auf Grundlage der Gesamtgehalte im Boden der Fall ist (LABO 1998). Allerdings bestehen zwischen dem Gesamtschwermetallgehalt und der mobilen Schwermetallfraktion in Böden mathematisch-statistisch beschreibbare Zusammenhänge, die sowohl stoffspezifisch sind als auch von Zusammensetzung und Eigenschaften der Böden abhängig sind. Als mobilitätsbestimmender Faktor von herausragender Bedeutung ist dabei der pH-Wert des Bodens. Demgegenüber sind der Tongehalt sowie der Gehalt an organischer Substanz von untergeordneter Relevanz. Umfangreiche Auswertungen dazu sind für nordrhein-westfälische Böden in der Schrift „Mobilität anorganischer Schadstoffe in Böden Nordrhein-Westfalens“ (LIEBE et al., 1997) dokumentiert.

Im Rahmen der Auswertung von digitalen Bodenbelastungskarten zur Ermittlung von Anhaltspunkten für das Vorliegen von Verdachtsflächen auf schädliche Bodenveränderungen sowie im Vorfeld von orientierenden Untersuchungen im konkreten Einzelfall liegen zunächst meist nur Bodenuntersuchungsergebnisse zu den Schwermetallgesamtgehalten vor. In diesen Fällen bestand in NRW bislang die Empfehlung, für die in diesem Zusammenhang vorrangig relevanten Stoffe Blei und Cadmium die Ammoniumnitrat-extrahierbaren Bodengehalte anhand der in der Publikation von

¹ Das vorliegende Dokument ist im Internetangebot des Landesumweltamtes in der Rubrik „Umweltthemen“ „Boden“ „Aktuelles“ verfügbar (<http://www.lua.nrw.de/themen/home02boden.htm>).

LIEBE et al., 1997 enthaltenen Regressionsgleichungen aus dem Schwermetallgesamtgehalt und dem Ziel-pH-Wert des Bodens² abzuschätzen (LUA NRW, 2002).

Die mit dieser Vorgehensweise gesammelten Erfahrungen haben zwischenzeitlich allerdings gezeigt, dass insbesondere die von LIEBE et al. (1997) genannte Formel für Blei in der Anwendung zu einer relativ hohen Anzahl von prognostizierten Prüfwertüberschreitungen des mobilen Gehaltes auf Ackerflächen führte. Bei stichprobenhaften Kontrollen der tatsächlichen Werte konnten diese Schätzungen häufig nicht bestätigt werden, und die realen Messwerte für Ammoniumnitrat-extrahierbares Blei lagen i.d.R. deutlich unter den geschätzten Werten.

Eine mögliche Ursache dafür kann darin liegen, dass bei der Auswahl des Datensatzes zur Ableitung der Regressionsgleichungen von LIEBE et. al. (1997) seinerzeit bewusst ein sehr weites Konzentrationsspektrum unter Einbeziehung einer Reihe von Extremstandorten berücksichtigt worden war. Das hatte zwar den Vorteil, dass eine näherungsweise Gültigkeit des Schätzmodells über einen weiten Konzentrationsbereich besteht. Andererseits wird dadurch jedoch den erfahrungsgemäß häufig mehr oder minder stark abweichenden Verhältnissen gerade im unteren Konzentrationsbereich, der in der Bewertungspraxis die größte Rolle spielt, nicht ausreichend Rechnung getragen. Diese Gefahr erhöht sich noch bei der hier auf Grund der Datenstruktur erforderlichen Verwendung doppelt-logarithmierter Ausgangsdaten und multipler Regressionsverfahren.

In NRW sind zwischenzeitlich eine Reihe von Untersuchungsprogrammen durchgeführt worden, aus denen in erheblichem Umfang auch neue Daten zu Schwermetallgesamtgehalten, pH-Werten und mobilen Schwermetallgehalten hervorgegangen sind. Diese können für eine Revision und Aktualisierung der o. g. Schätzgleichungen nach LIEBE et al. (1997) genutzt werden. Dabei ist vor allem bedeutsam, dass die Datenbasis auch in dem Bereich erweitert wurde, der für die Beurteilung von Acker- und Gartenböden von besonderer Relevanz ist. Die durchgeführten Datenauswertungen erstreckten sich auf Bodendaten der Nutzungen Acker und Garten sowie die Metalle Blei, Cadmium und Zink.

Abgesehen von der aktualisierten Datenbasis wurden an der Methodik gegenüber den seinerzeitigen Ableitungen keine wesentlichen Änderungen vorgenommen. So wurden mit Hilfe des Statistik-Programmes SPSS 10.0 multifaktorielle Regressionsanalysen unter Einbeziehung der abhängigen Variablen *Schwermetallgesamtgehalt* und *pH-Wert* und der Zielvariablen *mobiler Schwermetallgehalt* durchgeführt. Werte unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze wurden nicht berücksichtigt. Zusätzlich fand eine Ausreißereliminierung statt. Dabei wurden Proben, bei denen die Schätzung außerhalb des 99%-Konfidenzintervalles für die Regression zwischen prognostiziertem und gemessenem Wert lag, nicht berücksichtigt. Aus verschiedenen Gründen war vor den Regressionsberechnungen eine Logarithmierung der Schwermetallgehaltsdaten erforderlich, was sich in den ermittelten Regressionsgleichungen entsprechend widerspiegelt und bei deren Anwendung zu beachten ist.

² Die Ziel-pH-Werte landwirtschaftlich genutzter Böden sind die gemäß guter landwirtschaftlicher Praxis in Abhängigkeit von Bodennutzung, Bodenart und Humusgehalt langfristig anzustrebenden pH-Werte. Dazu existieren entsprechende Empfehlungen der landwirtschaftlichen Fachbehörden (z. B. Landwirtschaftskammer NRW unter <http://www.landwirtschaftskammer.de/lufa/fachinfo.htm>). Die Erfahrung zeigt allerdings, dass die realen pH-Werte oftmals deutlich von den Ziel-pH-Werten abweichen.

Für die Metalle Blei, Cadmium und Zink ergaben die Regressionsanalysen folgende Gleichungen (Schwermetallkonzentrationen in mg/kg):

$$\log \text{Pb}_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 0,765 \log \text{Pb}_{\text{KW}} - 0,522 \text{ pH-Wert} + 0,221; \quad r^2 = 0,454; \quad n = 212$$

$$\log \text{Cd}_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 0,885 \log \text{Cd}_{\text{KW}} - 0,513 \text{ pH-Wert} + 1,283; \quad r^2 = 0,589; \quad n = 428$$

$$\log \text{Zn}_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 1,022 \log \text{Zn}_{\text{KW}} - 0,839 \text{ pH-Wert} + 2,629; \quad r^2 = 0,687; \quad n = 312$$

Die ermittelten Modelle weisen für den genannten Anwendungsbereich gegenüber den Modellen von LIEBE et al. (1997) deutlich bessere Übereinstimmungen zwischen den gemessenen und den geschätzten Gehalten an mobilen Schwermetallen im Boden auf. Während sich nach Anwendung der neuen Formeln der Prognosewert für den mobilen Anteil bei Cadmium kaum gegenüber der bisherigen Vorhersage verändert (Abbildung 1), im Bereich niedriger pH-Werte eher etwas höher geschätzt wird, verändert sich beim Blei die Prognose z.T. erheblich (Abbildung 2). Die Schätzung liegt insbesondere bei niedrigen pH-Werten weit niedriger als bisher, erlaubt jedoch unter Berücksichtigung der Erfahrungen, die in praktischen Vergleichsuntersuchungen gemacht wurden, vermutlich eine deutlich realistischere Beurteilung.

In bodenschutzrelevanten Fragestellungen, bei denen die Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen mobilen und Gesamtgehalten der drei genannten Schwermetalle notwendig ist, wird daher die Anwendung der neu ermittelten Schätzgleichungen empfohlen.

Literatur:

ANONYM (1999): Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Bundesanzeiger, 51, Nr. 161a, herausgegeben vom Bundesministerium der Justiz, Bonn

LABO – Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1998): Eckpunkte zur Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfades Bodenverunreinigungen/Altlasten - Pflanze. In: ROSENKRANZ, D., BACHMANN, G., EINSELE, G. UND H.-M. HARRESS: Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. Kennzahl 9009, 28. Lfg. 12/98, Erich-Schmidt-Verlag, Berlin

LUA NRW – Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen [Hrsg.] (2002): Leitfaden zur Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten -Teil I: Außenbereiche. Merkblätter Nr. 24, Essen

LIEBE, F., WELP, G u. G. W. BRÜMMER (1997): Mobilität anorganischer Schadstoffe in Böden Nordrhein-Westfalens. Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Bd. 2, herausgegeben vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen

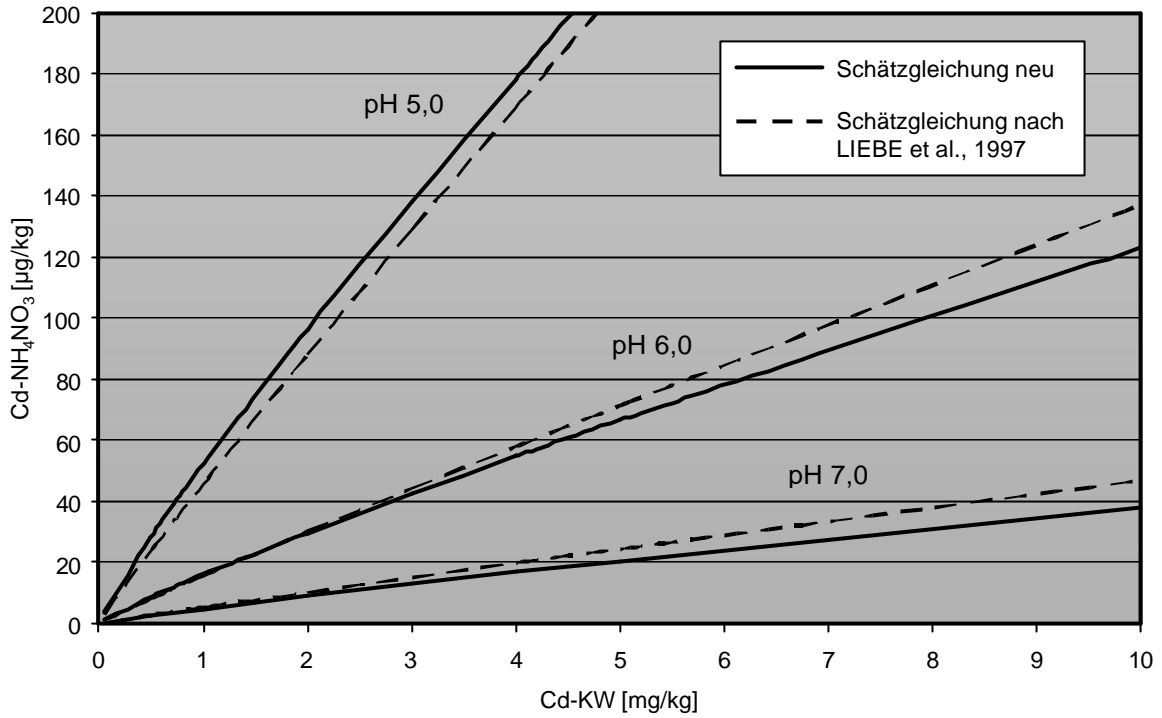


Abbildung 1: Vergleich der Prognose mobiler Cadmiumgehalte nach alter und neuer Schätzungsgleichung, differenziert nach drei pH-Wert-Klassen

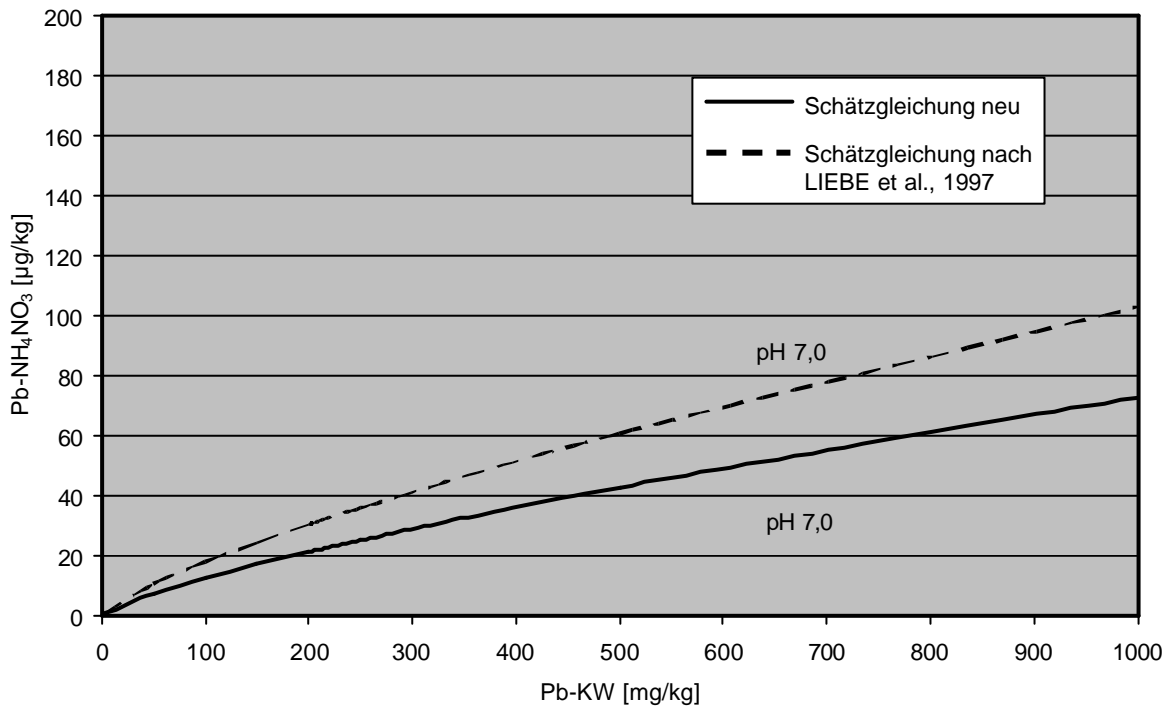
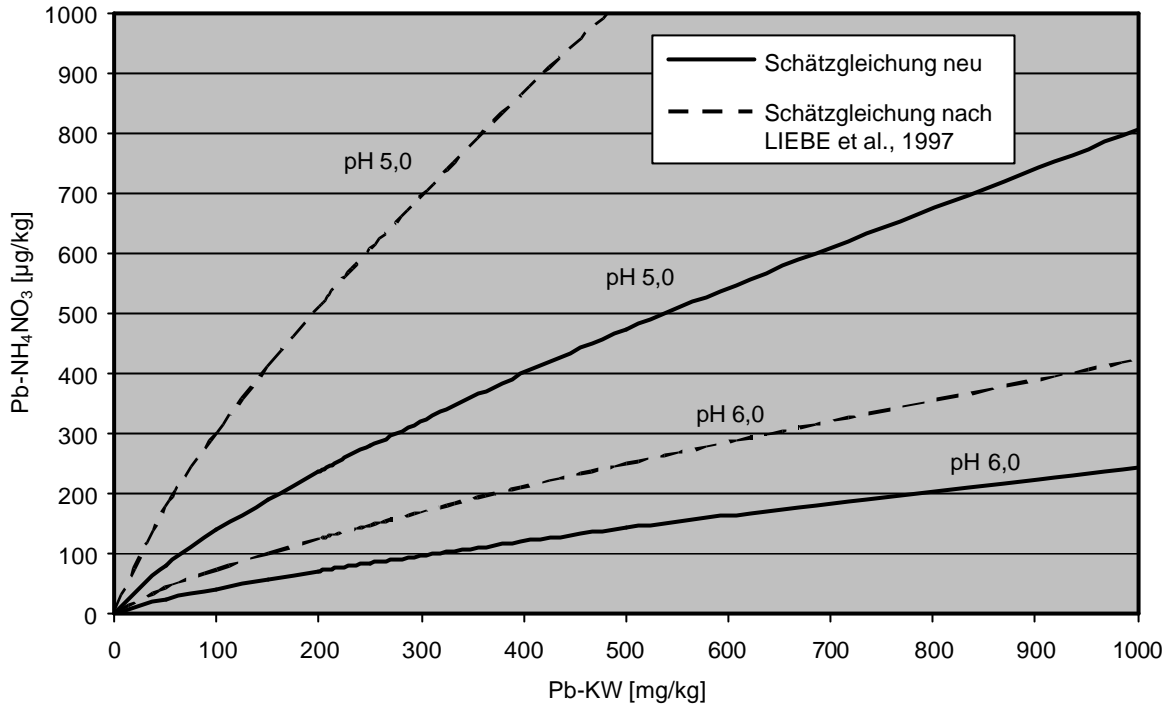


Abbildung 2: Vergleich der Prognose mobiler Bleigehalte nach alter und neuer Schätzungsgleichung, differenziert nach drei pH-Wert-Klassen