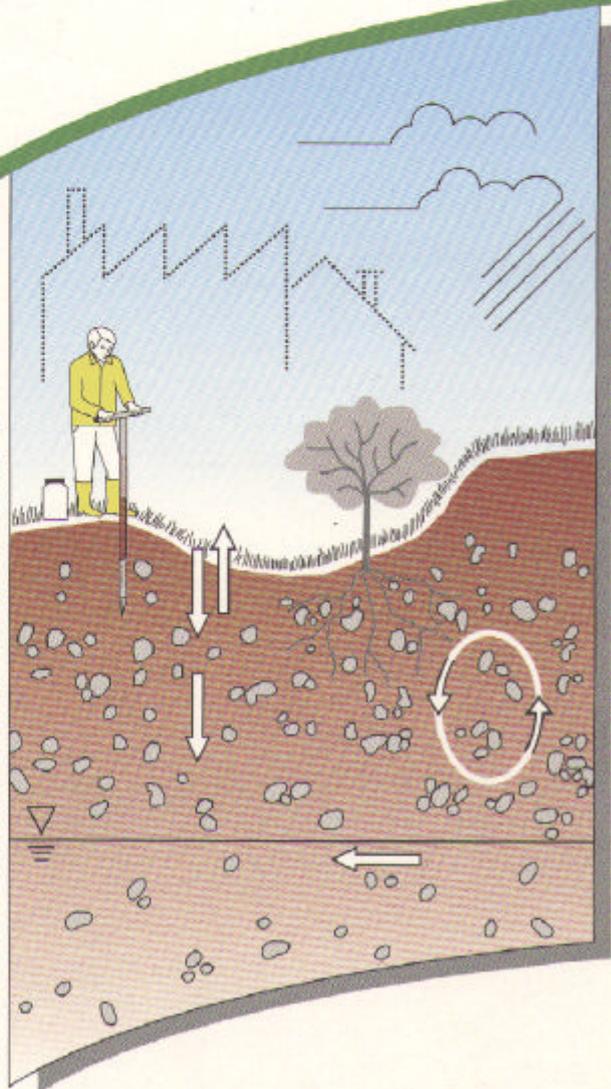


Handbuch Boden

Einträge von Platingruppen-
elementen (PGE) aus Kfz-Abgas-
katalysatoren in straßennahe
Böden

Texte und Berichte zum Bodenschutz



The logo for BofaWeb features the text "BofaWeb" in a bold, sans-serif font. The text is positioned above a horizontal bar that is yellow on the left and transitions into a red-to-white gradient on the right.

Bodenschutzfachinformation im WWW

IMPRESSUM

Herausgeber: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Griesbachstr. 1
76185 Karlsruhe

Redaktion: Abteilung 5 Boden, Abfall, Altlasten
Referat 51 Bodenschutz
Dr. Thomas Nöltner
Dr. Manfred Schöttle

Verfasser: Prof. Dr. H. Puchelt
Dipl.-Min. J.-D. Eckhardt
Dipl.-Min. J. Schäfer
Institut für Petrographie und Geochemie
Universität Karlsruhe
Kaiserstr. 12
76128 Karlsruhe

Karlsruhe, November 1995

**Bei diesem Ausdruck handelt es sich um eine Adobe Acrobat Druckvorlage.
Abweichungen im Layout vom Original sind rein technisch bedingt.
Der Ausdruck sowie Veröffentlichungen sind - auch auszugsweise- nur für
eigene Zwecke und unter Quellenangabe des Herausgebers gestattet.**

Einträge von Platingruppenelementen aus Kfz-Abgaskatalysatoren in straßennahe Böden

Sachstandsbericht anhand ausgewählter Standorte,

*erstellt im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz
und des Umweltministeriums Baden-Württemberg*

*Institut für Petrographie und Geochemie
der Universität Karlsruhe*

November 1995

Inhaltsverzeichnis

1 EINFÜHRUNG.....	1
2 ZIEL DER UNTERSUCHUNG.....	1
3 STANDORTE.....	1
3.1 BODEN-DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHE FORST	2
3.2 PFORZHEIM-OST	3
4 PROBENAUFBEREITUNG UND ANALYTIK.....	4
4.1 ENTFERNUNG DER ORGANISCHEN SUBSTANZ	4
4.2 DOKIMASIE UND ICP-MS.....	5
5 ERGEBNISSE.....	6
5.1 BDF FORST	6
5.2 BAB 8 - PFORZHEIM-OST	9
6 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE.....	13
7 LITERATUR.....	14
INDEXVERZEICHNIS	15
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	15

1 Einführung

Als eine Konsequenz des wachsenden Umweltbewußtseins wurde Mitte der achtziger Jahre in Deutschland die Autoabgasreinigung durch Katalysatoren eingeführt. Seitdem haben Bedeutung und Einsatz der Abgaskatalysatoren in Kraftfahrzeugen stark zugenommen.

Die Katalysatoren enthalten zwei bis drei Gramm der katalytisch wirksamen Edelmetalle Platin, Rhodium und Palladium (Pt, Rh, Pd), die auf einen Träger aus Keramik und Aluminium-oxid aufgebracht sind. Die verschiedenen Edelmetalle bewirken je nach ihren chemischen Eigenschaften die Reduktion von Stickoxiden und die Oxidation von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen zu unbedenklichen Substanzen (N_2 , CO_2 , H_2O).

Laborversuche ergaben eine Emission von 1 bis 1,9 μg Platin pro gefahrenem Kilometer durch einen Katalysator-Pkw. Dieser Austrag muß auf mechanische, thermische und Säurebelastungen beim Fahrbetrieb zurückgeführt werden (KNOBLOCH 1993).

Schon heute ist ein deutlicher Anstieg der Gehalte von Pt, Pd und Rh entlang stark befahrener Straßen zu verzeichnen, wovon vor allem die oberen Bodenhorizonte betroffen sind. Erste Untersuchungen nehmen an, daß ca. 90% der emittierten Edelmetalle in partikulärer Form vorliegen, während der Rest als löslicher Anteil bezeichnet wird (KNOBLOCH 1993; ALT et al. 1993). Die toxikologische Bedeutung der PGE ist bislang nur unzureichend geklärt. Die löslichen Salze von Pt, Pd und Rh besitzen ein hohes allergenes Potential. Obwohl ihre toxische Wirkung in Tierversuchen nachgewiesen wurde, sind Dosis-Wirkungs-Beziehungen in Bezug auf den Menschen noch nicht bekannt (MARQUARDT & SCHÄFER 1994).

2 Ziel der Untersuchung

Vor diesem Hintergrund veranlasste das Land Baden-Württemberg eine Datenerfassung über verkehrsbedingte Edelmetallgehalte in der Umwelt. Die landesweiten Untersuchungen führte das Institut für Petrographie und Geochemie der Universität Karlsruhe im Auftrag der Landes- anstalt für Umweltschutz (LfU) an ausgewählten Straßenstandorten durch.

Das Ziel dieser Untersuchungen war es, einen Überblick über den verkehrsbedingten Anstieg der PGE-Gehalte in den letzten Jahren zu erhalten. Abhängigkeiten von Standort und Lage, sowie Mobilität und Verhalten der Edelmetalle sollten näher beschrieben werden.

3 Standorte

Zur Klärung der genannten Fragestellungen wurden ausgewählte Standorte untersucht. Die Kriterien der Auswahl waren vor allem Verkehrsdichte, Straßentypus und landesweite Erfassung verschiedener Standorte. Zudem bot es sich an, auf vorhandene Umweltbeobachtungsflächen zurückzugreifen, sofern sie die genannten Voraussetzungen erfüllten. Im Rahmen der Untersuchungen wurden an Autobahnen, Bundesstraßen, sowie an Kreuzungen in Großstädten Traversen und Bodenprofile beprobt.

3.1 Boden-Dauerbeobachtungsfläche Forst

Die LFU Baden-Württemberg hat eine landeseigene Boden-Dauerbeobachtungsfläche (BDF) an der BAB 5 bei Forst zwischen Bruchsal und Kronau (R 3469850 H 5450250) etabliert. Hier werden wichtige ökologische Parameter ständig überprüft.

Das Verkehrsaufkommen beträgt an diesem Streckenabschnitt ca. 93.000 Kfz pro Tag (Stand April 1992). Als typischer Standort des Oberrheinischen Tieflandes weist die BDF Forst neben einem ebenen Relief einen Kiefer-/Buchenbestand auf. Beim Boden handelt es sich um einen Braunerde-Semigley auf diluvialen kiesigen Sanden der Niederterrasse. Der Grünstreifen zwischen Fahrbahn und Waldrand (bzw. BDF) ist 14 m breit und wird regelmäßig gemäht.

Ein umfangreiches Meßprogramm verfolgt Bodenparameter, Schadstoffe und verschiedene Wirkungszusammenhänge. Zu den untersuchten Bodenparametern gehören u.a. pH-Wert und Tongehalt, sowie der Feuchtigkeitshaushalt. Wichtige untersuchte Schadstoffe sind insbesondere spezifische Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle (KOHL et al. 1993). Dieses bereits vorhandene Versuchsfeld bot eine sehr gute Grundlage für den Einstieg in die vorliegenden Untersuchungen.

Lageplan zur Anordnung der Meßeinrichtungen (unmaßstäbliche Aufsicht)

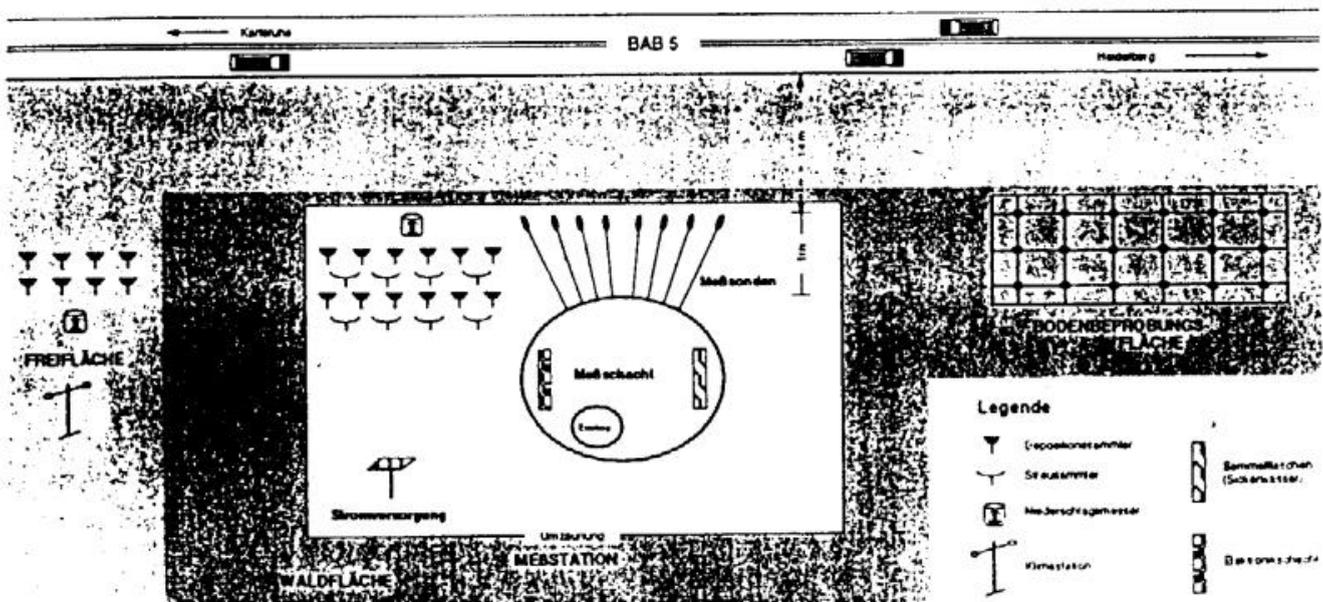


Abbildung 1: Lage der Boden-Dauerbeobachtungsfläche Forst

Die Probennahme zur Untersuchung der Katalysatoremissionen erfolgte an bereits angelegten Beprobungspunkten der BDF, also in fünf Traversen jeweils in Abständen von 14, 16 und 18 m zum Fahrbahnrand (Abb. 1).

Zusätzlich wurde eine rechtwinklig zum Fahrbahnrand verlaufende Traverse angelegt, um die Abhängigkeit der Gehalte von der Fahrbahnnähe zu überprüfen. Die Probennahmepunkte lagen in Entfernungen zwischen 0,1 und 50 m von der Straße.

In den beiden langen Traversen wurde die obere Bodenschicht (0-10 cm) beprobt, im Versuchsfeld die obere Bodenschicht und die Auflage.

3.2 Pforzheim-Ost

Arbeiten Kfz-Motoren aufgrund einer ausgeprägten Steigung unter Last, ist an dieser Stelle mit erhöhten Emissionen zu rechnen. Um den Einfluß einer starken Steigung zu erfassen, wurde eine Beprobung an der BAB 8 nördlich der Autobahneinfahrt Pforzheim-Ost in Fahrtrichtung Karlsruhe angesetzt (Abb. 2; R 348222 H 542051). Das mittlere Verkehrsaufkommen beträgt an diesem Streckenabschnitt ca. 50.000 Fahrzeuge pro Tag (Stand 1990).

Eine weitere Voraussetzung für eine sinnvolle Beprobung ist die Möglichkeit zur ungestörten Ausbreitung der Emissionen. Die beprobte Traverse beginnt in unmittelbarer Nähe zur Fahrbahn. Das Relief senkrecht zum Fahrbahnrand zeigt einen ebenen und horizontalen Verlauf (keine Böschung; kein Graben). Da an diesem Standort weder eine Leitplanke noch andere Hindernisse vorhanden sind, wurde eine unbehinderte Verteilung der PGE-belasteten Stäube vorausgesetzt.

Verlagerungen durch Oberflächenabfluß und Wind konnten aufgrund des hier dichten Grasbewuchses und der geschützten Lage weitgehend ausgeschlossen werden. Straßenbauliche Maßnahmen fanden innerhalb der vergangenen acht Jahre nicht statt (frdl. tel. Mitt. H. Meeh, Autobahnmeisterei Heimsheim).

Somit konnte von einer gleichbleibenden Exposition des untersuchten Bodens seit Einführung der Abgaskatalysatoren ausgegangen werden.

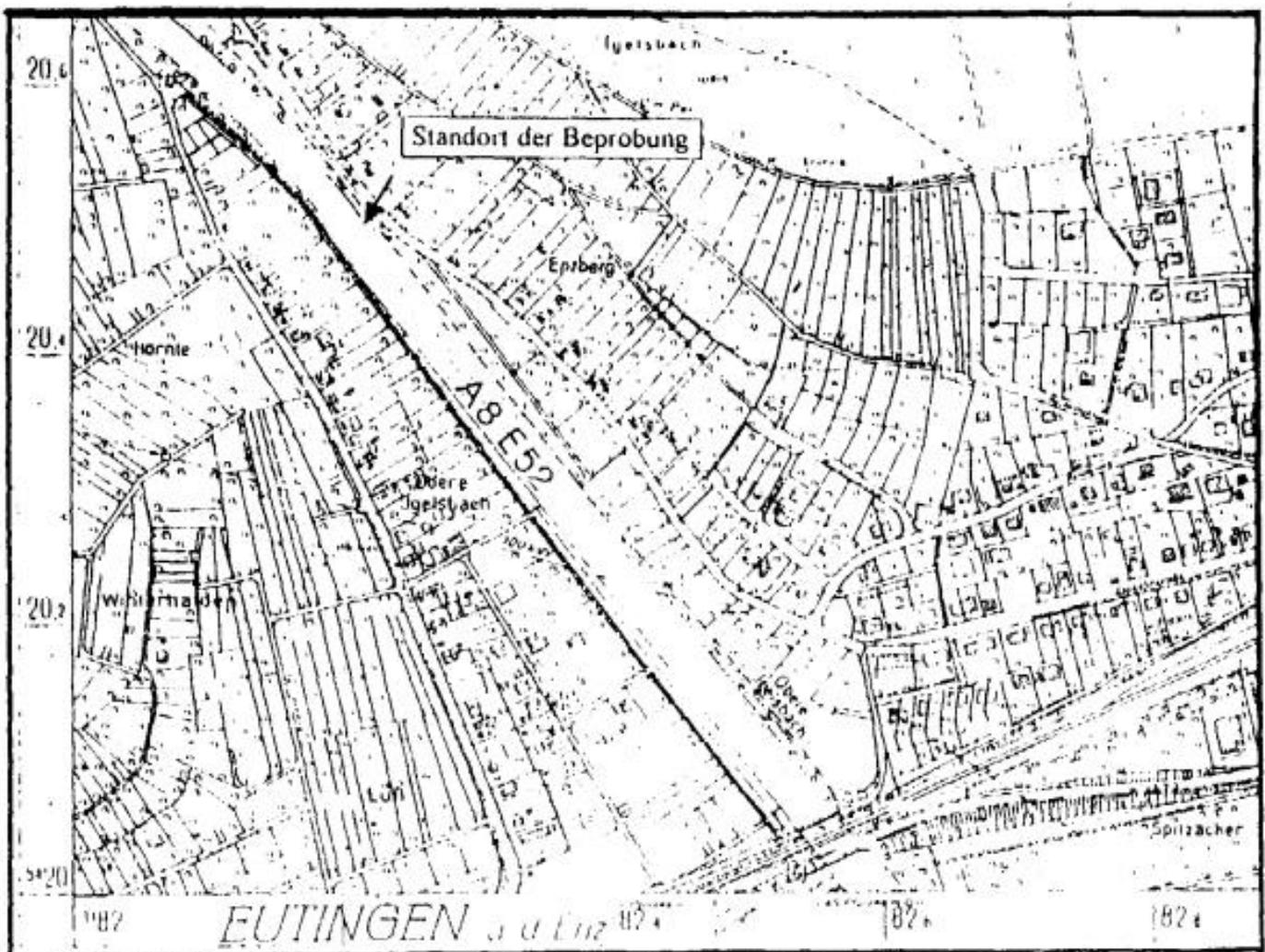


Abbildung 2: Lage des untersuchten Standortes an der BAB 8

Die Beprobung erfolgte in Entfernungen von 0,1 m bis 6,0 m senkrecht zum Fahrbahnrand, wobei in Fahrbahnnähe engere Abstände gewählt wurden. Im Tiefenprofil wurden einzelne Abschnitte (Auflage; 0-2 cm; 2-5 cm; 5-10 cm) getrennt berücksichtigt.

Zusätzlich wurden Proben vom Straßensediment, sowie Pflanzenproben entnommen.

4 Probenaufbereitung und Analytik

Die Proben wurden zunächst 24 Stunden lang im Trockenschrank bei 40°C vorgetrocknet.

Anschließend wurden die Bodenaggregate in einem Holzmörser zerstört und der Feinboden (< 2 mm) mit Hilfe eines Kunststoffsiebes vom Skelett abgetrennt. Dann wurden die Proben bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

4.1 Entfernung der organischen Substanz

Zur Eliminierung des enthaltenen organischen Kohlenstoffs (vor allem Pflanzenreste) wurden die Proben verascht. Dies geht mit einer Gewichtsabnahme einher. Besonders bei überwiegend organischen Proben (z.B. Pflanzenproben oder Streuauflage) ist dieser Schritt wichtig, um gleichbleibende Reaktionsbedingungen bei der späteren Anreicherung der Edelmetalle mit der Dokimasie zu gewährleisten:

Die Proben wurden gewogen, 12 Stunden bei 250°C verschwelt und anschließend 12 Stunden bei 450°C verascht. Hierbei wurde der enthaltene organische Kohlenstoff oxidiert und abgeführt. Zur Bestimmung des Glühverlustes, der bei den untersuchten Bodenproben in der Regel drei bis zehn Gewichtsprozent betrug, wurde anschließend noch einmal gewogen.

Proben mit sehr hohem Organikanteil (z.B. Auflage, Schnittgut) zeigen Glühverluste von 60-95 %, woraus eine zusätzliche Voranreicherung der Edelmetalle resultiert (Abb. 3).

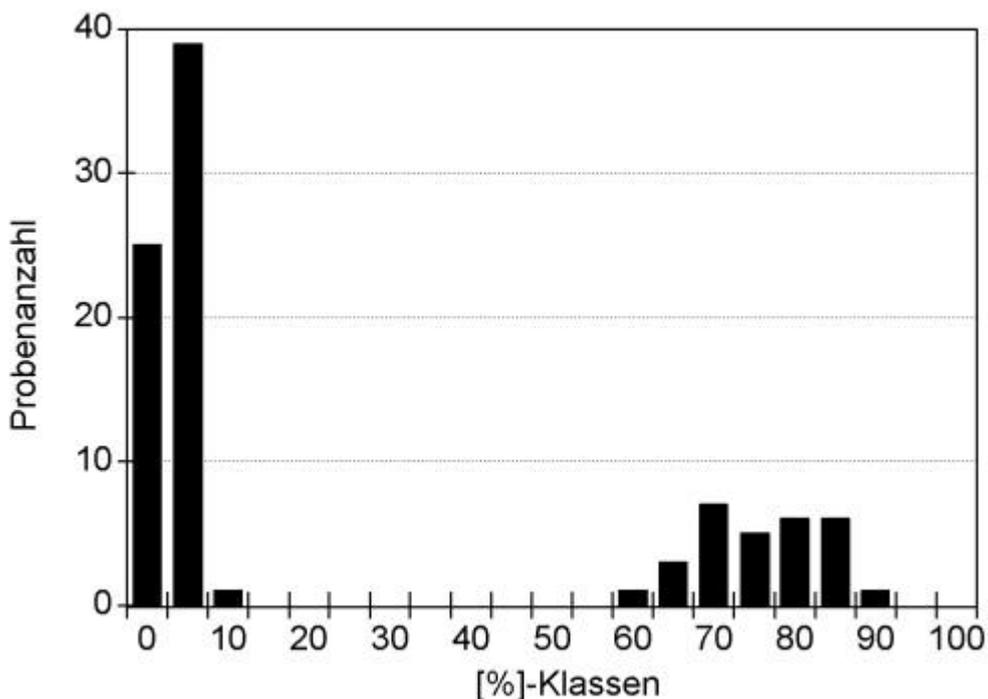


Abbildung 3: Glühverluste der untersuchten Proben

4.2 Dokimasie und ICP-MS

Nach Aufbereitung der Proben werden die Edelmetalle mit Hilfe der Nickel-Dokimasie von der Matrix abgetrennt, angereichert und anschließend selektiv aufgeschlossen. Die Bodenproben werden mit einer Schmelzmischung aus Borax, Na-Karbonat, Ni-Pulver, S-Pulver und SiO₂ bei 1140°C aufgeschmolzen. Neben der boratisch-silikatischen Schmelze bildet sich eine Nickelsulfid-Phase, in der die Edelmetalle gesammelt und angereichert werden. Nach dem Erkalten trennt man den sogenannten Nickelsulfid-Regulus mechanisch von der Schlacke ab und zerkleinert ihn. Das Nickelsulfid wird mit Salzsäure gelöst, wobei die Edelmetallphasen nicht angegriffen werden. Diese werden durch Filtration abgetrennt und unter stark oxidierenden Bedingungen (conc. HCl & 30% H₂O₂) gelöst. Die erhaltenen Probenlösungen werden mit dem ICP-MS auf ihre Edelmetallgehalte analysiert.

Mit dieser Methodik wird eine gute Reproduzierbarkeit bei sehr niedrigen Nachweisgrenzen erreicht.

Die Nachweisgrenzen werden nicht durch die gerätetechnische Seite der ICP-MS bestimmt, sondern durch die Blindwerte der Nickel-Dokimasie. Diese liegen aufgrund des großen Chemikalieneinsatzes deutlich höher. Positiv wirken sich demgegenüber die Anreicherungen durch Veraschung und Dokimasie aus. Da die letztgenannten von Probe zu Probe variieren, müßten, basierend auf dem Blankwert der Methode, für jede individuelle Probe eigene Werte angegeben werden. Folgende Bestimmungsgrenzen erscheinen bei einer Einwaage von 50 Gramm, einem Meßvolumen von 10 ml und einem Glühverlust von nur 5 Prozent als realistisch:

- Platin: 0,5 µg/kg
- Palladium: 0,3 µg/kg
- Rhodium 0,2 µg/kg

Für eine gute Analytik ist die Durchführung von Mehrfachbestimmungen (Reproduzierbarkeit) und die Messung von Standardproben (Richtigkeit) von größter Bedeutung. Beides wurde erfolgreich durchgeführt.

Ein weiterer Vorteil liegt bei den vorliegenden Untersuchungen in der profilartigen Anordnung der Proben. Ergeben die Meßergebnisse in der graphischen Darstellung einen gleichmäßigen Verlauf, spricht dies für die relative Richtigkeit der Gehalte untereinander. Ausreißer aus der Kurve müssen überprüft werden, sind aber nicht zwangsläufig falsch.

Das Verhältnis der PGE, wie es produktionsbedingt in den Katalysatoren vorliegt, sollte sich auch in den Meßergebnissen wiederfinden. Dies ermöglicht eine zusätzliche Kontrolle der Analytik, da eventuelle Ausreißer leicht zu erkennen sind (Abb. 4).

Ein grundlegendes Problem bei der Edelmetallanalytik ist der Nugget-Effekt. Fehler infolge dieser inhomogenen Verteilungen innerhalb der Probe werden durch die hohe Einwaage bei der Nickel-Dokimasie vermieden.

5 Ergebnisse

5.1 BDF Forst

Die Gehalte im Boden (0-10 cm) zeigen eine steile Abnahme von Platin, Rhodium und Palladium innerhalb der ersten fünf Meter. In größerer Entfernung vom Fahrbahnrand ändern sich die Konzentrationen nicht mehr signifikant, es ist höchstens eine schwache Abnahme auf den lokalen Hintergrundwert zu erwarten. Abbildung 4 veranschaulicht für Profil A die höchsten gemessenen Gehalte für Platin mit 18 µg/kg, für Rhodium mit 2,5 µg/kg und für Palladium mit 4 µg/kg.

In der Auflage zeigen sich wesentlich höhere Gehalte der PGE. Dies wird durch die Aufnahmen innerhalb der BDF deutlich, die in Abb. 6 für Platin dargestellt sind. Hierbei enthalten die Proben der Auflage Platin und Rhodium in einem gleichbleibenden Verhältnis von ca. 6:1 (Abb. 5). Da das Mengenverhältnis dieser beiden Elemente in den meisten handelsüblichen Abgaskatalysatoren bei 5:1 liegt, sind die gemessenen Gehalte eindeutig auf verkehrsbedingte Emissionen zurückzuführen. Diese Wiederfindung stützt auch die Richtigkeit der Analytik.

Von der Auflage zum darunter befindlichen Boden ist eine deutliche Abnahme der PGE-Gehalte zu beobachten. Der Faktor zwischen den Gehalten in der Auflage gegenüber der Mischprobe aus 0-10 cm beträgt für Platin durchschnittlich 10, für Rhodium zwischen 10 und 45 und für Palladium nur ca. 2. Die Grafiken (Abb. 6a, 6b) zeigen auch, daß sich erhöhte Werte in der Auflage in den Boden durchpausen, wie dies um den Punkt C/14 der Fall ist. Die hier gemessenen Gehalte liegen auch im Mineralboden über dem geogenen Hintergrund.

Insgesamt lassen sich in diesem Versuchsfeld noch in einer Entfernung von mehr als 14 m von der Autobahn Einträge von Katalysatormetallen in den Boden nachweisen.

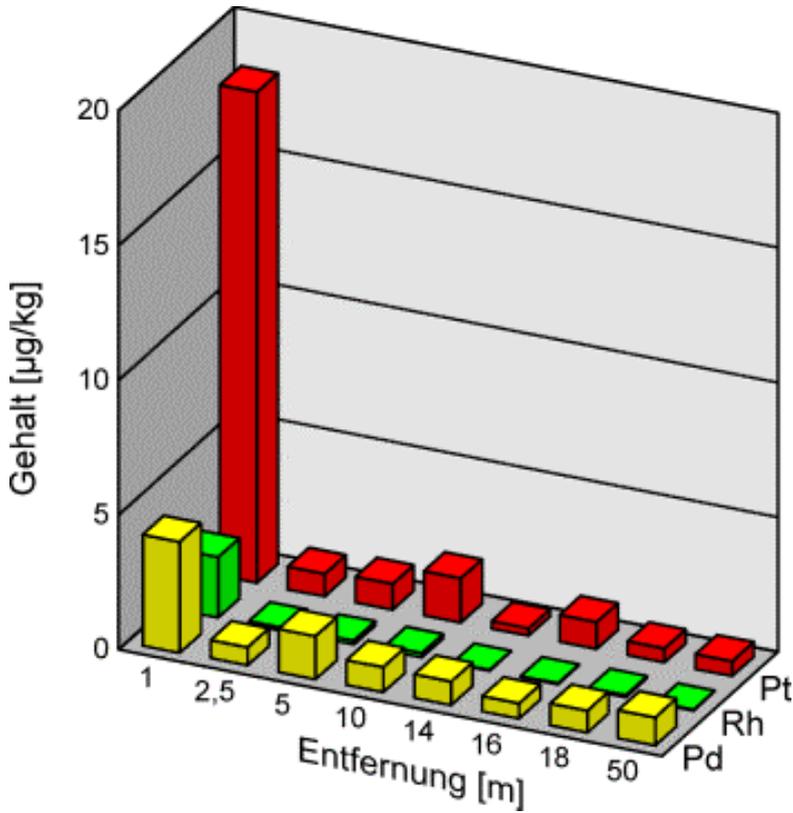


Abbildung 4: Platin-, Rhodium- und Palladiumgehalte (BDF Forst; Profil A; 0-10cm)

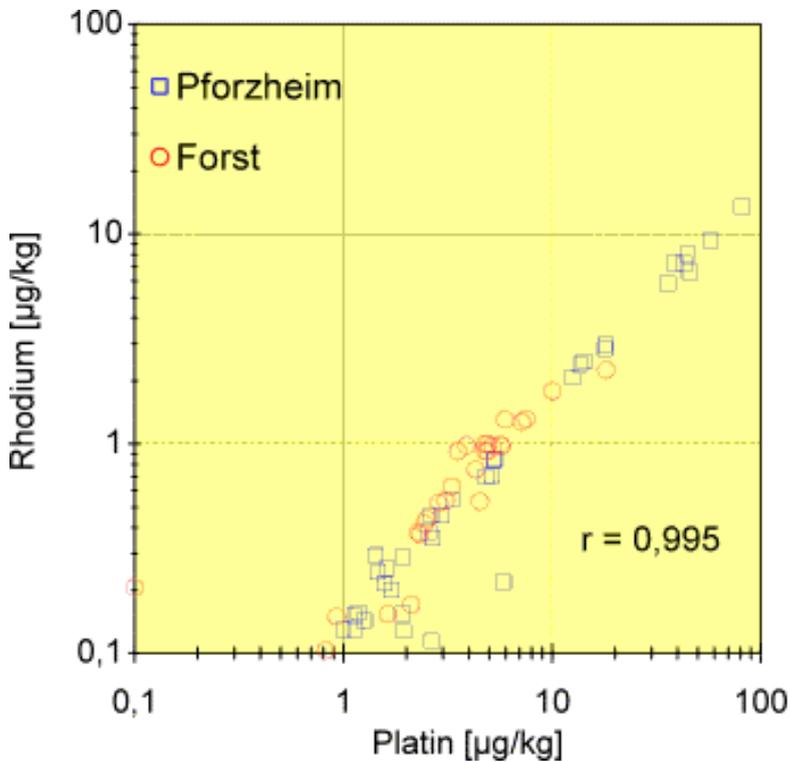


Abbildung 5: Verhältnis Platin zu Rhodium in den bisher untersuchten Proben der Standorte Forst und Pforzheim

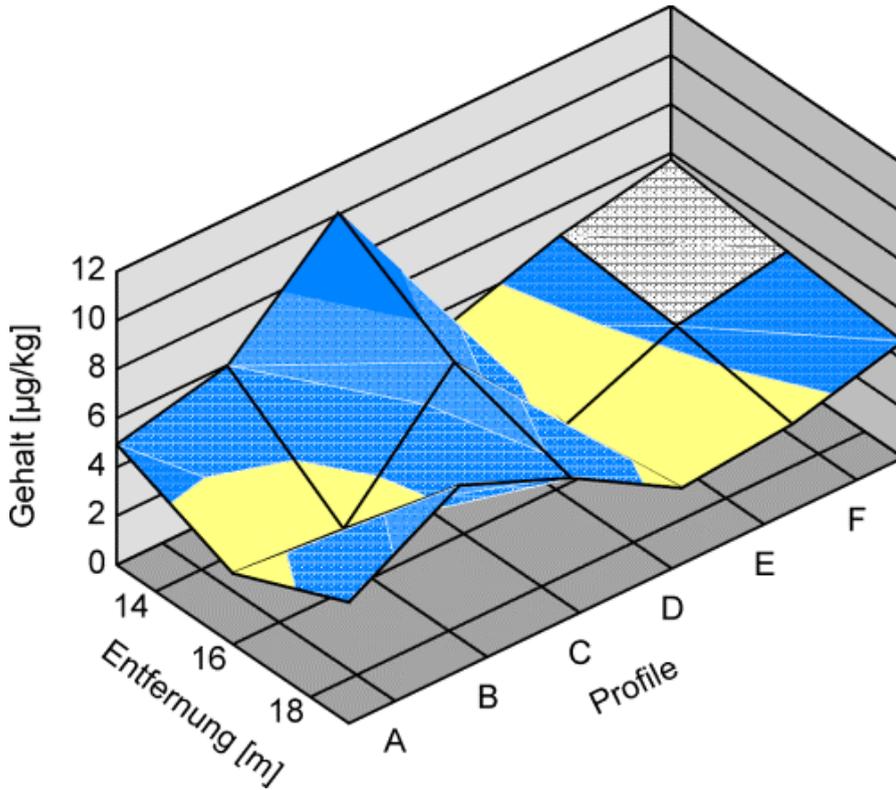


Abbildung 6a: Plattingehalte in Auflageproben des Testfelds der BDF Forst

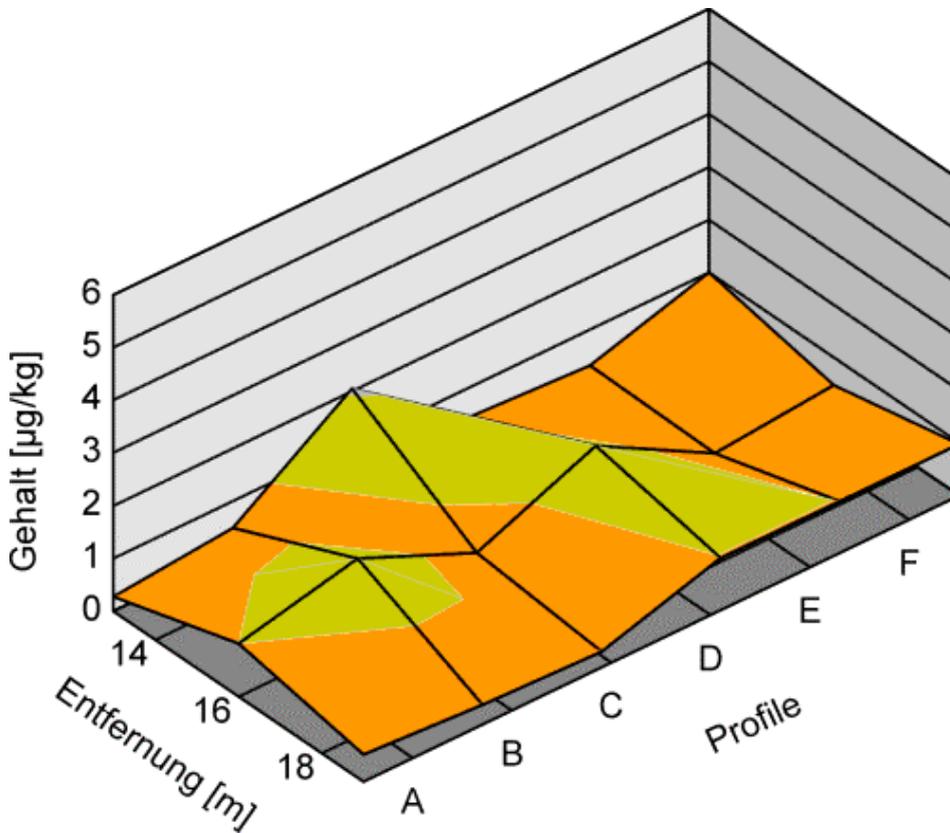


Abbildung 6b: Plattingehalte in Bodenproben des Testfelds der BDF Fort (Profiltiefe 0-10 cm)

5.2 BAB 8 - Pforzheim-Ost

Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen der BDF Forst wurde das Profil bei Pforzheim dichter beprobt und der Bodenbereich 0-10 cm in drei Tiefenstufen unterteilt. Dies ermöglicht genaue Aussagen über die kleinräumige Verteilung der Edelmetalle im Straßenrandbereich und im Bodenprofil.

Das beprobte Straßensediment vom Fahrbahnrand enthält durchschnittlich 310 µg/kg Platin, 50 µg/kg Rhodium, sowie ca. 10 µg/kg Palladium. Dieses Sediment sollte die relative Zusammensetzung der Emissionen widerspiegeln und somit Auskunft über das in Fahrbahnnähe abgelagerte, luftgetragene Material geben. Die Gehalte sind extrem hoch und liegen beispielsweise nur um Faktor zehn niedriger, als in abbauwürdigen Platinlagerstätten. Das Verhältnis von Platin zu Rhodium liegt bei sechs. Palladium, das erst in jüngster Zeit in Katalysatoren eingesetzt wird, ist in deutlichen Konzentrationen im Straßenstaub vorhanden.

Die untersuchten Gräser vom Straßenrand enthielten durchschnittlich 5 µg/kg Platin, 0,8 µg/kg Rhodium und 0,6 µg/kg Palladium. Bezogen auf die kurze Exposition (ca 3 Monate) bis zum Zeitpunkt der Probennahme zeugen die beobachteten Gehalte von einem starken Eintrag der PGE in die Umwelt.

Bodenschicht 0-2 cm

In der obersten beprobten Bodenschicht zeigt sich eine exponentielle Abnahme der Gehalte von Platin, Rhodium und Palladium mit zunehmender Entfernung vom Fahrbahnrand (Abb. 7). Wie beim Standort Forst, treten Platin und Rhodium auch hier bei nahezu allen Proben in einem gleichbleibenden Verhältnis von ca. 6:1 auf (Abb. 5).

Der in neuerer Zeit vermehrte Einsatz von Abgaskatalysatoren auf Palladium-Rhodium-Basis läßt sich durch erhöhte Pd-Gehalte in Fahrbahnnähe nachweisen.

Während die Rhodiumgehalte am Straßenrand und im Straßensediment über den Palladiumwerten liegen, kehrt sich dieser Sachverhalt ab einer Entfernung von 1,5 m um.

Der bereits in Forst beobachtete Transport der emittierten PGE wird in Pforzheim-Ost durch den Anstieg der Gehalte ab 4,5 m Abstand deutlich. Dies kommt besonders auch in den tieferen Profilschnitten zum Ausdruck (s.u.). Ab 5,5 m steigt das ebene Gelände zu einer Böschung an. Hier treten leicht erhöhte Werte auf, die möglicherweise auf einen Auskämmeffekt zurückzuführen sind.

Bodenschicht 2-5 cm

Im zweiten Profilabschnitt (Profiltiefe 2-5 cm) sind die Edelmetallgehalte deutlich niedriger, als an der Oberfläche. Ein signifikantes Konzentrationsgefälle mit der Entfernung von der Fahrbahn ist nicht vorhanden. Die einzelnen Elementgehalte schwanken jeweils um einen Mittelwert (Abb. 8). Die gemessenen Konzentrationen betragen für Platin zwischen 0,4 und 2 µg/kg, für Rhodium zwischen 0,1 und 0,3 µg/kg. Für Palladium wurden Gehalte von 0,4 bis 1,4 µg/kg ermittelt, die somit auch deutlich über denen von Rhodium liegen.

Das Mengenverhältnis Pt/Rh liegt meist im Bereich von 6:1, Einzelwerte bis 12:1 werden erreicht. Erklärungen für die relative Zunahme von Pt und Pd liegen möglicherweise in der Annäherung der Gehalte an den geogenen Untergrund, oder aber in Unterschieden der Speziation und/oder der Mobilität der einzelnen Edelmetalle.

Die drei Elementgehalte zeigen jedoch nach einem Minimum bei drei Metern Abstand einen Anstieg bis zum entferntesten Probenpunkt. Die Signifikanz dieses Verlaufes ist zwar nicht sicher, könnte aber auf eine Sedimentation der PGE im Fußbereich der hier beginnenden Böschung zurückzuführen sein. Dies wird auch durch das Pt/Rh-Verhältnis von ca. sechs gestützt.

Bodenschicht 5-10 cm

Der Boden aus der unteren beprobten Schicht enthält zwischen 1 und 6 µg/kg Platin. Dies ist teilweise etwas höher als im darüber liegenden Profilabschnitt.

Palladium und Rhodium unterscheiden sich in ihren Gehalten (0,4-1,5 µg/kg ; 0,1-0,3 µg/kg) nur unwesentlich von der darüberliegenden Bodenschicht (Abb. 9).

Platin zeigt in der zweiten Profilhälfte einen ausgeprägten Anstieg mit zunehmender Entfernung von der Fahrbahn, der weder bei Palladium noch bei Rhodium zu beobachten ist. Dies bringt eine Verschiebung der charakteristischen Pt/Rh-Verhältnisse hin zu höheren Werten mit sich.

Die vergleichende Darstellung der Platingehalte in der Grasauflage und in den einzelnen Profiltiefen zeigt die gemessenen Gehalte und deren Verteilung im Überblick (Abb. 10). Die ausgeprägte Anreicherung des emittierten Platins in der Grasauflage und in der obersten Bodenschicht (0-2 cm) sowie die Abhängigkeit der Gehalte von der Fahrbahnnähe wird hier noch einmal verdeutlicht.

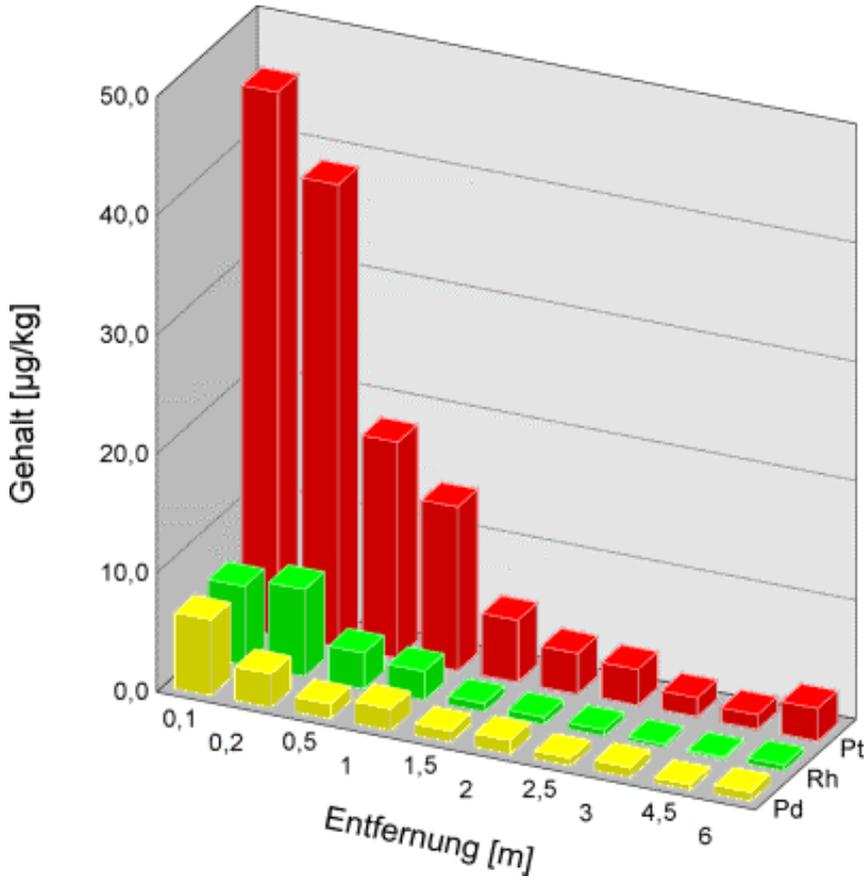


Abbildung 7: Platin-, Rhodium- und Palladiumgehalte in unterschiedlichen Entfernungen vom Fahrbahnrand (Profiltiefe 0-2 cm)

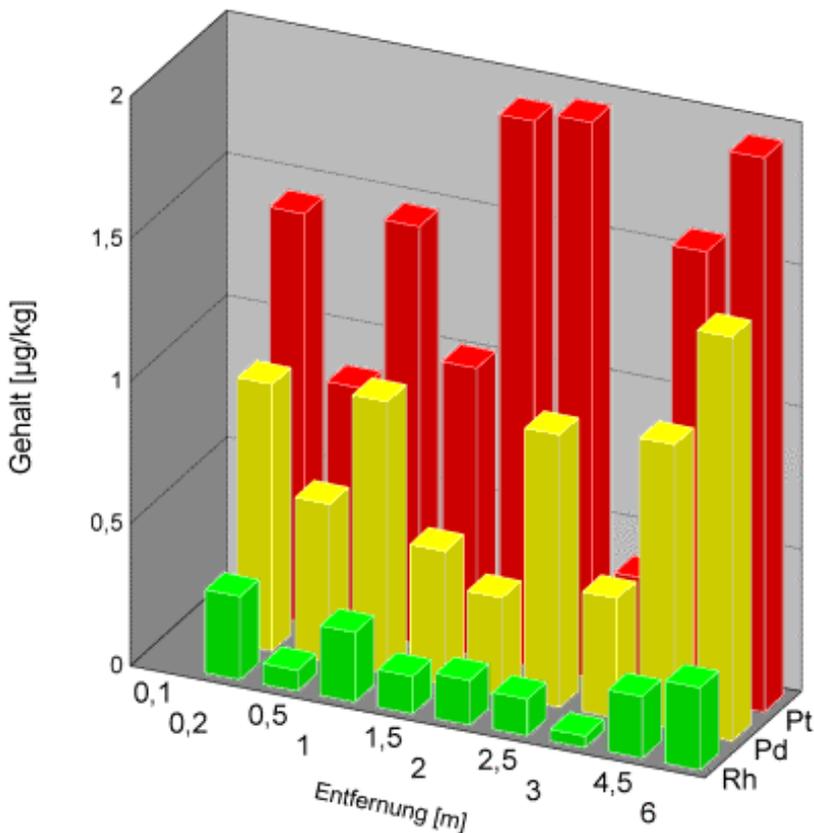


Abbildung 8: Platin-, Rhodium- und Palladiumgehalte in unterschiedlichen Entfernungen vom Fahrbahnrand (Profiltiefe 2-5 cm)

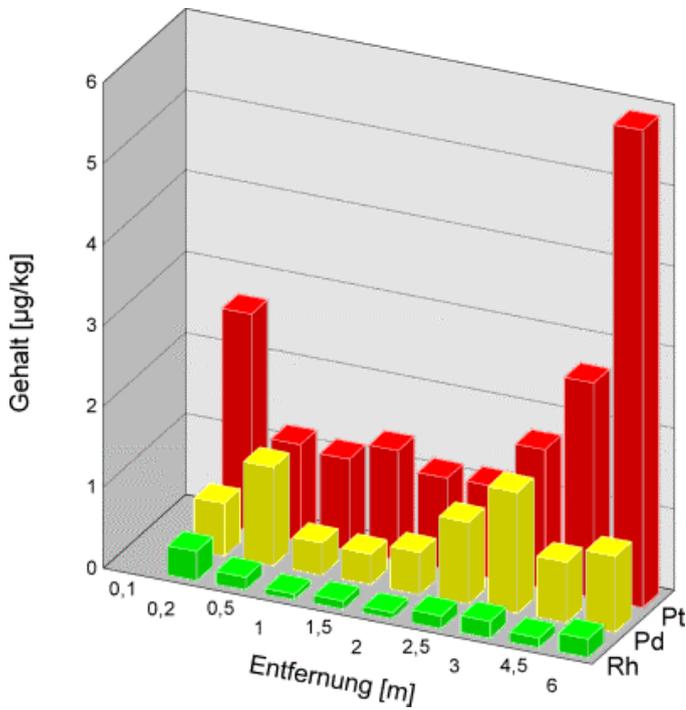


Abbildung 9: Platin-, Rhodium- und Palladiumgehalte in unterschiedlichen Entfernungen vom Fahrbahnrand (Profiltiefe 5-10 cm)

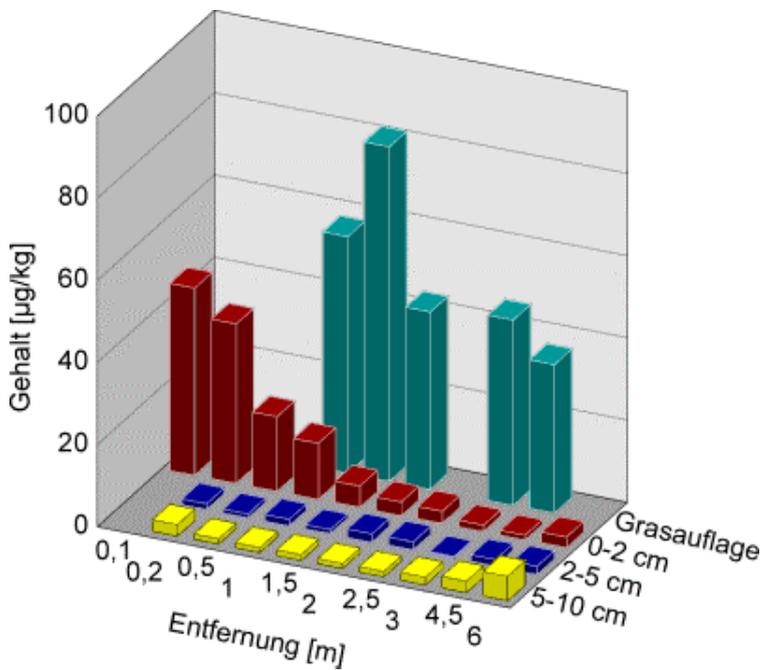


Abbildung 10: Vergleich der Platingehalte in der Grasauflage und in den einzelnen Profiltiefen am Standort Pforzheim-Ost

6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, daß ein großer Teil der emittierten Edelmetalle im Straßenrandbereich sedimentiert wird. Dennoch findet auch ein Transport in weiter entfernt liegende Bereiche statt. Die Gehalte nehmen mit zunehmender Entfernung von der Fahrbahn exponentiell ab.

Die oberste Bodenschicht ist am stärksten mit Platingruppenelementen angereichert. Die Edelmetallgehalte in den tieferen Profilabschnitten zeugen von Verlagerungsprozessen, da sie über dem geogenen Hintergrund liegen.

Platin und Rhodium werden in einem Verhältnis ähnlich dem in Katalysatoren vorliegenden wiedergefunden (Abb. 5). Das erst neuerdings eingesetzte Palladium ist ebenfalls sicher nachzuweisen. Die Edelmetallgehalte der untersuchten Proben lassen sich somit eindeutig auf verkehrsbedingte Emissionen zurückführen.

Die höchsten Analysenwerte treten außer im Straßenstaub (310 µg/kg) bei beiden untersuchten Standorten in der Auflage bzw. im Schnittgut auf (Abb. 10).

Variationen der Gehalte verschiedener Auflagenproben finden sich teilweise auch im darunter liegenden mineralischen Boden wieder. Dies zeigt, daß die Edelmetalle nicht in der Auflage fixiert werden, sondern im Zuge der Mineralisation in den Boden gelangen.

Die Ausbreitung luftgetragener Emissionen wird von Hindernissen (Böschungswällen, Leitplanken, Vegetation etc.) gehemmt, wie die hohen Gehalte der Grasproben und der Bodenproben aus dem Bereich der Böschung in Pforzheim verdeutlichen.

Erste Hinweise auf unterschiedliche Mobilität einzelner PGE-Fraktionen ergeben sich aus der Verschiebung der Elementverhältnisse in den tieferen Profilabschnitten. Inwiefern diese Tendenz hin zu höheren Pt/Rh-Verhältnissen auf eine erhöhte Mobilität einzelner PGE-Phasen zurückzuführen ist, muß noch geklärt werden.

7 Literatur

- /1/ ALT, F.; BAMBAUER, A.; HOPPSTOCK, K.; MERGLER, B. & TÖLG, G. (1993): Fresenius J. Anal. Chem. 346: 693-696.
- /2/ CUBELIC, M., PECCORONI, R. SCHÄFER, J., ECKHARDT, J.-D., BERNER, Z. & STÜBEN, D. (1997): Verteilung verkehrsbedingter Edelmetallimmissionen in Böden.- UWSF –Z. Umweltchem. Ökotox., 9(5): 249-258.
- /3/ ECKHARDT, J.-D. & SCHÄFER, J. (1997): PGE-Emissionen aus Kfz-Abgas-Katalysatoren.- in: Matschullat, J, Tobschall, H.J. & Voigt, H.J. [eds]: Geochemie und Umwelt: Kap. 11:181-188; Springer (Heidelberg).
- /4/ ECKHARDT, J.-D. & SCHÄFER, J. (1998): Pflanzenverfügbarkeit, Boden - Pflanzen Transfer.- in: Alt, F. & Zereini, F. [eds]: Platinmetall-Emissionen in die Umwelt; 4.2:229-237, Springer.
- /5/ HELMERS, E.; MERGEL, N.; & BARCHET, R. (1994): Platin in Klärschlammasche und an Gräsern- UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox.; 6: 130-134, ecomed Landsberg.
- /6/ KNOBLOCH, S. (1993): Bestimmung von Platin in katalysiertem Autoabgas mittels ICP-MS.- Dissertation, Universität Hannover, 110 S.
- /7/ KOHL, R.; NÖLTNER, T. & SCHÖTTLE, M. 1993: Ziele und Aufgaben der Boden-Dauerbeobachtung (BDF).- Mitt. dt. bodenkdl. Ges.; 72.
- /8/ MARQUARDT, H & SCHÄFER, S. G. (1994): Lehrbuch der Toxikologie- B.I.-Wissenschaftsverlag Mannheim, 1003 S.
- /9/ SCHÄFER, J., HANNKER, D., ECKHARDT, J.-D., STÜBEN, D. (1998): Uptake of traffic-related heavy metals and platinum group elements (PGE) by plants.- Sci. Total Environment, 215:59-67.
- /10/ SCHÄFER, J., PUCHELT, H. & STÜBEN, D. (1999): Environmental PGE contamination in Southwest Germany.- in: Zereini, F. & Alt, F. [eds]: Anthropogenic Platinum-Group-Element Emissions and their Impact on Man and Environment, Springer, in press.

Indexverzeichnis

Abgaskatalysatoren	Verkehrsimmissionen.....3
Einträge von Platingruppenelementen in	Platingruppenelemente
Böden.....3	Einträge in straßennahe Böden3
Kfz-Abgaskatalysatoren	Rhodium
Einträge von Platingruppenelementen in	Verkehrsimmissionen.....3
Böden.....3	straßennahe Böden
Palladium	Einträge von Platingruppenelementen3
Verkehrsimmissionen.....3	Verkehrsimmissionen
PGE	Palladium.....3
Einträge in straßennahe Böden3	Platin.....3
Platin	Rhodium3

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Boden-Dauerbeobachtungsfläche Forst	2
Abbildung 2: Lage des untersuchten Standortes an der BAB 8	3
Abbildung 3: Glühverluste der untersuchten Proben	4
Abbildung 4: Platin-, Rhodium- und Palladiumgehalte (BDF Forst; Profil A; 0-10cm).....	7
Abbildung 5: Verhältnis Platin zu Rhodium in den bisher untersuchten Proben der Standorte Forst und Pforzheim	7
Abbildung 6a: Platingehalte in Auflageproben des Testfelds der BDF Forst.....	8
Abbildung 6b: Platingehalte in Bodenproben des Testfelds der BDF Fort (Profiltiefe 0-10 cm).....	8
Abbildung 7: Platin-, Rhodium- und Palladiumgehalte in unterschiedlichen Entfernungen vom Fahrbahnrand (Profiltiefe 0-2 cm).....	11
Abbildung 8: Platin-, Rhodium- und Palladiumgehalte in unterschiedlichen Entfernungen vom Fahrbahnrand (Profiltiefe 2-5 cm).....	11
Abbildung 9: Platin-, Rhodium- und Palladiumgehalte in unterschiedlichen Entfernungen vom Fahrbahnrand (Profiltiefe 5-10 cm).....	12
Abbildung 10: Vergleich der Platingehalte in der Grasauflage und in den einzelnen Profiltiefen am Standort Pforzheim-Ost	12