

# Schwermetalle auf Sport- und Spielplätzen

## Nickel-belastete Böden im Raum Herborn – Dillenburg

Von Günter Strübel, Michael Völlinger, Vera Rzepka-Glinder und Stergios Caracoussis

**Spiel-, Sport- und Bolzplätze, Aschenbahnen, Tennisplätze usw. sind nicht selten durch Schadstoffe anthropogener Herkunft belastet. Schwermetalle können, wie Kupfer im sogenannten „Marsberger Kieselrot“, indikativ für organische Schadstoffe, wie Dioxin oder Nickel (Ni), auf Metallhüttenschlacken und Ni-Emittenten z.B. galvanischer Betriebe hinweisen. Exakte Aussagen über die Herkunft solcher Schadstoffe lassen sich jedoch stets nur dann machen, wenn auch die lokalen geochemischen Verhältnisse hinreichend bekannt sind und bei den Untersuchungen mit erfaßt werden. Zu diesem Zwecke wurden Boden- und Materialproben im Bereich eines Kinderspielplatzes in Dillenburg auf ihre Ni-Gehalte und deren mögliche Herkunft untersucht. Die Arbeiten wurden vom Magistrat der Stadt Dillenburg veranlaßt und unterstützt.**

Da das gesundheitliche Gefährdungspotential von den Eigenschaften der jeweiligen Verbindungen, insbesondere von Löslichkeit, Bioverfügbarkeit, Oberflächeneigenschaften u. a. abhängig ist, gibt es für die Elementkonzentrationen keine gesetzlich festlegbaren Bewertungsgrenzwerte von Bodenkontaminationen. Zur groben Einstufung werden daher auf der Grundlage von Referenzlisten Richtwerte herangezogen, denen die Elementkonzentration zugrundeliegt.

Eine für die Bewertung von Bodenkontaminationen häufig angewandte sogenannte „Niederländische Liste“ (HL-BO) unterscheidet dabei drei Klassen A, B und C. Meßwerte unterhalb von A liegen im Bereich einer allgemein anzunehmenden Grundbelastung des Bodens, bei Meßergebnissen oberhalb von B wird ein weiterführender Erkundungsbedarf empfohlen, und die Überschreitung der Klasse C wird in nicht seltenen Fällen als allein ausreichend für eine Sanierung angenommen.

Bodenproben aus dem Lahn-Dill-Gebiet, dem Vogelsberg und Westerwald zeigen, wie auch im Harz, Schwarzwald und in anderen deutschen Mittelgebirgen, nicht selten Ni-Gehalte, die weit über der sogenannten Grundbelastung liegen. So ergaben sich für Gestein aus einem Diabassteinbruch bei Dillenburg, das u.a. für Baustoffe verwendet wird, mittlere Gesamt-nickelgehalte von 350 mg/kg und mehr. Einjährige Meßreihen von Schwermetallanteilen in Schwebstaub und Staubniederschlag hatten in den Jahren 1982/83 für den Raum Herborn-Dillenburg mit durchschnittlich 31 bis 41 µg/m<sup>3</sup> d relativ hohe Nickelanteile nachgewiesen, welche die vergleichbaren Werte für das Ruhrgebiet noch übertrafen. Die dabei federführende Hessische Landesanstalt für Umwelt

hatte dafür den Eintrag aus Feinstaubabrieb des örtlichen Gesteins verantwortlich gemacht.

In Dillenburg – Niederscheld wurden im Mai 1991 im Rahmen einer vom örtlichen Gesundheitsamt veranlaßten, kreisweiten Reihenuntersuchung Mischproben aus zwölf etwa 30 cm tiefen Einstichen hinsichtlich ihrer Schwermetallgehalte untersucht. Dabei wurde für Nickel ein durchschnittlicher Meßwert von

328 mg/kg TS gefunden. Die Inhalation Ni-haltiger Stäube, bei denen Ni als Oxid, Sulfid oder Carbonat auftritt, kann zu Lungenkrebs führen. Auch Ni-Carbonyle, wie sie z.B. bei der Verbrennung von Kohle, Erdöl und Ni-haltigem Benzin auftreten, gelten als kanzerogene Substanzen.

Auf Veranlassung des Umweltamtes der Stadtverwaltung von Dillenburg wurde daher eine Untersuchung durchgeführt, um nachzuweisen, in welchen Verbindungen Nickel in dem belasteten Spielplatzboden auftritt und an welche Stoffe die Ni-Verbindungen gebunden sind. Da der Raum Herborn – Dillenburg durch zahlreiche metallverarbeitende Betriebe geprägt ist, war es naheliegend, anthropogene Rückstände wie Hüttenschlacken, Feuerungsabfallstoffe und Bauschuttmaterialien, die als Granulat dem Spielplatzbelag beigemischt sein können, in die Untersuchungen mit einzubeziehen. Neben den in 0 bis 30 cm Tiefe entnommenen Mischproben wurden daher 20 auch makroskopisch unterscheidbare Stoffe

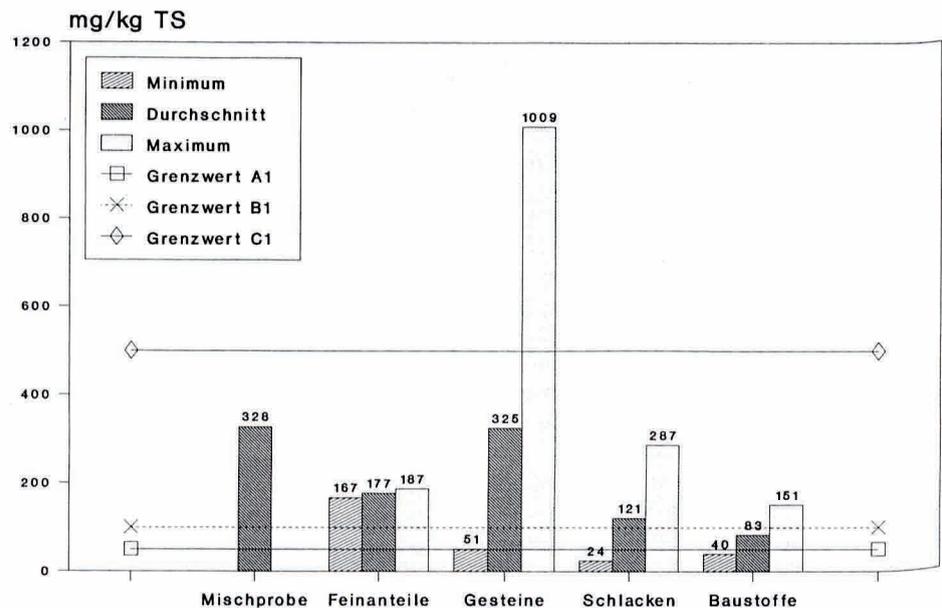


Abb. 1:

A1 = Grundbelastung  
B1 = weiterführender Erkundungsbedarf  
C1 = Sanierungsbedarf

Abb. 1: Nickelgehalte in den Material- und Bodenproben des Belages vom Spielplatz „Auf dem Horst“ in Dillenburg und Grenzwerte nach HL-BO.

aus dem Einzugsgebiet und der Umgebung des Spielplatzes mit untersucht. Darüberhinaus wurde der Feinkornanteil < 63 µm besonders untersucht, um den in diesem Korngrößenbereich vorliegenden Anteil sedimentierter staubförmiger Luftschadstoffe zu erfassen.

Die Resultate unserer Messungen sind, wie auch das durch ein Umweltlabor ermittelte Meßergebnis der Mischprobe, in Abbildung 1 dargestellt. Vergleicht man diese Daten mit den Grenzwerten nach HL-BO, dann liegen die Mittelwerte für Mischprobe, Feinanteile und Gesteine deutlich über dem Grenzwert B, für das industrielle bzw. anthropogen erzeugte schlacken-, flugaschen- und schmelzkammergranulatähnliche Material nur knapp darüber und für Baustoffe unterhalb von B. Außer den natürlichen Gesteinsmaterialien, liegen auch alle Maximalwerte deutlich unter C, während natürliche Gesteine mit mehr als 1000 mg Ni/kg um das Doppelte höher liegen als der Sanierungsbedarf signalisierende Grenzwert C der „Niederländischen Liste“.

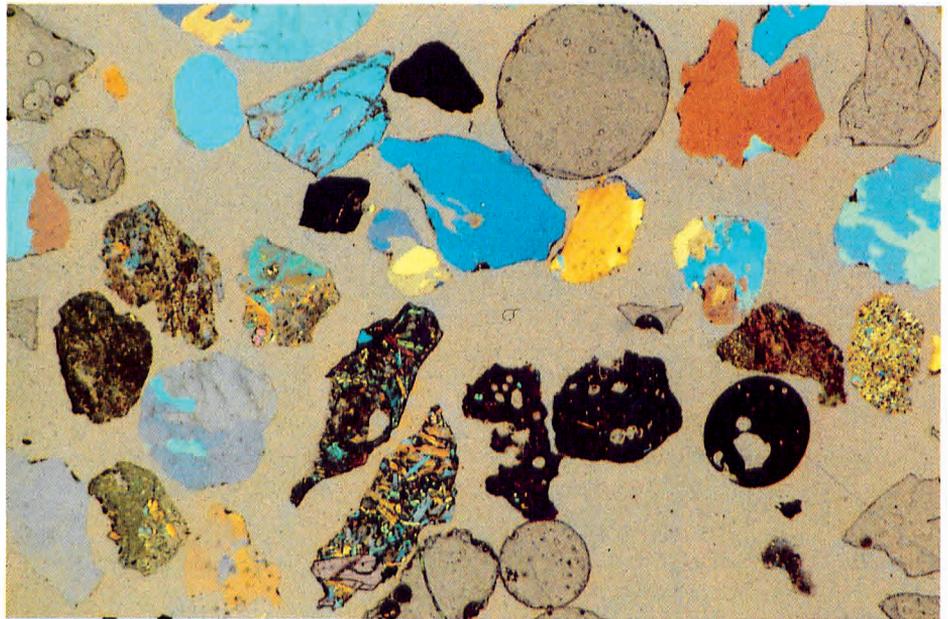


Abb. 2: Bodenmischprobe vom Spielplatz „Auf dem Horst“: Gesteins- und Mineralpartikel, Schmelzkammergranulate, Flugaschen u.a. (Polarisations-mikroskopische Dünnschliffaufnahmen) Fotos: Strübel

### Was sind die Ursachen?

Mineralogische Untersuchungen, insbesondere polarisationsmikroskopische Messungen, zeigen, daß das Probematerial repräsentativ für die Mischprobe des Spielplatzbelages ist, in dem Gesteinspartikel, Bauschuttmaterialien, Schlacken und Flugaschepartikel, Schmelzgranulate und natürliches Gesteinsmaterial nachgewiesen werden (Abb. 2). Charakteristisch ist der morphologische Unterschied zwischen kantigen überwiegend kristallinen Gesteinsbruchstücken und kugelförmigen überwiegend amorphen Schmelzkammergranulaten und Flugaschen. Die mikroskopischen Befunde zeigen auch, daß es sich bei einigen Ni-haltigen Proben, die aufgrund ihrer makroskopischen Merkmale leicht als Schlackenmaterial gedeutet werden können, um alterierte und vererzte Gesteine handelt.

Bei allen, eindeutig als Metallhüttenschlacken erkannten Proben liegen die Ni-Gehalte unter 300 mg Ni/kg. Die Mineralparagenese der Ni-führenden Gesteinspartikel besteht überwiegend aus Silikaten, wie Feldspäten, Olivin, Amphibolen und Tonmineralen sowie Calcit; akzessorisch treten auch Pyrit, Kupferkies, Eisenoxid- und Eisenoxidhydratphasen auf, die in den polarisationsmikroskopischen Aufnahmen dunkel bis schwarz erscheinen und bei denen es sich meist um opake Erzminerale handelt.

Der weitaus überwiegende Teil des Nickels ist an serpentinisierte Olivine (Abb. 2 und Titel) und wasserhaltige Nickel- Magnesium- Aluminiumsilikate (Abb. 3) gebunden, während die opaken Bereiche (Abb. 4) relativ geringe

Ni-Gehalte aufweisen. Phasenanalytische, insbesondere röntgenographische Untersuchungen haben ergeben, daß als Ni-Trägermaterial ein Nimit vorliegt, ein Ni-Pennin der ungefähren Zusammensetzung (Ni, Mg, Fe, Al)<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bei dem Ni > Mg ist, im Gegensatz zum Ni-ärmeren Ni-Pennin Schuchardit von Frankenstein in Schlesien mit Ni < Mg.

In der Erdkruste liegen die Ni-Gehalte im Mittel bei etwa 40 mg/kg. Ultrabasische Gesteine mit hohen Olivinanteilen wie Serpentinite, Peridotite oder Palaeopikrite des Lahn-Dill-Gebietes können Ni-Gehalte < 8000 mg/kg auf-

weisen. Eine wesentliche Ursache hierfür ist das geochemische Verhalten des Nickels, das im Kristallgitter des Olivins an Stelle von Magnesium eingebaut ist.

Bei der im Laufe der erdgeschichtlichen Entwicklung unter metamorphen Prozessen erfolgenden Umwandlung des Olivins zu Serpentin reichert sich Nickel immer mehr an und bildet schließlich Nickel-Magnesium-Silikate, wie das Erzmineral Garnierit (Ni-Crysotil), der heute bedeutenden sekundären Ni-Lagerstätten mit Ni-Gehalten zwischen vier und 30 Prozent.



Abb. 3: Nickel-Magnesiumsilikate und Vererzungsbereiche im Palaeopikrit



Abb. 4: Nickel-Pennin-Kristalle der Mineralphase Nimit

## Bewertung, Diskussion und Maßnahmen

Die Untersuchungen haben ergeben, daß die anthropogen verursachten Ni-Gehalte gering und die hohen Ni-Werte des Spielplatzes nahezu ausschließlich auf silikatisch gebundenes Nickel zurückzuführen sind, für das keine gesundheitlichen Risiken nachgewiesen sind. Nickel tritt jedoch im Lahn-Dill-Gebiet auch in sulfidisch gebundener Form auf. Wegen der wirtschaftlichen Bedeutung waren Ni-Sulfide in der Vergangenheit häufig Gegenstand der wissenschaftlichen Forschung.

Bereits 1893 beschrieb Laspeyres Nickelerzführende Diabasgesteine des Rheinischen Schiefergebirges, die er auf frühere Ausscheidungen aus dem Schmelzfluß zurückführt und die Ni-Erze dieser Diabase denjenigen der Ni-Magnetkiesgruppe genetisch zur Seite stellt, während Vogt 1893 und 1914 die bei Nanzbach in basischen Eruptivgesteinen vorkommenden Ni-Erze sowie Erze der Lagerstätten von Bellnhausen bei Gladenbach von der Ni-Magnetkiesgruppe ausschließt.

Auch Mosebach hat sich 1932 mit den erzführenden Diabasen des Dillgebietes befaßt. Dabei wies er nach, daß die sulfidischen Erze der Olivindiabase hydrothermalen und nicht liquidmagmatischer Entstehung sind und auf eine mehr oder weniger intensiv auftretende Begleiterscheinung der Serpentinisierung der betreffenden Gesteine zurückzuführen sind. Er führt die Ni-Gehalte der Sulfide auf die Silikate, vorwiegend auf Olivin zurück. Die paragenetischen Verhältnisse deuten darauf hin, daß die Erzbildung zeitlich in das Stadium der Serpentinisierung des Olivins fallen dürfte.

Ni-haltige Olivingesteine, die auf vererzte Palaeopikrite zurückzuführen sind, waren während des Krieges auch in der Nickelerz-Grube Gläser am Enwuch bei Günterod aufgeschlossen. Die Ni-Erzgewinnung ist jedoch wegen zu geringer Konzentration nie über das Versuchsstadium hinausgekommen.

In diesem Zusammenhang ist es nach Mosebach interessant, daß solche Gesteine mit 0,22 % NiO weitaus mehr Nickel enthalten, als durch den Gesamtschwefelgehalt bei Berücksichtigung seiner Verteilung auf die Sulfide der Elemente Fe, Cu und Ni gebunden werden können.



Abb. 5: Hydrothermal vererzte und calcifizierte Kluftfüllung in den basischen Gesteinspartikeln des Spielplatzgranulates

Acht Analysen ähnlicher Palaeopikrite des Dillgebietes ergaben einen regelmäßigen NiO-Gehalt von  $0,16 \pm 0,04$  Gew.% (Bake 1954). Obwohl solche vererzten Palaeopikritpartikel in den untersuchten Proben nur akzessorisch nachgewiesen werden konnten, sollten bei Arbeiten mit entsprechendem Gesteinsmaterial, bei denen mit der Freisetzung von Feinstaub zu rechnen ist, Messungen zum Schwermetallgehalt der luftgetragenen Stäube durchgeführt werden.

Für Ni als Ni-Metall, Ni-Sulfid und sulfidische Erze, Ni-Oxid und Ni-Carbonat gibt es verbindliche TRK-Werte (Technische Richtkonzentrationen), die bei  $0,5 \text{ mg/m}^3$  bezogen auf Ni im Gesamtstaub sowie für Ni-Verbindungen in Form atembare Tröpfchen bei  $0,05 \text{ mg/m}^3$  liegen.

Der Untersuchungsbericht veranlaßte das zuständige Gesundheitsamt zu der „Empfehlung“, aus vorsorglichen Gründen eine 30 cm starke Deckschicht aus unbelastetem Bodenmaterial auf die Spielplatzoberfläche aufbringen zu lassen. Hierdurch solle ein „Restrisiko“ durch Inhalation von letztgültig nicht ausschließbaren Nickelsulfid- und Nickelcarbonat-Anteilen, sowie von Nickelanteilen aus der mineralogisch nachgewiesenen Hütten-schlacke-Fraktion minimiert werden. Darüber hinaus ergaben auch Eluatuntersuchungen der Spielplatzoberfläche, daß der lösliche Anteil an Nickelverbindungen geringfügig über dem Grenzwert für „unbelasteten Erdaushub“ lag.

Der Magistrat der Stadt Dillenburg informierte daraufhin bei einer Bürgerversammlung Mitte August 1992 den Ortsbeirat und die Anlieger des Spielplatzes über die Untersu-

chungsergebnisse. Als Konsequenz sprachen sich anwesende Bürger und Magistrat für die Aufbringung einer unbelasteten Deckschicht aus, eine Maßnahme, die die Stadt Dillenburg voraussichtlich rund 100.000 Mark kosten wird.

## Literatur:

BAKE, A.: Peridotite im Oberdevon des Lahn-Dill-Gebietes. – Diss. Tübingen (1954)

HESS. LANDESANSTALT FÜR UMWELT (Hrsg.): Staubimmissionen im Dilltal (Dillenburg, Herborm/Sinn), Meßbericht. – Schriftenreihe Umweltplanung und Umweltschutz, Heft Nr. 45, Wiesbaden (1986)

HOLLÄNDISCHE LISTE: Leidrad Bodensanierung vom 4.11.1988, Niederländisches Ministerium für Wohnungswesen, Raumordnung und Umwelt, Kurzbezeichnung HL-BO

LASPEYRES, H.: Das Vorkommen und die Verbreitung des Nickels im Rheinischen Schiefergebirge. Verhandl. d. Naturhist. Ver. Bonn 50, S. 377-379, 478-487 (1893)

MOSEBACH, R.: Untersuchungen an erzführenden Diabasen des Dillgebietes. – Chemie der Erde 7, 320-345, (1932)

VOGT, J.H.L.: Bildung von Erzlagerstätten durch Differenzierungsprozesse in basischen Eruptivmagmata. – Ztschr. f. Prakt. Geol. I, S. 125-143, (1893)

VOGT, J.H.L.: (Beyschlag-Krusch), Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine I, S. 302-325, Verlag Ferd. Enke, Stuttgart (1914)

VOGT, J.H.L.: Nikkelforekomster og Nikkelproduktion. – Kristiania (1892)

TRGS 900: TRK Werte in: Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und biologische Arbeitsstofftoleranzwerte 1992, Dt. Forschungsgemeinschaft, VCH, Weinheim

## Zu den Autoren:



**Prof. Dr. rer. nat. Günter Strübel**, Jahrgang 1932, ist Professor für Technische und Angewandte Mineralogie an der Universität Gießen. Studium der Chemie, Physik, Mineralogie und Geologie an den Universitäten Mainz, Münster und Tübingen. Promotion 1962 und Habilitation 1970 mit experimentellen Arbeiten über die Bildungsbedingungen der Minerale. 1973 Professur für Geochemie und Leiter des Geologischen Institutes an der Ege-Universität Izmir. Veröffentlichungen und Forschungen mit den Schwerpunkten physikalisch-chemische Kristallographie, Biomineralogie, Baustoffkorrosion, Asbest und künstliche Mineralfasern. Buchveröffentlichungen über Mineral-systematik und Mineralfundorte. Lehrbriefe für Chemie-Ingenieure zur Mineralogie und Kristallographie. Leiter einer amtlich anerkannten Schadstoffmeßstelle. Prof. Strübel unterrichtet an der Universität Gießen in den Fächern Technische- und Umweltmineralogie und an der GhK Kassel Geochemie.

**Dipl.-Biol. Michael Völlinger**, Jahrgang 1955, studierte Biologie an der Universität

Gießen. Promotion am Institut für Allgemeine und Spezielle Zoologie und am Institut für Phytopathologie und Angewandte Zoologie über Resistenzbildung bei Insekten gegen Naturstoffe. 1989/90 leitende Mitarbeiterin im Planungsbüro der Naturlandstiftung Hessen e.V. in Lich, seit Oktober 1990 Umweltberater der Stadt Dillenburg.

**Dipl.-Min. Vera Rzepka-Glinder**, Jahrgang 1956, studierte Mineralogie an der Universität Gießen. Seit 1985 freie wissenschaftliche Mitarbeiterin bei Prof. Strübel. Wissenschaftliche Schwerpunkte: Biomineralogische Untersuchungen von pathogenen Konkrementen, Spurenelementbestimmungen in biologischen Materialien.

**Cand. min. Stergios Caracoussis**, Jahrgang 1964, studiert seit 1987/1988 Mineralogie an der Universität Gießen. Seit 1990/1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. Dr. G. Strübel. Wissenschaftlicher Arbeitsschwerpunkt: Spurenelementgehalte künstlicher Mineralfasern und faserförmiger Stäube.

## Korrektur:

Durch ein Versehen der Druckerei wurden im „Spiegel der Forschung“ Heft 1/92 in dem Artikel „Wie blockieren Lokalanästhetika den Schmerz? Molekulare Mechanismen neuronaler Blockade“ von Michael Bräu, Werner Vogel und Gunter Hempelmann (S. 33ff) auf der Seite 36 die Graphiken der Abbildung 4 und Abbildung 5 vertauscht. Außerdem wurde das Foto von Michael Bräu irrtümlich im Autorenkasten auf Seite 17 nochmals abgedruckt. An dieser Stelle hätte das Bild von Dr. Martin Bach, Mitautor des Artikels über das Thema „Nitrat im Grundwasser muß nicht sein. Ursachen und Ausmaß der Nitratbelastung in Wasserschutzgebieten“ erscheinen sollen. Wir bitten die betroffenen Autoren, die Leserinnen und Leser um Verzeihung.

Die Redaktion