



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Erfassung und radiologische Bewertung von Hinterlassenschaften mit NORM - Materialien aus früheren Tätigkeiten und Arbeiten einschließlich der modellhaften Untersuchung branchentypischer Rückstände (Teil 1)

BMU - 2007 - 695



BMU – 2007-695

**„Erfassung und radiologische Bewertung von
Hinterlassenschaften mit NORM – Materialien aus
früheren Tätigkeiten und Arbeiten einschließlich der
modellhaften Untersuchung branchentypischer
Rückstände“**

TÜV-Süddeutschland
Bau und Betrieb GmbH
80684 München

IMPRESSUM

Dieser Band enthält einen Abschlussbericht über ein vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördertes Vorhaben. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BMU übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Eigentümer behält sich alle Rechte an der weiteren Nutzung oder Vervielfältigung des Berichts vor.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der des BMU übereinstimmen.

Herausgeber:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Referat RS I 2
Postfach 12 06 29
53048 Bonn

Erscheinungsjahr: 2007



Industrie Service

Forschungsvorhaben StSch 4386

**ERFASSUNG UND RADIOLOGISCHE
BEWERTUNG VON HINTERLASSENSCHAFTEN
MIT NORM-MATERIALIEN AUS FRÜHEREN
TÄTIGKEITEN UND ARBEITEN
EINSCHLIEßLICH DER MODELLHAFTEN
UNTERSUCHUNG BRANCHENTYPISCHER
RÜCKSTÄNDE**

Teil 1

**Historische Recherche zur Ermittlung der radiologischen
Relevanz von NORM-Rückständen
und
Konzepte zur Standortidentifikation**

Juni 2005

**Erstellt von der TÜV Industrie Service GmbH, TÜV SÜD Gruppe
Abteilung Umweltradioaktivität und radiologische Altlasten, München**

Andreas Reichelt
Matthias Niedermayer
Beate Sitte
Peter Michael Hamel

☎ 089-5791-1288

✉ matthias.niedermayer@tuev-sued.de

✉ Westendstr. 199 / 80686 München



Industrie Service

Forschungsvorhaben StSch 4386

Fachbegleitung: Bundesamt für Strahlenschutz

Dieser Bericht ist vom TÜV SÜD im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Vorhabens StSch 4386 erstellt worden. Die Verantwortung für den Inhalt liegt jedoch allein bei den Autoren. Der Eigentümer behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung des Auftraggebers zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Dieser Bericht gibt die Meinung und Auffassung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des auftraggebenden Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit übereinstimmen.

Erstellt im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
von der TÜV Industrie Service GmbH, TÜV SÜD Gruppe
Geschäftsbereich Energie und Technologie
Hauptabteilung Strahlenschutz und Entsorgung

Zusammenfassung

Natürliche Radionuklide sind fester Bestandteil der Umwelt des Menschen sowie der von ihnen genutzten Rohstoffe. Durch technische Prozesse können sie in Rückständen angereichert werden und bei deren Entsorgung zu sog. NORM-Hinterlassenschaften (NORM: *naturally occurring radioactive material*) führen. Der Schutz der Bevölkerung vor gesundheitsgefährdenden Einflüssen durch diese Stoffe ist in der novellierten Strahlenschutzverordnung von 2001 /StrlSchV 2001/ geregelt. Jedoch gibt es auch NORM-Materialien aus der Zeit vor Inkrafttreten dieser gesetzlichen Regelungen, sog. NORM-Hinterlassenschaften.

Ziel des vorliegenden Vorhabens ist es, eine Grundlage zur Abschätzung von Risiken zu schaffen, die aus NORM-Hinterlassenschaften aus der Zeit vor dem Jahr 2001 resultieren. Es gliedert sich in vier Teile. Die Aufgabenstellung von Teil 1 ist die Klärung der radiologischen Relevanz von NORM-Hinterlassenschaften und die Entwicklung von Konzepten, mit Hilfe derer entsprechende Hinterlassenschaften aufgefunden werden können.

Als Kriterien für deren radiologische Relevanz wurden die massenbezogene Aktivität sowie die im Lauf der Jahrhunderte akkumulierte Menge herangezogen. Die massenbezogene Aktivität wurde im Rahmen einer breit angelegte Literaturrecherche in der einschlägigen Strahlenschutzliteratur ermittelt, für die Ermittlung von Massenaufkommen wurde eine umfangreiche historische Recherche des Bedarfs an Rohstoffen, deren Aufbereitung und Verarbeitung zu NORM-Hinterlassenschaften führt, durchgeführt. Als NORM-Hinterlassenschaften von radiologischer Relevanz wurden dabei insbesondere Rückstände aus der Gewinnung von Steinkohle sowie solche aus der Gewinnung von Metallen aus ihren Erzen und der Verarbeitung von Rohphosphaten ermittelt.

Um mit der Kenntnis dieser potenziellen NORM-Hinterlassenschaften konkrete Standorte identifizieren zu können, bedarf es weiterhin der Kenntnis geeigneter Datenquellen. Diese wurden ermittelt und somit ein Konzept zur Identifikation von konkreten NORM-Hinterlassenschaften vorgestellt.

Teil 1

Historische Recherche zur Ermittlung der radiologischen Relevanz von NORM-Rückständen und Konzepte zur Standortidentifikation

INHALT

1.	EINLEITUNG	16
1.1	Einordnung des Gesamtprojektes	16
1.2	Auftreten von NORM-Hinterlassenschaften	18
1.3	Aufgabenstellung und Zielsetzung von Teil 1	20
2.	RADIOAKTIVITÄT VON NORM-RÜCKSTÄNDEN	22
2.1	Literaturrecherche zur massenbezogenen Aktivität von NORM-Rückständen	22
2.1.1	Ermittlung der massenbezogenen Aktivitäten von Rohstoffen, Mineralien, Baustoffen, Werkstoffen, Reststoffen	22
2.1.1.1.	Methodik	22
2.1.1.2.	Tabellarische Übersichten	25
2.1.2	Ermittlung der massenbezogenen Aktivitäten von Produkten zur industriellen, landwirtschaftlichen, medizinischen und häuslichen Verwendung	44
2.1.2.1.	Methodik	44
2.1.2.2.	Tabellarische Übersicht	45
2.2	Bewertung der radiologischen Relevanz von NORM-Hinterlassenschaften aufgrund der massenbezogenen Aktivität	49
3.	MASSENAUFKOMMEN VON NORM-RÜCKSTÄNDEN	51
3.1	Historische Recherche zum Massenaufkommen von NORM-Rückständen	51
3.1.1	Gliederung der zu betrachtenden Rohstoffe	51
3.1.1.1.	Stein- und Braunkohle	51
3.1.1.2.	Metallerze	53
3.1.1.2.1	Eisen / Stahl	53
3.1.1.2.2	Stahlveredler	54
3.1.1.2.3	Nichteisen-Leichtmetalle	55
3.1.1.2.4	Nichteisen-Schwermetalle	56

3.1.1.2.5	Sondermetalle	56
3.1.1.2.6	Weitere Metalle	57
3.1.1.3.	Erdöl und Erdgas	58
3.1.1.4.	Mineralische Rohstoffe	58
3.1.2	Stoffströme bei der Gewinnung von Kohle	59
3.1.3	Stoffströme bei der Gewinnung der einzelnen Metalle	65
3.1.3.1.	Eisen	68
3.1.3.1.1	Verwendung	68
3.1.3.1.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	69
3.1.3.1.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	69
3.1.3.1.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	70
3.1.3.1.5	Schlussfolgerungen	71
3.1.3.2.	Chrom	72
3.1.3.2.1	Verwendung	72
3.1.3.2.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	72
3.1.3.2.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	73
3.1.3.2.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	74
3.1.3.2.5	Schlussfolgerungen	75
3.1.3.3.	Mangan	75
3.1.3.3.1	Verwendung	75
3.1.3.3.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	76
3.1.3.3.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	77
3.1.3.3.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	78
3.1.3.3.5	Schlussfolgerungen	78
3.1.3.4.	Molybdän	78
3.1.3.4.1	Verwendung	78
3.1.3.4.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	79
3.1.3.4.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	79
3.1.3.4.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	80
3.1.3.4.5	Schlussfolgerungen	81
3.1.3.5.	Aluminium	81
3.1.3.5.1	Verwendung	81
3.1.3.5.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	81
3.1.3.5.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	82
3.1.3.5.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	83
3.1.3.5.5	Schlussfolgerungen	84
3.1.3.6.	Blei	85
3.1.3.6.1	Verwendung	85
3.1.3.6.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	85
3.1.3.6.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	86
3.1.3.6.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	87
3.1.3.6.5	Schlussfolgerungen	88
3.1.3.7.	Kobalt	88
3.1.3.7.1	Verwendung	88
3.1.3.7.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	89
3.1.3.7.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	89
3.1.3.7.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	91
3.1.3.7.5	Schlussfolgerungen	91
3.1.3.8.	Kupfer	91
3.1.3.8.1	Verwendung	91
3.1.3.8.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	92
3.1.3.8.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	93

3.1.3.8.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	94
3.1.3.8.5	Schlussfolgerungen	95
3.1.3.9.	Nickel	95
3.1.3.9.1	Verwendung	95
3.1.3.9.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	96
3.1.3.9.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	96
3.1.3.9.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	97
3.1.3.9.5	Schlussfolgerungen	98
3.1.3.10.	Zink	98
3.1.3.10.1	Verwendung	98
3.1.3.10.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	99
3.1.3.10.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	99
3.1.3.10.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	100
3.1.3.10.5	Schlussfolgerungen	102
3.1.3.11.	Zinn	102
3.1.3.11.1	Verwendung	102
3.1.3.11.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	102
3.1.3.11.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	103
3.1.3.11.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	104
3.1.3.11.5	Schlussfolgerungen	106
3.1.3.12.	Niob und Tantal	106
3.1.3.12.1	Verwendung	106
3.1.3.12.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	107
3.1.3.12.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	108
3.1.3.12.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	109
3.1.3.12.5	Schlussfolgerungen	110
3.1.3.13.	Titan	110
3.1.3.13.1	Verwendung	110
3.1.3.13.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	111
3.1.3.13.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	111
3.1.3.13.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	112
3.1.3.13.5	Schlussfolgerungen	113
3.1.3.14.	Wolfram	113
3.1.3.14.1	Verwendung	113
3.1.3.14.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	113
3.1.3.14.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	115
3.1.3.14.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	116
3.1.3.14.5	Schlussfolgerungen	117
3.1.3.15.	Zirkonium und Hafnium	117
3.1.3.15.1	Verwendung	117
3.1.3.15.2	Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen	118
3.1.3.15.3	Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung	118
3.1.3.15.4	Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland	119
3.1.3.15.5	Schlussfolgerungen	120
3.1.4	Stoffströme bei der Gewinnung von Erdöl und Erdgas	120
3.2	Eine alternative Herangehensweise zur Ermittlung der absoluten Reststoffmengen aus der Gewinnung von Metallen	124
3.2.1	Methoden und Datenquellen	124
3.2.2	Ermittlung der Bedarfsmengen an Metallerzen	127
3.2.3	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	133

3.3	Bewertung der radiologischen Relevanz von NORM-Hinterlassenschaften aufgrund des in der Bundesrepublik Deutschland vorliegenden Massenaufkommens	136
4.	KONZEPTE UND METHODEN ZUR IDENTIFIZIERUNG VON NORM-HINTERLASSENSCHAFTEN	138
4.1	Überblick	138
4.2	Identifizierung bergbaulicher Hinterlassenschaften	140
4.2.1	Allgemeine Methodik	141
4.2.2	Das Deutsche Bergbau-Museum Bochum	147
4.2.2.1.	Übersicht	147
4.2.2.2.	Struktur des Bergbau-Archivs Bochum	148
4.2.2.3.	Identifizierung an Beispielen	149
4.2.2.4.	Adressenliste	150
4.2.3	Spezifisches methodisches Vorgehen in ausgewählten Bundesländern	150
4.2.3.1.	Bayern	150
4.2.3.1.1	Wegweiser zum Auffinden	150
4.2.3.1.2	Struktur der Archive, Literatur	152
4.2.3.1.3	Identifizierung an Beispielen	155
4.2.3.1.4	Adressenliste	156
4.2.3.2.	Baden-Württemberg	157
4.2.3.2.1	Wegweiser zum Auffinden	157
4.2.3.2.2	Struktur der Archive, Literatur	159
4.2.3.2.3	Identifizierung an Beispielen	163
4.2.3.2.4	Adressenliste	163
4.2.3.3.	Hessen	164
4.2.3.3.1	Wegweiser zum Auffinden	164
4.2.3.3.2	Adressenliste	165
4.2.3.4.	Niedersachsen	165
4.2.3.4.1	Wegweiser zum Auffinden	165
4.2.3.4.2	Struktur der Archive, Literatur	166
4.2.3.4.3	Adressenliste	168
4.2.3.5.	Nordrhein-Westfalen	168
4.2.3.5.1	Wegweiser zum Auffinden	168
4.2.3.5.2	Struktur der Archive, Literatur	169
4.2.3.5.3	Adressenliste	170
4.2.3.6.	Rheinland-Pfalz und Saarland	171
4.2.3.6.1	Adressenliste	172
4.2.3.7.	Sachsen-Anhalt	173
4.2.3.7.1	Wegweiser zum Auffinden	173
4.2.3.7.2	Struktur der Archive, Literatur	174
4.2.3.7.3	Adressenliste	175
4.3	Identifizierung industrieller Hinterlassenschaften	176
4.3.1	Allgemeine Methodik	176
4.3.2	Thorierte Gasglühkörper	181
4.3.2.1.	Produktion	181

4.3.2.2.	Distribution/Applikation	182
4.3.3	Thorierte Wolframelektroden	183
4.3.3.1.	Produktion	183
4.3.3.2.	Distribution/Applikation	184
4.3.4	Radiolumineszierende Ziffernblätter und Zeiger in der Uhrenindustrie	185
4.3.4.1.	Produktion	185
4.3.4.2.	Distribution/Applikation	186
4.3.5	Thoriumhaltige Katalysatoren bei der Fischer-Tropsch-Synthese	188
4.3.5.1.	Produktion	188
5.	ZUSAMMENFASSUNG DER IM RAHMEN VON TEIL 1 GEWONNENEN ERGEBNISSE	190
5.1	Ermittlung von radiologisch relevanten NORM-Hinterlassenschaften	190
5.2	Identifikation von NORM-Hinterlassenschaften	191
6.	LITERATUR	192
	ANHANG	200
	A 1. BEDARFSKENNZAHLEN VERSCHIEDENER METALLE FÜR DIE BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND	200
A 1.1.	Eisenerze	200
A 1.2.	Chromerze	202
A 1.3.	Manganerze	204
A 1.4.	Molybdänerze	206
A 1.5.	Aluminiumerze	208
A 1.6.	Bleierze	210
A 1.7.	Kupfererze	212
A 1.8.	Nickelerze	214
A 1.9.	Zinkerze	216
A 1.10.	Zinnerze	218
A 1.11.	Niob- und Tantalserze	220
A 1.12.	Titanerze	221
A 1.13.	Wolframerze	223



A 1.14. Zirkoniummerze	225
A 2. BUNDESBERGGESETZ (AUSZUG)	227
A 3. BESTAND DES DEUTSCHEN BERGBAU-ARCHIVS BOCHUM (BEISPIEL)	229
A 4. IDENTIFIZIERUNG VON HINTERLASSENSCHAFTEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG (BEISPIEL)	232
A 5. ZUSAMMENSTELLUNG DER ANGEFRAGTEN BEHÖRDEN UND ARCHIVE	235
A 6. ADRESSENLISTE	240

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1:	Begriffliche Einordnung der bei den verschiedenen Prozessen entstehenden Stoffen und Materialien	19
Abb. 2:	Vereinfachter Gewinnungsprozess von Metallen aus ihren Erzen	66
Abb. 3:	Eisenerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	70
Abb. 4:	Rohstahlproduktion in Deutschland nach /Sauer, 2004/	71
Abb. 5:	Chromerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	74
Abb. 6:	Manganerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	77
Abb. 7:	Molybdänerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	80
Abb. 8:	Aluminiumerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	83
Abb. 9:	Aluminium – Hüttenproduktion in Deutschland; 1920 - 1985 nach /Fischer, 1995/, 1986 - 2000 Schätzwerte (vgl. Text)	84
Abb. 10:	Bleierz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	86
Abb. 11:	Blei – Hüttenproduktion in Deutschland; 1915 - 1985 nach /Fischer, 1995/, 1850-1914 und 1986 - 2000 Schätzwerte (vgl. Text)	87
Abb. 12:	Kupfererz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	93

Abb. 13: Kupfer – Hüttenproduktion in Deutschland; 1915 - 1985 nach /Fischer, 1995/, 1986 - 2000 Schätzwerte (vgl. Text)	94
Abb. 14: Nickelerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	97
Abb. 15: Zinkerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	100
Abb. 16: Zink – Hüttenproduktion in Deutschland; 1915 - 1985 nach /Fischer, 1995/, 1850-1914 und 1986 - 2000 Schätzwerte (vgl. Text)	101
Abb. 17: Zinnerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	104
Abb. 18: Zinn – Hüttenproduktion in Deutschland; 1915 - 1985 nach /Fischer, 1995/, 1850-1914 und 1986 - 2000 Schätzwerte (vgl. Text)	105
Abb. 19: Bedarf (berechnet) an Niob- und Tantalerzen auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland (nur die Jahr 1972 – 1987 erfassbar, siehe Text)	109
Abb. 20: Titanerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	112
Abb. 21: Wolframerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	116
Abb. 22: Zirkoniumerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000	119
Abb. 23: Die aus historischen Detailrecherchen ermittelten Förder-, Import- und Exportmengen von Eisenerz und der daraus resultierende Verbrauch (=Bedarf)	127
Abb. 24: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Eisenerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall	127
Abb. 25: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Chromerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall	128

Abb. 26: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Manganerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall	128
Abb. 27: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Molybdänerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall	129
Abb. 28: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Bauxit sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall	129
Abb. 29: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Kobalterz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall	130
Abb. 30: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Kupfererz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall	130
Abb. 31: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Nickelerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall	131
Abb. 32: Die aus historischen Detailrecherchen ermittelten Förder-, Import- und Exportmengen von Zink- und Bleierzen und der daraus resultierende Verbrauch (=Bedarf)	131
Abb. 33: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Zinnerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall	132
Abb. 34: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Titanerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall	132
Abb. 35: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Wolframerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall	133
Abb. 36: Fragenkatalog bei der historischen Recherche in Archiven	140
Abb. 37: Die Geologischen Dienste der Bundesrepublik Deutschland /BGR, 2003/	143
Abb. 38: Organigramm des Deutschen Bergbau-Museums Bochum /Kroker 2001/	148
Abb. 39: Zuständigkeiten und Organisation der Bergaufsicht in Bayern	151
Abb. 40: Archivbestände des Bayerischen Geologischen Landesamtes	153

Abb. 41: Umfang und Verteilung der früheren und heutigen Gewinnung von Flossenbürger Granit (Oberpfalz) /BayGLA, 2001/	156
Abb. 42: Häufigkeitsverteilung der Haldengrößen der im Rahmen der Studie des Forschungszentrums Karlsruhe untersuchten Rückstandshalden in Baden-Württemberg im Jahr 1983 /Schmitz et al., 1983/	160
Abb. 43: Archivbestände des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg in Freiburg (Auswahl)	162
Abb. 44: Häufigkeitsverteilung der Haldengrößen der im Rahmen der Studie des Forschungszentrums Karlsruhe untersuchten Rückstandshalden in Niedersachsen im Jahr 1985 /Schmitz et al., 1985-2/	167
Abb. 45: Schematische Darstellung möglicher industrieller Hinterlassenschaften aus dem Prozess Herstellung-Verteilung-Anwendung	177
Abb. 46: Erläuterung der Arten von industriellen Hinterlassenschaften am Beispiel von Gasglühkörpern für die Signalbeleuchtung bei der „Bahn“	178
Abb. 47: Schematische Darstellung von Recherche-Möglichkeiten zur Identifizierung industrieller NORM-Hinterlassenschaften	180
Abb. 48: Glastöpfe mit eingetrockneter Radiumfarbe	187
Abb. 49: Beobachtungs-Uhr aus dem 2. Weltkrieg	187
Abb. 50: Luftschutzmarke aus dem 2. Weltkrieg	187

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Übersicht über die verschiedenen Arten von NORM-Hinterlassenschaften mit Einzelbeispielen	18
Tab. 2: Übersicht zu massenbezogenen Aktivitäten von Rohstoffen, Mineralien, Baustoffen und Werkstoffen; Typische mittlere Werte sowie Minimal- und Maximalwerte (in Klammern)	25
Tab. 3: Übersicht zu massenbezogenen Aktivitäten von Reststoffen (Rückständen); Typische mittlere Werte sowie Minimal- und Maximalwerte (in Klammern)	35
Tab. 4: Übersicht zu massenbezogenen Aktivitäten der Umgebung infolge Bergbau und Energieerzeugung; Typische mittlere Werte sowie Minimal- und Maximalwerte (in Klammern)	42
Tab. 5: Übersicht zu massenbezogenen Aktivitäten von Industrieprodukten; typische mittlere Werte sowie Minimal- und Maximalwerte (in Klammern)	45
Tab. 6: Übersicht zu massenbezogenen Aktivitäten von Produkten zur Verwendung in der Landwirtschaft; typische mittlere Werte sowie Minimal- und Maximalwerte (in Klammern)	48
Tab. 7: Welterzförderung in der Stahlproduktion	54
Tab. 8: Welterzeugung an Nichteisen-Schwermetallen	56
Tab. 9: Stilllegung von Steinkohlebergwerken von 1957-2000	60
Tab. 10: Förderung und Absatz von Steinkohle in dem Zeitraum von 1945 bis 2002 ab 1990 alte und neue Bundesländer (Angaben in 1000 t; “-“ keine Daten vorhanden)	63
Tab. 11: Recycling von Rückständen aus der Kohleverbrennung in der BRD 1987-1995 /DIV, 2003/	64
Tab. 12: Bevölkerung in der BRD (West) und in der DDR 1950 – 1990 (/SJB RD/, /SJDDR/)	67

Tab. 13: Produktion von Kobalt und Kobaltlegierungen 1950 - 1968 /Fischer, 1995/	90
Tab. 14: Erdgas - und Erdölförderung in der BRD 1997-2001	120
Tab. 15: Erdölförderung 1991 bis 1995 alte und neue Bundesländer /BGR, 1995/	121
Tab. 16: Erdölförderung 1950 bis 1995 alte Bundesländer /BGR, 1995/	121
Tab. 17: Erdölförderung Neue Bundesländer von 1970 bis 1995 /BGR, 1995/	122
Tab. 18: Erdgasförderung 1991 bis 1995 alte und neue Bundesländer /BGR, 1995/	122
Tab. 19: Erdgasförderung neue Bundesländer von 1970 bis 1995 /BGR, 1995/	122
Tab. 20: Erdgasförderung neue Bundesländer von 1950 bis 1995 /BGR, 1995/	123
Tab. 21: Stoffstrom Demercurisierung GMR, Dresden im Jahre 2002 /Schulz, 2003/	124
Tab. 22: Aufgrund historischer Einzelrecherchen ermittelte Rückstandsmengen	134
Tab. 23: Vergleich der Ergebnisse aus dem Schätzverfahren und der historischen Detailrecherche	135
Tab. 24: Art und Anzahl der im Rahmen der Studie des Forschungszentrums Karlsruhe untersuchten Rückstandshalden in Baden-Württemberg (tlw. auch NO Bayern) im Jahr 1983 /Schmitz et al., 1983/	160
Tab. 25: Art und Anzahl der im Rahmen der Studie des Forschungszentrums Karlsruhe untersuchten Rückstandshalden in Niedersachsen im Jahr 1985 /Schmitz et al., 1985-2/	167
Tab. 26: Produktionszahlen der Fischer-Tropsch-Synthese und Katalysatormengen am Standort	189

Teil 1

Historische Recherche zur Ermittlung der radiologischen Relevanz von NORM-Rückständen und Konzepte zur Standortidentifikation

1. Einleitung

1.1 Einordnung des Gesamtprojektes

Natürliche Radionuklide sind fester Bestandteil der gesamten Bio- und Lithosphäre. Sie entstehen entweder aufgrund von Reaktionen stabiler Nuklide mit der hochenergetischen kosmischen Strahlung oder sind Folgenuklide der primordialen Nuklide U-235, U-238 und Th-232. Aus der radioaktiven Strahlung natürlicher Radionuklide folgt eine Strahlenexposition von Mensch und Umwelt. Diese ist umso höher, wenn Materialien, die natürliche Radionuklide enthalten, entweder lokal angereichert werden oder bei chemisch-technischen Prozessen Stoffe entstehen, in denen natürliche Radionuklide angereichert werden. Solche Stoffe werden als „NORM“ (*naturally occurring radioactive material*) bezeichnet.

Von NORM kann für exponierte Personen aufgrund der Strahlung ein gesundheitliches Risiko ausgehen. Als kritische Personengruppen können dabei sowohl Personen der allgemeinen Bevölkerung als auch Personen, die aufgrund ihrer beruflichen Tätigkeit Umgang mit den jeweiligen Stoffen und Materialien haben, in Frage kommen.

Zum Schutz der Bevölkerung vor schädlichen Einflüssen infolge NORM wurden in der Novelle der Strahlenschutzverordnung von 2001 /StrlSchV 2001/ Materialien und Prozesse definiert, bei welchen NORM radiologisch relevant auftreten können, und Überwachungsgrenzen festgeschrieben, bei deren Überschreiten Maßnahmen ergriffen werden müssen.

Entsprechende detaillierte Regelungen gab es in der Bundesrepublik Deutschland vor der Novellierung der Strahlenschutzverordnung nicht. Mithin ist davon auszugehen, dass NORM, die in der Zeit vor 2001 angefallen sind, auf dem Staatsgebiet der Bundesrepublik Deutschland in erheblichen Mengen vorliegen.

Ziel des vorliegenden Vorhabens ist es, eine Grundlage zur Abschätzung von Risiken zu schaffen, die aus NORM-Hinterlassenschaften aus der Zeit vor 2001 resultieren. Dazu ist zunächst die Erfassung der Hinterlassenschaften erforderlich, wobei zu klären ist, welche Hinterlassenschaften eine radiologische Relevanz besitzen, sowie Konzepte zu entwickeln, mit Hilfe derer entsprechende Hinterlassenschaften aufgefunden werden können. Dieses Themenfeld wird im ersten Teil der vorliegenden Studie bearbeitet. Im zweiten Teil werden Konzepte zur radiologischen Bewertung für ausgewählte Verwertungs- und Beseitigungswege von NORM erarbeitet.

Im Teil 3 werden am Beispiel der Steinkohle-Gewinnung eine bergbauliche Hinterlassenschaft und am Beispiel der Rohphosphat-Verarbeitung eine industrielle Hinterlassenschaft eingehend beschrieben.

Im Teil 4 werden einige Standorte des Steinkohlebergbaus und der Rohphosphatindustrie, die im Rahmen von Teil 3 ermittelt wurden, orientierend messtechnisch untersucht. Die Titel der einzelnen Teile lauten wie folgt:

Teil 1: Historische Recherche zur Ermittlung der radiologischen Relevanz von NORM-Rückständen und Konzepte zur Standortidentifikation

Teil 2: Radiologische Bewertung von NORM-Rückständen

Teil 3a: Bergbauliche Hinterlassenschaften der Steinkohle-Gewinnung

Teil 3b: Industrielle Hinterlassenschaften der Rohphosphat-Verarbeitung

Teil 4a: Orientierende radiologische Untersuchungen an bergbaulichen Hinterlassenschaften der Steinkohle-Gewinnung

Teil 4b: Orientierende radiologische Untersuchungen an industriellen Hinterlassenschaften der Rohphosphat-Verarbeitung

1.2 Auftreten von NORM-Hinterlassenschaften

Um die dem Vorhaben gestellte Aufgabe, Identifikation und radiologische Bewertung von NORM-Hinterlassenschaften aus früheren Tätigkeiten, erfüllen zu können, ist es zunächst notwendig zu verdeutlichen, wo und aus welchen Prozessen generell mit NORM-Hinterlassenschaften zu rechnen ist. Dabei sind zwei Prozesse denkbar:

Mit der Nutzung von Rohstoffen durch den Menschen geht vielfach eine chemisch-technische Veränderung der Stoffe einher, beispielsweise bei der Gewinnung von Metallen aus Erzen. Im Zuge dieser Prozesse fallen Rückstände an, in denen sich ggf. natürliche Radionuklide anreichern. Diese Rückstände können nun entweder als Wertstoffe für die Gewinnung weiterer Produkte genutzt werden oder müssen als Abfälle entsorgt werden. In beiden Fällen ist es möglich, dass lokal Radioaktivität in Form natürlicher Radionuklide angereichert wird, wodurch eine NORM-Hinterlassenschaft entsteht.

Tab. 1: Übersicht über die verschiedenen Arten von NORM-Hinterlassenschaften mit Einzelbeispielen

Reststoffe
Halden
Hanganschüttungen
offene gelassene Gewinnungsstellen (Tagebau, Steinbruch, Kiesgrube)
verfüllte Gewinnungsstellen (geordnet/ungeordnet verfüllt, teilverfüllt, geflutet, verwachsen, rekultiviert)
Gewässer (Grubenwassereinleitungen in Vorfluter)
Bachsedimente
Schlämme
kontaminiertes Trinkwasser
stillgelegte Gewinnungsstätten (Granitsteinbruch)
durch Rohstoff-Aufbereitung kontaminiertes Gelände, Gebäude, Anlagen
Direkte Verwendung als Baustoff (Schlackenstein, Chemiegips)
Zuschlag zu Baustoffen (Flugasche in Zement)
direkte Deponierung (Schlämme, Stäube, Schlacken)
Deponierung nach industrieller Verwendung (Strahlschutt mit Kohlereststoff-Granulat-Strahlmittel)
kontaminiertes Gelände, Gebäude, Anlagenteile
Werkstoffe, Baustoffe
Verwendung im häuslichen Bereich (Granit-Mauer, Uranfarben-Fliesen)
Lagerung, Deponierung (Zr-Gießsand, Granatsand)
Industrieprodukte
aufgegebene Produktionsstätten (Gebäude, Grundstück, angrenzende Grundstücke)
Lagerbestände/Deponierung von Produkten, Abfällen, Produktionsabfällen (Glühkörperreste bei Bahn u. Stadtwerken, WIG-Elektroden-Reste, Katalysatoren, Korundprodukte, Uran-Farben, Uran-Keramikmassen, Ra-Leuchtfarben, Th-Nitratreste (GK-Produktion, Chemielabor))

Häusliche Bestände (Ra-Kissen, Leuchtzifferblätter, Fotopapiere, Toner auf Uransalzbasis)
landwirtschaftliche Produkte
kontaminiertes Gelände (Boden mit Düngephosphaten)
alte Lagerbestände, Deponierung (Phosphatdünger)

Weiterhin werden chemische Stoffe, die natürliche Radionuklide besitzen, wie z. B. Thorium, aufgrund ihrer chemisch-technischen Eigenschaften genutzt. Ein Beispiel hierfür ist die Herstellung thoriertes Schweißelektroden. Im Zuge der Produktion entsprechender Produkte fallen Rückstände an, die notwendigerweise mit natürlichen Radionukliden beaufschlagt sind. Die Entsorgung sowohl dieser Rückstände als auch der gesamten Produkte (sofern diese nicht in großem Umfang mit weiteren Nicht-NORM-Abfällen vermischt werden) führt zu NORM-Hinterlassenschaften.

Tab. 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Arten von NORM-Hinterlassenschaften.

Abb. 1 zeigt die verschiedenen Arten an Stoffen, wie sie im Gesamtprojekt begrifflich verwendet werden

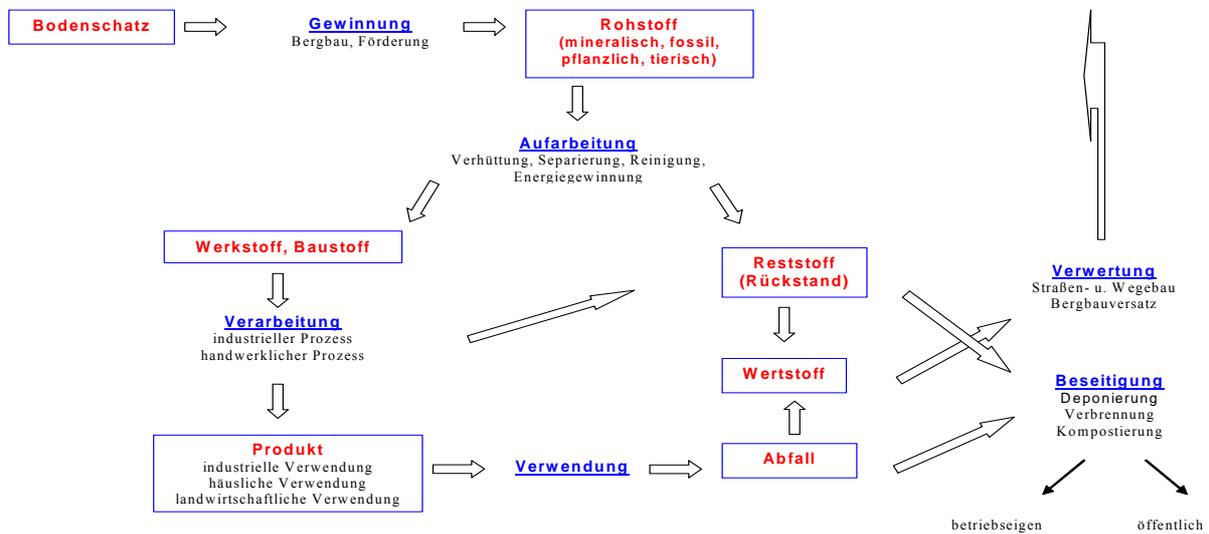


Abb. 1: Begriffliche Einordnung der bei den verschiedenen Prozessen entstehenden Stoffen und Materialien

1.3 Aufgabenstellung und Zielsetzung von Teil 1

Als Aufgabenstellung von Teil 1 der vorliegenden Studie wurde bereits die Klärung der radiologischen Relevanz von NORM-Hinterlassenschaften und die Entwicklung von Konzepten, mit Hilfe derer entsprechende Hinterlassenschaften aufgefunden werden können, definiert.

Der vorliegende Bericht zu Teil 1 widmet sich in Kap. 2 und Kap. 3 der Klärung der radiologischen Relevanz von NORM-Hinterlassenschaften.

Zur Klärung der radiologischen Relevanz ist ein Kriterium notwendig, mit dessen Hilfe NORM-Hinterlassenschaften als radiologisch relevant eingestuft werden können. Dabei bemisst sich die Frage der radiologischen Relevanz an der Höhe der Exposition, die von einer NORM-Hinterlassenschaft ausgeht *und* für eine Bevölkerungsgruppe ein Strahlenrisiko darstellt.

Bzgl. der Höhe der Exposition ist das entscheidende Maß die massenbezogene Aktivität der entsprechenden NORM-Hinterlassenschaft und die Größe der akkumulierten Menge.

Die gültige Strahlenschutzverordnung von 2001 /StrlSchV 2001/ weist Stoffen mit einer massenbezogenen Aktivität von mehr als 200 Bq/kg eine radiologische Relevanz zu. Dieses Kriterium kommt in der vorliegenden Arbeit zur Anwendung. Die Werte selbst werden mit Hilfe einer Literaturstudie aus der einschlägigen Strahlenschutzliteratur ermittelt. Die Ergebnisse werden in Kap. 2.1 aufgezeigt.

Unabhängig von der Höhe der massenbezogenen Aktivität hängt die radiologische Relevanz einer NORM-Hinterlassenschaft von dem rein quantitativen Aufkommen ab. Selbst Stoffe höchster Aktivitäten besitzen eine geringe radiologische Relevanz, wenn sie nur in geringen Mengen vorliegen. Um für die potenziell in Frage kommenden NORM-Hinterlassenschaften die Frage nach der radiologischen Relevanz zu klären, ist es somit zudem notwendig, das absolute Massenaufkommen der in der Bundesrepublik Deutschland auftretenden NORM-Hinterlassenschaften zu ermitteln. Dazu sind umfangreiche historische Untersuchungen zu Bedarf der Rohstoffe, deren Verarbeitung ggf. zu NORM-Hinterlassenschaften geführt hatte, sowie zu den entsprechenden technologischen Prozessen erforderlich. Die Ergebnisse werden in Kap. 2.2 ausführlich erläutert.

Aus den Ergebnissen von Kap. 2 und Kap. 3 ergibt sich, welche potenziellen NORM-Hinterlassenschaften radiologische Relevanz besitzen. Zum Auffinden konkreter NORM-



Hinterlassenschaften bedarf es geeigneter Konzepte. Die Ergebnisse der Ermittlung der Konzepte werden in Kap. 4 zusammengefasst.

2. Radioaktivität von NORM-Rückständen

2.1 Literaturrecherche zur massenbezogenen Aktivität von NORM-Rückständen

2.1.1 Ermittlung der massenbezogenen Aktivitäten von Rohstoffen, Mineralien, Baustoffen, Werkstoffen, Reststoffen

2.1.1.1. Methodik

Aktivitätsangaben (in der Regel massenbezogen) wurden fast ausschließlich in der **Strahlenschutz-Fachliteratur** recherchiert; in Ausnahmefällen, insbesondere bei Mineralien, wurden geochemische Fachzeitschriften bemüht. Bei einigen Stoffen wurden Messungen im akkreditierten TÜV-Strahlenmesslabor durchgeführt bzw. auf vorliegende bisher nicht veröffentlichte Messresultate zurückgegriffen.

Da sich in Deutschland seit Beginn der 90er Jahre verstärkt mit NORM-Materialien beschäftigt wurde, existieren Berichte mit Überblickscharakter, in denen bereits viele Aktivitätsangaben aus einer großen Anzahl von nationalen und internationalen Fachliteraturen recherchiert und zusammengefasst dargestellt wurden (Beispiele hierfür sind: /Reichelt et al., 1994_2/, /Barthel et al., 1999/, /Gellermann et al., 2003/).

Die Angaben in den folgenden 3 Tabellen wurden vorwiegend aus solchen „**Überblicksliteraturen**“ zusammengestellt und im Bedarfsfall durch einschlägige Fachartikel ergänzt.¹

Eine Rückverfolgung der Angaben zu ihren Ursprüngen erschien in Anbetracht der Fülle an Informationen in Verbindung mit den angestrebten Resultaten als nicht effizient.

¹ /Barthel et al., 1999/, /Barthel et al., 2000/, /Becker et al., 1992/, /BfS, 1996/, /BMU, 1998/, /Gellermann et al., 2003/, /Guthrie und Kleeman, 1986/, /Halbach et al., 1980/, /Heier und Adams, 1964/, /Heinrich, 2000/, /Kolb et al., 1985/, /Michel, 1984/, /Reichelt, 1993/, /Reichelt et al., 1993/, /Reichelt und Lehmann, 1994/, /Reichelt et al., 1994_1/, /Reichelt et al., 1994_2/, /Reichelt et al., 2003/, /TÜV Süddeutschland, 2003/, /Weber, 2001/

Auf eine für jede zitierte Aktivitätsangabe spezifizierte Quellenangabe wurde aus folgenden Gründen verzichtet:

Die meisten der angegebenen Werte sind mehreren (oftmals relativ vielen) Quellen zuzuordnen, da die verschiedenen Literaturangaben zu mittleren Werten etc. systematisiert wurden. Viele Angaben finden sich doppelt und mehrfach in der Literatur und wurden in vielen Fällen von einer Literaturstelle mehrmals in andere übertragen (dies betrifft vor allem die „Überblicksliteraturen“).

Die Angaben in den folgenden 3 Tabellen wurden wie folgt ermittelt:

Konnte für den betreffenden Stoff und die zugehörige Radionuklidgruppe (Uran/Thorium/Actinium-Reihe, K-40) nur **1 Aktivitätswert** in der Literatur identifiziert werden, so enthält die entsprechende Tabellenzelle nur **einen Wert** (Beispiel: Graphit, Tab. 2).

Waren nur sehr **wenige Aktivitätswerte** (aber mindestens 2) verfügbar, so sind der kleinste und der größte Wert in runden Klammern in der Form (**Minimalwert-Maximalwert**) angegeben (Beispiel: Torf, Tab. 2).

Bei einer **genügenden Anzahl verfügbarer unabhängiger Aktivitätsangaben** in der Literatur (in der Regel mehr als 3) wurde ein mittlerer Wert sowie der kleinste und größte Wert in der Form **mittlerer Wert (Minimalwert-Maximalwert)** in die Tabellenzelle eingetragen (Beispiel Steinkohle, Tab. 2).

Die „mittleren Werte“ sind keine arithmetischen Mittel über alle verfügbaren Literaturzitate, sondern es wurde versucht, einen **für Deutschland typischen mittleren Aktivitätswert** abzuschätzen. Dabei wurde das folgende Vorgehen realisiert:

Werte, von denen plausibel erkennbar ist, dass sie sich auf Materialien beziehen, die in Deutschland vorhanden sind, wurden stärker gewichtet. Da davon auszugehen ist, dass in den Literaturen gerade die Spitzenwerte veröffentlicht wurden, wurden sehr hohe Aktivitätsangaben in abgeschwächter Form berücksichtigt. Die Verlässlichkeit der Angaben wurde berücksichtigt (z. B. bekannte deutsche Messstellen oder direkte gammaspektrometrische Messungen mit Nachvollziehbarkeit der angegeben Radionuklide wurden Angaben in ppm Uran vorgezogen). Die Werte wurden gerundet.

Falls die Aktivitätsangaben verschiedener Radionuklide lediglich innerhalb der Fehlertoleranzen sich voneinander unterscheiden, so wurde auf nuklidspezifische Angaben verzichtet (Beispiel: Steinkohle). Sind die Aktivitätsunterschiede einzelner Radionuklide einer Zerfallsreihe jedoch

systematischer Natur, so werden jeweils die Radionuklide separat angegeben; genauer die Mutter-nuklide einer sich im radioaktiven Gleichgewicht befindlichen Teilkette (Beispiel: Leichtbaustein Original Ytong aus Mittelschweden).

In den Fällen, bei denen keine eklatant großen Differenzen auftraten und die Aktivität weniger als 200 Bq/kg betrug, wurden **Stoffgruppen zusammengefasst** (vgl. Zement (Portlandzement, Hüttenzement, Tonerdeschmelzzement, Asbestzement, Flugaschenhüttenzement, Hochofenzement), Betonsteine (Bims- Betonsteine, Ziegelsplitt- Betonsteine, Hüttenbims-Betonsteine, Naturbims-Betonsteine, Blähton-Betonsteine, Holz-Betonsteine, Gasbetonsteine); aber wegen hoher Aktivität separat: Schlacke-Betonsteine, Aluminiumzement.

2.1.1.2. *Tabellarische Übersichten*

Die Materialien wurden in den untenstehenden 3 Tabellen wie folgt unterteilt:

Tab. 2: Rohstoffe, Mineralien, Baustoffe, Werkstoffe

Tab. 3: Reststoffe (Rückstände)

Tab. 4: Umgebungskontamination infolge Bergbau und Energieerzeugung

Tab. 2: Übersicht zu massenbezogenen Aktivitäten von Rohstoffen, Mineralien, Baustoffen und Werkstoffen;
 Typische mittlere Werte sowie Minimal- und Maximalwerte (in Klammern)

Rohstoff, Mineral, Baustoff, Werkstoff	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Steinkohle	20 (2-145)	15 (5-63)	1 (0,6–2)	80 (7-700)
Braunkohle	15 (2-155)	10 (1-54)	.	80 (7-760)
Pechkohle (Hartbraunkohle)	$^{150}\text{U-238}$ $^{145}\text{Ra-226}$ $^{140}\text{Rn-222}$	3	10	12
Anthrazit	25 (22-30)	20 (19-30)	.	300 (216-451)
Magerkohle	30 (16-40)	20 (14-31)	.	300 (50-398)
Koks aus Steinkohle	(20-30)	< 20	.	(40-80)
Torf	(7-84)	(2-3)	23	
Graphit	23	5		160
Flußspat	35 (5-35)	30 (8-48)		(14-280)
Schwerspat (Baryt)	(6-180)	(17-42)	.	350
Feldspat und Feldspatsand (nicht spezifiziert)	30 (1-126)	30 (1-200)	.	(950-4.000)
Aplitlagerstätte mit Feldspatanteil (50-70 %)	126	74	.	950
Kalifeldspat	15 (2-37)	(8-32)	.	.
Plagioklas	10 (2-21)	0,04	.	167

Rohstoff, Mineral, Baustoff, Werkstoff	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Orthoklas	.	0,04	.	3.649 – 4.329
Mikroklin	.	0,04	.	3.370
Porphyry	(40-44)	(22-44)	.	.
Quarzporphyry	70 (15-111)	70 (53-98)	.	1.300 (1.000- 2.100)
Basalt	30 (6-63)	30 (11-48)	.	250 (100 - 444)
Basalt (Sand, Splitt)	(17-27)	(25-37)	.	(233-872)
Dolerit	20 (10-29)	30 (8-44)	.	290 (22-380)
Gneis	50 (2-160)	40 (8-126)	.	800 (200-1.500)
Biotit	100 (5-741)	.	.	.
Phonolith	56	100	.	1.300
Amphibolit	25 (8-49)	10 (7-16)	.	250 (180-260)
Porphyrtuff	50 (44-52)	200 (130-240)	.	700 (22-1.700)
Orthophyry	17	22	.	1.300
Lambrophyry	17 (6-30)	12 (5-21)	.	270 (130-330)
Augitporphyry	50 (46-61)	60 (57 -79)	.	1.100 (1.000- 1.300)
Diabas	20 (10-37)	10 (4-19)	.	150 (100-220)
Syenit	30	31	.	(670-1.200)
Monzonit	(6-10)	(1-11)	.	(186-1.051)
Granulit	10 (4-16)	6 (1,5-11)	.	360 (9-730)
Gneis	2-12	3-28	.	417-1.031
Diabassplitt	6-9	5-6	.	135-284

Rohstoff, Mineral, Baustoff, Werkstoff	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Porphyr	74-80	45-50	.	1.446-1.881
Prasinit	10	10	.	140-149
Sand	25 (3-70)	25 (4-140)	.	400 (37-1.501)
Quarz	15 (1-123)	.	.	.
Mauersand	10-12	14-17	.	351-437
Estrichsand	8-9	11-12	.	319-380
See-Sand	7	9	.	245
Fluß-Sand	44	43	.	736
Sandstein	20 (10-60)	20 (4-44)	.	600 (296-1.500)
Löß	11	30	.	481
Sand mit Schwermineralanreicherung	300 (7-740)	300 (5-888)	.	.
Kies	15 (2-20)	2-22	.	14-314
Sandkies	15 (0,4-30)	20 (4-64)	.	300 (3-1.200)
Baukies	15 (10-30)	15 (12-37)	.	250 (105-666)
Fertigmörtel, Fertigputz	30 (4-107)	30 (4-96)	.	259 (37-444)
Stein- u. Glaswolle	20 (9-40)	15 (5-40)	.	222
Glaswolle	30 (13-40)	78	.	250 (37-444)
Schlackenwolle (nicht spezifiziert)	94	31	.	110
Pyrit-Zinkblende-Baryt-Lagerstätte	11	5	.	65
Granit	100 (1-500)	80 (2-350)	.	1.000 (60-1.800)
Granitstein	80 (30-481)	80 (39-192)	.	1.000 (629-3.552)

Rohstoff, Mineral, Baustoff, Werkstoff	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Granit-Splitter	180	122		1.248
Granodiorit	50 (40-73)	40 (35-100)		800 (380-990)
Diorit	41	25	.	560
Gabbro	37	7	.	220
Dunit	33	0,3	.	50
Pyroxenit	33	0,3	.	50
Argillit	36	46	.	840
Quarzit	(18-60)	(18-70)	.	(37-1.150)
Bimsstein	80 (48-133)	80 (22-170)	.	900 (800-1.110)
Bims als Baustoff	100 (22 - 211)	100 (30-244)		1.000 (481-1480)
Bims-Betonsteine	70 (26 - 178)	80 (37 – 252)		800 (481 - 1961)
Naturbims-Leichtbetonstein	48 (max. 104)	59 (max. 111)		888 (max. 1.110)
Bimskies	80 (73-85)	100 (91-110)		800 (717-1.036)
Bimsstein Schlacke	50 (48-63)	50 (30-96)	.	.
Bimsgranulat als Betonzuschlag	50 (19-85)	50 (26-96)	.	900 (422-1.628)
Tuff	150 (20-390)	100 (30-541)	.	1.200 (480-2.370)
Bentonit	100 (12-247)	100 (24-203)	.	155
Illit	19	.	.	1.500 (1.085- 2.570)
Glaukonit	.	.	.	1.200 (990-1.790)
Glimmer	200 (12-740)	100 (0,04-200)	.	2.300 (2.000- 2.700)
Lehm	40 (19-70)	60 (40-111)	.	700 (300-1.221)

Rohstoff, Mineral, Baustoff, Werkstoff	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Ton	40 (19-85)	60 (30-133)	.	1.000 (296-1.850)
Dichtungston mit radioaktiver Markierung	180	80	.	.
Blähton	30 (30-36)	50 (45-56)	.	700 (663-795)
Blähton-Vollblöcke	36 (36-37)	50 (47-53)	.	650 (637-671)
Blähton-Sand	55 (53-62)	70 (61-86)	.	800 (575-1.256)
Blähton, Blähschiefer (Zuschlag für Leichtbeton und -mörtel)	40 (19-67)	70 (30-93)	.	500 (74-814)
Blähton-Leichtbetonstein	60 (19-78)	30 (19-93)	.	500 (37-925)
Schamotte	60 (19-115)	70 (44-126)	.	500 (185-629)
Schamottestein aus Ofenausbruch	5.000	1.000	.	.
Ofenkacheln	74	70	.	.
Wandfliesen	80 (67-100)	90 (51-181)	.	600 (250-1.147)
Ziegel	70 (6-115)	70 (7-185)	3,5	700 (148-2.553)
Klinker	60 (10-200)	60 (7-166)	.	700 (160-2.553)
Kaolin	90 (30-200)	100 (70-200)	.	600 (200-1.000)
Kaolinit	30 (18-37)	40 (24-77)	.	250 (0-460)
Montmorillonit	40 (25-62)	80 (57-97)	.	100 (0-185)
Kaolin-Sand	45 (44-46)	90 (87-91)	.	1.400 (1.336- 1.501)
Uranitit, Pechblende	(5.300.000-8.300.000)	.	.	.
Erdöl [Bq/l]	(0,6-4)	.	.	.
Erdgas [Bq/l]	2 (<1-54) 1 (0,007-54) ^{Rn-222}	.	.	.
Talk	30	41	.	150

Rohstoff, Mineral, Baustoff, Werkstoff	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Naturgips	15 (2-200)	10 (1-100)	1	80 (2-370)
Gipskarton-Bauplatte, Naturgips	10 (1-21)	5 (1-12)	.	8-126
Gipskarton-Bauplatte, Chemiegips	27	65	.	.
Anhydrit	12	4	.	6
Dach- und Tafelschiefer	40 (1-2.900)	40 (8-370)		800 (380-3.552)
Kristalliner Schiefer	47	40	.	960
Tonschiefer	46	36	.	840
Ölschiefer	(26-365)	(16-45)	.	(215-970)
Öl aus Ölschiefer	0,1-152	<0,002-6	.	0,02-15
Schwarzschiefer (Alaunschiefer)	800 (33-5600)	50 (8-114)	(114-229)	1.200 (820-1.800)
Naturasphalt	24	60	84	
Leichtbaustein (Original Ytong aus Mittelschweden)	2.297 ^{Th-234} 2.608 ^{Th-230} 2.435 ^{Ra-226} 1.613 ^{Pb-214} 1.609 ^{Pb-210}	162 ^{Ac-228} 137 ^{Pb-212}	115 ^{U-235} 94 ^{Th-227} 220 ^{Pb-211}	
Bitumen, Teer	< 19	< 19	.	111 (37-259)
Ölschiefer-Baustein	76	43	.	.
Kalkstein	20 (1-50)	10 (1-22)	.	60 (11-185)
Dolomit	20 (2-46)	10 (1-11)	.	80 (17-124)
Marmor	20 (1-41)	15 (1-22)	.	50 (6-240)
Mergel	85	59	.	777
Travertin	4	19	.	19
Kalk (Baustoff)	20 (2-56)	15 (1-44)	.	150 (8-600)

Rohstoff, Mineral, Baustoff, Werkstoff	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Kalksandstein (Baustoff)	10 (5-74)	10 (0,4-28)	.	250 (<37-777)
Zement	50 (11-196)	50 (11-240)	.	200 (4-780)
Aluminiumzement (mit Bauxit)	200	200	.	40
Zementklinker	32	22	.	260
Beton	40 (4-287)	40 (4-159)	.	500 (148-2.264)
Betonsteine	50 (7-178)	50 (7-252)	.	500 (<37-1.961)
Schlacke-Betonsteine	150 (22-740)	100 (22-207)	.	500 (296-925)
Beton mit Kupferschlacke (20 %)	140	34	.	960
Beton mit Kupferschlacke (40 %)	250	34	.	830
Ölschiefer-Gasbeton	800 (320-2620)	50 (24-115)	.	.
Hohlblocksteine (nicht spezifiziert)	40 (15-59)	25 (4-52)	.	320 (60-800)
Beton-Zuschläge	80 (18-388)	80 (4-255)	.	400 (210-1.154)
Baukalk	4	2	:	8
Mörtel	(11-100)	(9-119)	.	(227-837)
Putz	10 (5-12)	5 (3-10)	.	100 (21-320)
Putz- und Mauerbinder	(14-34)	(16-21)	.	(177-243)
Kleber für Gasbetonsteine	11	7	.	71
Schwermineralsand	40	60 - 200	.	.
Schwermineralsand, einheimisch	(1.000-2.000)	(5.000-10.000)	.	.
Schwermineralkonzentrate	< 100	1.000 - 1.300	.	.
Monazit	20.000 (6.000-40.000)	100.000 (8.000-3.000.000)	.	.

Rohstoff, Mineral, Baustoff, Werkstoff	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Monazithaltiger Boden, Sand	450 (30-1.000)	2.500 (50-3.000)	.	200 (158-268)
Zirkon (ZrSiO ₄)	3.000 (200-74.000)	700 (200-40.000)	130	70
Zirkonsand, gemahlen	(2.500-4.000)	(600-700)	.	.
Zirkon-Gießereisand, gebraucht	2.500	720	.	.
Schlamm, Zirkonextraktion	260-7420	.	.	.
Schlichte	2340	510	170	.
Baddeleyit (ZrO ₂)	6.000 (5.140-7.500)	600 (360-1630)	350	75
Baddeleyit (ZrO ₂) - gereinigt	30 (18-48)	15 (1-26)	70 (2-254)	< 8
Xenotim	50.000 (3.500-500.000)	180.000	.	.
Titanit	3 000 (100-9 000)	(400-4.000)	.	.
Rutil	400 (<100-710)	200 (64-4.000)	.	.
Thorianit	.	(5.000.000-11.000.000)	.	.
Cheralit	.	(1.000.000-19.000.000)	.	.
Ilmenit	150 (31-1.500) max. 2300 ^{Ra-226}	200 (35-6.000)	.	.
Mikrolith	120.000	11.000	.	.
Leukoxen	(250-600)	(1.000-9.000)	.	.
Titanoxid	30	30	.	.
Wolfram	100	.	.	.
Tantal	.	20	.	.
Tantalit (Konzentrat)	14.000	3.900	.	.
Ferro-Niobium	(6.000-10.000)	(7.000-80.000)	.	.

Rohstoff, Mineral, Baustoff, Werkstoff	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Tantal-Niob-Erze (60 % Ta ₂ O ₅ , 5 % Nb ₂ O ₅ , 10 % SiO ₂ , 5 % SnO ₂)	26.00	1.000	1.800	.
(30 % Ta ₂ O ₅ , 30 % Nb ₂ O ₅ , 10 % FeO, 10 % WO ₃ , 10 % TiO ₂)	25.000	2.300	1.400	.
Pyrochlor	(6.000-10.000)	(7.000-80.000)	.	.
Columbit	max. 30.000	max. 10.000	.	.
Molybdän	2	.	.	.
Steinsalz	(2-3)	(2-3)	.	(30-32)
Kalisalz	.	85	.	4.000 (3.420- 16.697)
Traßzement	40	46-47	.	(594-602)
Traß-Zement-Mörtel	(15-37)	(18-46)	.	(289-580)
Eisenerz	(20-80)	6	.	84
Stahl	.	1	.	.
Baustein mit Fe-Schlackezuschlag	⁴ U-238 ⁴⁸ Ra-226	65	.	.
Phosphaterz (allgemein)	900 (74-4.810)	60 (7-146)	.	100 (19-900)
umgewandeltes Rohphosphat , gemah- len	⁶⁷⁰ U-238 ⁴⁸⁰ Ra-226	.	.	.
Apatit	500 (30-1.850)	300 (20-1.000)	.	100 (44-170)
Phosphorit	800 (380-2.000)	40 (20-100)	.	150 (50-230)
Phosphaterzkonzentrat	1.000 (290-1.887)	20	.	73
Bauxit	150 (2-530)	200 (7-673)	.	700 (440 – 1.000)
Aluminium	10 (9-361)	5 (1-7)	.	.
Aluminiumoxid	^{0,5} Ra-226 ¹¹⁶ U-238	.	.	.
Aluminiumhydroxid	1	2	.	.

Rohstoff, Mineral, Baustoff, Werkstoff	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Rotschlamm-Baustein, -Ziegel	230 (<19-1.628)	230 (7-703)	.	400 (<37-1221)
Zink-Konzentrat	15 (11-20)	.	.	(0,7-1,1)
Kupfererz	60 (29-152)	70 (21-122)	.	.
Kupfererzkonzentrat	30 (6-100)	20 (2-41)	.	.
Beton mit Cu-Schlacke im Zement	150 (35-250)	33 (32-34)	.	1.000 (830-1.230)
Mineralwolle mit Cu-Schlacke	120	33	390	
Blei	(205-700) ^{Pb-210}	.	.	.
Granatsand	374 ^{U-238} 277 ^{Ra-226}	2340 ^{Ra-228} 2560 ^{Th-228}	26	180
Korund-Schleifmittel	204 ^{Ra-228} 183 ^{Th-228}	571 ^{U-238} 555 ^{Ra-226}	23 ^{U-235} 254 ^{Pa-231} 21 ^{Ac-227}	.
Feuerbeton (Bauxitbasis)	250 ^{U-238} 250 ^{Ra-226} 220 ^{Rn-220} 110 ^{Pb-210}	250	10	40
Plasmaspritzpulver (ZrO ₂ – Y ₂ O ₃)	2310 ^{U-238} 200 ^{Th-230} 1620 ^{Ra-226} 1620 ^{Rn-222} 80 ^{Pb-210}	2000 ^{Th-232} 360 ^{Ra-228} 380 ^{Th-228}	120 ^{U-235} 90 ^{Ac-227}	60
Plasmaspritzpulver (ZrO ₂ – Y ₂ O ₃) - gereinigt	2	12	1	1
Thorierte Mg-Werkstoffe	20.000 (90-72.000) ^{Th-230}	50.000 (350-840.000)	.	.
Thorierte Al-Mg-Werkstoffe	.	(46.000-89.000) ^{Th-232} 68.000 ^{Ra-228} (35.000-72.000) ^{Th-228}	.	.

Tab. 3: Übersicht zu massenbezogenen Aktivitäten von Reststoffen (Rückständen);
 Typische mittlere Werte sowie Minimal- und Maximalwerte (in Klammern)

Reststoff (Rückstand)	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Asche, Kohleverbrennung	100 (20-307)	100 (20-126)	.	500 (50-1.223)
Flugasche, Steinkohleverbrennung	200 (25-640) (1.400-5.500) ^{Pb/Po-210}	50 (20-320)	.	500 (200-1.110)
Absetzbeckenschlamm, modernes Steinkohlekraftwerk mit Trockenfeuerung, BRD	5	4	.	.
E-Filterstaub, modernes Steinkohlekraftwerk mit Trockenfeuerung, BRD	180 ^{U-238} 160 ^{Th-230} 187 ^{Rn-222}	115	9	.
Filterpressenschlamm, modernes Steinkohlekraftwerk mit Trockenfeuerung, BRD	37 ^{U-238} 7 ^{Th-230} 16 ^{Rn-222}	5	2	.
REA-Gips, modernes Steinkohlekraftwerk mit Trockenfeuerung, BRD	2	1	< 0,1	.
REA-Überlaufwasser, modernes Steinkohlekraftwerk mit Trockenfeuerung, BRD	< 0,7	< 0,3	< 0,01	.
Aschewasser, modernes Steinkohlekraftwerk mit Trockenfeuerung, BRD	< 1	< 1	0,04	.
Grobasche, modernes Steinkohlekraftwerk mit Trockenfeuerung, BRD	100	70	4	.
Schlacke, modernes Steinkohlekraftwerk mit Schmelzkammerfeuerung, BRD	79	75	.	.
E-Filterstaub, modernes Steinkohlekraftwerk mit Schmelzkammerfeuerung, BRD	80	76	.	.
REA-Abwasser, modernes Steinkohlekraftwerk mit Schmelzkammerfeuerung, BRD	< 2	.	.	.
REA-Gips, modernes Steinkohlekraftwerk mit Schmelzkammerfeuerung, BRD	< 2	.	.	.
Reststaub (Kamin) modernes Steinkohlekraftwerk mit Schmelzkammerfeuerung, BRD	42	100	.	.
Strahlmittel (aus flüss. Schlacke) modernes Steinkohlekraftwerk mit Schmelzkammerfeuerung, BRD	140 (68-245)	90 (59-162)	7 (3-13)	.
Strahlmittelstaub modernes Steinkohlekraftwerk mit Schmelzkammerfeuerung, BRD	115 (89-140)	85 (81-88)	6 (4-8)	.
Bettasche (Kamin) modernes Steinkohlekraftwerk mit Wirbelschichtfeuerung, BRD	24	26	.	.

Reststoff (Rückstand)	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Flugasche (Kamin) modernes Steinkohlekraftwerk mit Wir- belschichtfeuerung, BRD	68	73	.	.
Reststaub (Kamin) modernes Steinkohlekraftwerk mit Wir- belschichtfeuerung, BRD	68	73	.	.
Flugasche, Pechkohleverbrennung	900	15	50	170
Flugasche, Braunkohleverbrennung	80 (26-200) (60-630) ^{Pb-210, Po-210}	50 (11-320)	10 (1-64)	300 (12-1223)
Grobasche, Braunkohleverbrennung	50 (36-72) ^{U-238} 30 (13-57) ^{Pb-210}	40 (29-67) ^{Ra-228} 45 (25-75) ^{Th-228}	.	.
Filterasche, Braunkohleverbrennung	(41-53) ^{U-238} (21-27) ^{Pb-210}	(33-77) ^{Ra-228} (36-57) ^{Th-228}	.	.
E-Filterasche, Braunkohleverbrennung	28 ^{U-238} 26 ^{Pb-210}	23 ^{Ra-228} 25 ^{Th-228}	.	.
Schlacke, Kohleverbrennung	300 (20-3900)	200 (15-750)	66	500 (280- 1.200)
Abraum, Steinkohle	500 (6-4000)	.	.	(352-385)
REA-Gips, Kohleverbrennung	(2,5 -25)	(<5-20)	0,2	(5-80)
REA-Gips (Halde), Kohleverbrennung	30 (4-74)	.	.	26
Granulat (Halde), Kohleverbrennung	100 (22-363)	74	.	481-567
NaBasche (Halde), Kohleverbrennung	100 (19-133)	.	.	777
Grobasche, Kohleverbrennung	100	70	5	.
Aschewasser, Kohleverbrennung	1	0,1	0,04	.
E-Filterstaub, Kohleverbrennung	170	115	9	.
Braunkohlefilteraschen, Kohleverbren- nung	(4-200)	(6-150)	.	(12-610)
Filterpressenschlamm, Kohleverbrennung	20	3	1,5	.
REA-Überlaufwasser, Kohleverbrennung	0,5	0,1	0,01	.
Strahlmittel, Kohleverbrennung	113	79	7	962
Abraum, Nebengestein, Schwerspat	200 (6-474)	.	.	.

Reststoff (Rückstand)	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Granitsteinhalde	26-97			
Granitstaub	1.000	600	.	.
Abraum Uranbergbau	700 (36-5.900)	46 (27-76)	.	830 (630-1.200)
Haldenmaterial Uranbergbau	1.500 (56-4.880)	30-40	.	430-640
Aufbereitungsrückstände fein, Uranbergbau	170 (9,3-305)	80 (2,6-245)	.	130 (>1-280)
Aufbereitungsrückstände grob, Uranbergbau	1.100 (870-2.000)	50 (36-82)	.	410 (230-610)
Tailings Uranbergbau	6.000 (3.930-8.630) 990 ^{U-238} (5.000-15.000) ^{Ra-226}	.	.	.
Absetzbecken Uranbergbau	10000 100-1000 ^{U-238}			
Nebengestein, Feldspat- u. Kaolinbergbau	(1.000-2.000)	(5.000-10.000)	.	.
Haldenmaterial Blei/Zink-Bergbau (Abraum, Nebengestein)	25 (7-48)	.	.	.
Haldenmaterial Bleihütten-Schlacke	15 (13-19)	.	.	.
Blei-Schlacke	270			
Blei-Schlackenstein	265	36	.	200
Bleigranulat	85	.	.	.
Blei-/Bismut Schmelzen	max. 100.000	.	.	.
Haldenmaterial Nickel/Kupfer-Bergbau (Abraum, Nebengestein)	(15-27)	.	.	.
Abraum Kupferschieferbergbau	(200-1.000)	.	.	.
Bergematerial	600 (10-1.370) ^{Ra-226} 600 (40-1.550) ^{Pb-210}			
Kupferschlacke (nicht spezifiziert)	1.000 (400-2.100)	50 (18-78)	.	.
Kupferschlacke, moderne Produktion	25 (13-35)	15 (9-23)	.	.
Kupferschieferschlacke (Mansfelder Revier, alte Produktion)	1.500 (861-2.100)	50 (18-78)	.	520 (300-730)

Reststoff (Rückstand)	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Kupferschieferschlacke (Mansfelder Revier, neue Produktion)	750 (490-940)	50 (41-60)	.	650 (530-760)
Kupferstückschlacke (Mansfelder Revier)	445	45	.	.
Kupfer-Schlackenstein (Mansfelder Revier)	1.000 (860-1.100)	250 (48-310)	.	830
Kupfer-Schlackenstein (Fundort: Nordseeküste)	670	60	.	.
Stäube/Schlämme Kupferschieferbergbau (Mansfelder Revier)	(200-800) ^{Ra-226} 20.000 ^{Pb-210}			
Flugstaub (Schachtofen) Kupferschieferbergbau (Mansfelder Revier)	20 ^{Ra-226} 15.400 ^{Pb-210}	.	.	.
Primärflugstaub Kupferschieferbergbau (Mansfelder Revier)	(700-800) ^{Ra-226} 100 ^{Pb-210} (800-6.000) ^{Po-210}	(25-35)	.	.
Theisenschlamm, Kupferschieferverhüttung (Mansfelder Revier)	(140-740) ^{Ra-226} (3.620-21.900) ^{Pb-210}	.	.	
Werkblei, Kupferschieferverhüttung (Mansfelder Revier)	120.000 ^{Pb-210}			
Schachtofenschlacke, Kupferschieferverhüttung, (Mansfelder Revier)	300 ^{Ra-226} 1.200 ^{Pb-210}			
Schlämme, Kupfergewinnung	1.100	20	.	200
Schwelgut, Kupfergewinnung	(170-440) ^{Ra-226} 16.000 (2.330-19.630) ^{Pb-210}	.	.	.
Schlacke, Zinkgewinnung	40 (20-59)	20 (13-30)	.	189
Rückstände Zinkelektrolyse	8 ^{Ra-226} 96 ^{Pb-210}			
Reststoffe aus Zn-Elektrolyse	7 ^{Ra-226} 96 ^{Pb-210}			
Schlacke, Niob-Stahlproduktion	10.000	80.000	.	.
Pyrochlor-Schlacke	(7.000-14.000)	(15.000-30.000)	.	.
Rückstände, Tantal-Metallurgie	max. 10.000	max. 4.000	.	.
Rückstände Titandioxid-Herstellung (Endschlamm, Sande, Eisenoxid, Koks, Wasserchemikalien)	< 150	< 150	.	.
Abfälle u. Stäube, Seltene-Erden-Produktion	max. 10.000	max. 1.000.000	.	.
Erdölwasser [Bq/l]	5 (0,02-285)	15 (1-180)	.	.

Reststoff (Rückstand)	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Erdgaswasser [Bq/l]	10 (<1-217)	10 (<1-41)	.	.
Bodenasche, (Abfall-Verbrennungsanlage für Klärschlämme (Erdölwasser) und ölhaltige Abfallstoffe)	30 (10-150)	70 (12-110)	.	.
Flugasche, (Abfall-Verbrennungsanlage für Klärschlämme (Erdölwasser) und ölhaltige Abfallstoffe)	80 (25-250) 400 ^{Pb-210}	120 (25-160)	.	.
Kohlenwasserstoffkondensat [Bq/l]	(<1 – 74) ^{Po-210}	.	.	.
Ablagerungen in Anlagenteilen von Erdöl- u. Erdgas-Gewinnungs- und Verarbeitungsstätten (Scales, Krat)	50.000 (1-1.000.000)	50.000 (2-360.000)	2.500 ^{Ac-227}	.
Klärschlamm aus Zuführung von Lagerstättenwasser (Erdöl, Erdgas)	640	.	.	.
Schlämme aus der Mineralölverarbeitung	(100.000-200.000)	.	.	.
Chemiegips (nicht spezifiziert)	600 (15-1.700)	20 (3-141)	.	70 (16-296)
Chemiegips (aus Apatit)	60 (<37-74)	< 20	.	< 37
Chemiegips (aus Phosphorit)	550 (300-1.099)	15 (<4-141)	.	90 (<37-296)
Haldenmaterial, Chemiegips	290 ^{Ra-226} 359 ^{Pb-210} 6 ^{U-238}	.	.	< 26
Calziumsilikat-Schlacke, Phosphatherstellung	1.000	.	.	.
Schlacke, Pyritröstung zur Schwefelsäureproduktion	> 1.000	.	.	.
Haldenmaterial (Ölschieferabbrand)	92	.	.	.
Retorten-Ölschiefer	(37-418)	(16-46)	.	266-1.036
Nickel-Schlackenstein	52	78	.	76
Nickel-Mangan-Schlackenstein	310	37	.	710
Fe-Cr-Si-Schlackenstein	9	6	.	9
Zinn-Schlackenstein	1.100 (1.000-1.200)	300 (230 - 340)	.	328
Zinn-Schlacke	1.100 (1.000-1.200)	300 (230-340)	.	.

Reststoff (Rückstand)	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Zinn-Verhüttungsschlacke	(240-5.400) ^{U-238} , (70-2.100) ^{Po-218}	(90-14.700) ^{Th-232} (70-10.600) ^{Po-216}	.	.
Zinn-Schmelzenschlacke	(70-5.400)	(70-15.000)	.	.
Staubabscheider, Zinnverhüttung	max. 200.000 ^{Po-210}	.	.	.
Haldenmaterial (Kobalt/Silber Bergbau)	200 (12-11.170)	.	.	.
Haldenmaterial (Steinsalz-Abraum)	11	.	.	.
Haldenmaterial (Hochofenschlacke)	40 (<6-72)	.	.	241
Hochofenschlacke	150 (44-380)	100 (19-300)	.	500 (185-1.147)
Hochofenschlamm- u. -Staub (Hochofengichtgas-Schlamm u. -Staub)	(1.000-200.000) ^{Pb/Po-210}	.	.	.
Stäube der Roheisenverhüttung (Sinterband, Gießhalle, Hochofen, E-Ofen)	(100-8.500) ^{Pb-210}	10 (3-35)	.	.
Stahlwerksschlacke	20 (5-31)	3 (0-5)	.	.
Verblasofenschlacke (Stahlwerk)	1.000 (980-1.100)	286 (260-310)	.	.
Kupolofenschlacke (Gußeisenproduktion)	100 (40-200)	100 (30-300)	.	500 (200-1.000)
Eisen-Schlackenstein (Siemens-Martin-Schlacke)	20	7	.	22
Eisen-Schlackenstein (Stahlschlacke)	13	7	.	21
Eisen-Schlackenstein (Kupolofen-Schlacke)	110	47	.	210
Eisen-Schlackenstein (Frischschlacke)	20 (17-23)	6 (4,8-8,1)	.	20 (10-34)
Hüttenbims	100 (11-230)	50 (19-111)	.	100 (89-190)
Hüttensand	76	40	.	210
Hüttenschlacke	75 ^{Ra-226}	20 ^{Th-232}	.	.
Sinteranlagenstäube (Hüttenwerk)	40.000 ^{Pb/Po-210}	.	.	.
S-Schlacke	10 (8-15)	< 10	.	58 (30-85)

Reststoff (Rückstand)	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Schlacken-Strahlmittel (nicht spezifiziert)	245	135	.	1.240
Phosphat-Schlackenstein	50 (32-86)	70 (65-82)	.	170 (58-220)
Schlamm Phosphatabbau	1.000 (481-1508)	.	.	.
Sand-Tailings Phosphatabbau	200 (74-444)	.	.	.
Kieselstein, Phosphatabbau	1.500 (962-3.589)	.	.	.
Phosphatgips-Deponie	600	.	.	.
Rotschlamm	250 (43-800)	300 (73-1.000)	.	(27-58)
Braunschlamm	200	450	.	.
Deponiematerial, Rotschlamm	207 ^{Ra-226} 118 ^{Pb-210} 51 ^{U-238}	.	.	49
Aluminium-Schlackenstein	15 (12-16)	10 (6-9)	.	750 (360-960)
Krätze aus Al-Konzentration	-	100.000	.	.
Rohrleitungs-Ablagerungen bei der Papierherstellung (Scales)	100.000 ^{Ra-226} 21.000 ^{Pb-210}	16.000 ^{Ra-228} 30.000 ^{Ra-224}	.	.
Filtermaterial zur Wasseraufbereitung in Wasserwerken (Dolomitkalk in Filterbecken und Filterkesseln – sich selbstverbrauchendes Material)	(31-51) ^{Th-234} 20 (11-40) ^{Ra-226} (<40-414) ^{Pb-210} 20.000 ^{Pb-214} 30.000 ^{Bi-214}	(11-36) ^{Ra-228} (11-35) ^{Th-228}	(<0,5-1,7) ^{Ac-227}	(24-34)
Filtermaterial zur Wasseraufbereitung in Wasserwerken (Quarzsand, Hydroantrazit+Quarzkies in Filterbecken und Filterkesseln – sich nicht selbst selbstverbrauchendes Material)	(451-1.151) ^{Ra-226}	.	.	.
Filterrückspülschlamm in Wasserwerk	1.000 (10-7.500) ^{Ra-226}	(200-5.200) ^{Ra-228}	.	.
Wasserwerksschlämme (nicht spezifiziert)	(100-14.000) ^{Ra-226} 500 ^{Pb-210}	(200-5.200) ^{Ra-228}	.	.
Wand- und Deckenoberfläche in Wasserwerk (in 1 mm Schicht)	<20 ^{Ra-226} 63.000 ^{Pb-214, Bi-214} (5.800-8.400) ^{Pb-210}	(20-36)	.	260
Schlacke Müll-Verbrennungsanlagen	18	15	.	.
REA-Gips Müll-Verbrennungsanlagen	5	<2	.	.

Reststoff (Rückstand)	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Flugasche Sonderabfall-Verbrennungsanl.	130 (110-149)	80 (72-88)	.	.
Schrott (Ablagerungen in Anlagenteilen: Erzbergbau, Erdöl/Erdgas-Förderung, Steinkohlebergbau, Wasserwirtschaft, Papierindustrie, Phosphatindustrie)	(200-250.000)	.	.	.
Schlacken Metallrecycling mit Schmelzanlage	max. 10.000 ^{Ra-226}	.	.	.
Stäube Metallrecycling mit Schmelzanlage	max. 70.000 ^{Pb-210}	.	.	.
Abfälle Quecksilberrecycling	10.000 (1.000-100.000)	10.000 (1.000-100.000)	.	.
Ablagerungen (Scales) Geothermie	30.000 ^{Ra-226} 100.000 ^{Pb-210}	10.000 ^{Ra-228}	.	.
Abfälle Geothermie	5.000 (370-9.400)	.	.	.
Ablagerungen („Scales“) Heilwassernutzung	max. 13.000 ^{Ra-226}	.	.	.
Flusssedimente In Gebieten mit radioaktiven Ableitungen	max. 5.000	max. 5.000	.	.
Filtermaterialien Klimaanlagen, Be- und Entlüftungssysteme	(1.000-10.000) ^{Pb-210}	.	.	.

Tab. 4: Übersicht zu massenbezogenen Aktivitäten der Umgebung infolge Bergbau und Energieerzeugung;
 Typische mittlere Werte sowie Minimal- und Maximalwerte (in Klammern)

Umgebungs-Kontaminationen	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Kohlekraftwerk, Moos	(30-5.679)	.	.	.
Schwerspat, Sickerwasser Abraumhalde	0,4	.	.	.
Granitabbau, Sickerwasser Granitsteinhalde	0,03	.	.	.
Uranbergbau, Betonierte Fläche	(600-700)	20	.	460
Uranbergbau, Trink- u. Quellwässer [mBq/l]	<0,04 ^{U-238} 0,04 ^{Pb-210} 0,1 (0,01-0,47) ^{Ra-226}	.	.	.
Uranbergbau, Ackerboden	(64-150)	.	.	.

Umgebungs-Kontaminationen	massenbezogene Aktivität [Bq/kg]			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Uranbergbau, Boden	300 (35-5.900) ^{Ra-226} 120 (30-303) ^{Pb-210}	.	.	.
Uranbergbau, Gewässer [Bq/l]	1,5 (0,02-2,5) ^{U-238} 0,5 (0,004-3,3) ^{Ra-226} 0,2 (0,02-1,1) ^{Pb-210}	.	.	.
Uranbergbau, Grundwasser	0,3 (0,004-1,3) ^{Ra-226}	.	.	.
Uranbergbau, Sedimente	300 (max. 1800) ^{U-238} 200 (37-700) ^{Ra-226} 120 (56-250) ^{Pb-210}	.	.	.
Uranbergbau, Gräser, Bäume	300 (9-1.100)	.	.	.
Uranbergbau, Gräser, Bäume (Asche)	30 (1-56) ^{Ra-226} 100 (4-750) ^{Pb-210}	.	.	.
Uranbergbau, Nutzpflanzen	5 (0,1-84)	.	.	.
Uranbergbau, Nahrungsmittel	0,3 (0,004-1,5)	.	.	.
Uranbergbau, Abwässer [Bq/l]	1 (0,001-2,4) ^{Ra-226}	.	.	.
Uranbergbau, Pflanzen auf Halden	2-93 ^{Ra-226}	.	.	.
Uranbergbau, Fische, Muscheln	(0,03-0,07) ^{Ra-226} (0,14-0,74) ^{Pb-210}	.	.	.
Uran-Metall Produktion, Boden	max. 1.000	.	.	.
Blei/Zink-Gewinnung, Halden-Sickerwasser	0,1 (< 0,006-0,4)	.	.	.
Kupfer-Gewinnung, Boden	700 (471-931)	39-63	.	.
Apatit-Gewinnung, Gewässer	0,02 (<7-0,05) ^{Ra-226}	.	.	.
Kobalt/Silber-Bergbau, Boden	(1,5-17) ^{Ra-226} (16-52) ^{Pb-210}	.	.	.
Kobalt/Silber-Bergbau, Gewässer [Bq/l]	0,04 (0,001-0,1) ^{Ra-226} 0,02 ^{Pb-210}	.	.	.
Kobalt/Silber-Bergbau, Trinkwasser [Bq/l]	0,006 (0,002-0,02) ^{Ra-226} 0,02 (0,01-0,03) ^{Pb-210}	.	.	.
Kobalt/Silber-Bergbau, Bäume (Nadeln + Laub)	5 (0,08-17) ^{Ra-226} 50 (6-100) ^{Pb-210}	.	.	.
Kobalt/Silber-Bergbau, Nutzpflanzen	(1-8) ^{Ra-226} (22-47) ^{Pb-210}	.	.	.
Kobalt/Silber-Bergbau, Nahrungsmittel	1 (<0,002-5,6) ^{Ra-226} 1 (<0,02-5,2) ^{Pb-210}	.	.	.

2.1.2 Ermittlung der massenbezogenen Aktivitäten von Produkten zur industriellen, landwirtschaftlichen, medizinischen und häuslichen Verwendung

2.1.2.1. Methodik

Wie bereits bei den Recherchen zu den Roh- und Reststoffen wurden viele Aktivitätsangaben aus „**Überblicksliteraturen**“ entnommen und im Bedarfsfall mit Zitaten aus der Primärliteratur ergänzt.^{2, 3}

Auf eine für jede zitierte Aktivitätsangabe spezifizierte Quellenangabe wurde wie bereits in Kapitel 2.1.1 aus gleichen Gründen verzichtet.

Bezüglich der Ermittlung und Interpretation der angegebenen **typischen mittleren Werte** sowie der **Minimal- und Maximalwerte** trifft das das gleiche zu, wie bereits in Kapitel 2.1.1 ausgeführt.

² /Becker und Reichelt, 1991/, /Buckley et al., 80/, /Buckley et al./, /Elmer, 1985/, /Meltzer, 1978/, /NCRP, 1987/, /NEA, 1985/, /NRPB/, /Radiation Protection 68, 95/, /Reichelt, 1993/, /Reichelt et al., 1993/, /Reichelt et al., 1994_2/, /Reichelt et al., 1994_3/, /Safety Series Document, 1990/, /UNSCEAR, 1977/, /UNSCEAR, 1982/

³ Die Aktivitätsangaben in /Radiation Protection 68, 95/ sind mit denen in /Safety Series Document, 1990/ identisch

2.1.2.2. *Tabellarische Übersicht*

Tab. 5: Übersicht zu massenbezogenen Aktivitäten von Industrieprodukten; typische mittlere Werte sowie Minimal- und Maximalwerte (in Klammern)

Industrieprodukt [Einheit]	U-Reihe	Aktivität Th-Reihe	Ac-Reihe
Thorierte Wolframelektroden [Bq/g]	80 (15-474) ^{Th-230}	80 (27-150) ^{Th-232} 40 (12-86) ^{Th-228} 50 (16-103) ^{Ra-228}	.
Thorierte Wolframelektroden [Bq pro St.]	1.000 (3-78.020) ^{Th-230}	1.000 (5-24.000) ^{Th-232} 500 (2-11410) ^{Th-228} 500 (3-16790) ^{Ra-228}	.
Thorierte Gasglühstrümpfe [Bq/g]	200 (71-462) ^{Th-230}	800 (387-1.041) ^{Th-232} 200 (84-407) ^{Ra-228} 400 (196-560) ^{Th-228}	.
Thorierte Gasglühstrümpfe [Bq pro St.]	460 (71-1.156) ^{Th-230}	2.000 (500-3.500) ^{Th-232} 600 (100-1.000) ^{Ra-228} 1.000 (300-1.700) ^{Th-228}	.
Thorierte Gasglühkörper [Bq/g]	100 (92-146) ^{Th-230}	2.000 (646-2.865) ^{Th-232} 1.000 (277-1.416) ^{Ra-228} 100 (215-1.373) ^{Th-228}	.
Thorierte Gasglühkörper, nach Gebrauch [Bq/g]	278 ^{Th-230}	2375 ^{Th-232} 710 ^{Ra-228} 1.175 ^{Th-228}	.
Thorierte Gasglühkörper [Bq pro St.]	.	1.200 (1.100-1.400) ^{Th-232} 500 (300-700) ^{Ra-228} 580 (550-600) ^{Th-228}	.
Thoriumarme Gasglühstrümpfe [Bq/g]	.	10 (9-11) ^{Th-232} 6 (5,5-6,4) ^{Ra-228} 5 (4,5-5,5) ^{Th-228}	.
Thoriumarme Gasglühstrümpfe [Bq pro St.]	.	11 (10-12) ^{Th-232} 7 (6-7) ^{Ra-228} 6 (5-6) ^{Th-228}	.
„Thoriumfreie“ Gasglühstrümpfe [Bq/g]	.	0,30 ^{Th-232} 0,10 ^{Ra-228} 0,25 ^{Th-228}	.
„Thoriumfreie“ Gasglühstrümpfe [Bq/g]	.	0,40 ^{Th-232} 0,10 ^{Ra-228} 0,30 ^{Th-228}	.
Dentalkeramik mit Uranzusätzen [Bq/g] [Bq pro St.]	2 (1,1-12) ^{U-238, U-234} 1 (0,5-8) ^{U-238, U-234}	< 0,2	0,08 (0,04-2,8) ^{U-235} 0,05 (0,02-0,07) ^{U-235} 2,2 (1,4-2,9) ^{K-40}
Dentalkeramische Masse mit Uranzusätzen [Bq/kg]	(2.190-5.062) ^{U-238, U-234} 14 ^{Ra-226}	47	2.070 ^{K-40}
Papiererzeugnisse [Bq/kg]	19 (2-50)	15 (3-32)	0,3 70 (3-150) ^{K-40}
Fensterglas [Bq/kg]	9	3	110 ^{K-40}
Antistatische Einrichtungen	370 ^{Ra-226} max. 20.000 ^{Po-210}	.	.

Industrieprodukt [Einheit]	U-Reihe	Aktivität Th-Reihe	Ac-Reihe
Bankschecks [Bq pro St.]	.	.	400 ^{C-14}
Blitzableiter [MBq pro St.]	40 ^{Ra-226}	.	.
Bogenlampenkohle [Bq/g]	3.000	1.000	.
Chemikalien unverbraucht (U- u. Th-Verbindungen)	2.000.000	2.000.000	.
Chemikalien verbraucht (U- u. Th-Verbindungen)	20.000	20.000	.
Elektronenröhren [kBq pro St.]	4 ^{Ra-226}	.	1.700 ^{C-14}
Emaile [Bq/g]	1.200	400	.
Emaillierter Schmuck, Abzeichen [Bq/g]	max. 400	.	.
Emaillpulver mit Uranzusatz [Bq/g]	(86-1.000) ^{U-238}	.	(4-46) ^{U-235}
Fernsehröhren [Bq/g]	3.000	1.000	.
Feuerzeugzündsteine [Bq/g]	3.000	1.000	.
Geräte zur Radonanreicherung von Trinkwasser [kBq pro St.]	(1-3.000) ^{Ra-226}	.	.
Glaswaren [Bq/g] [Bq pro St.]	(200-1.200) 850	400	.
Glühlampen [Bq pro St.]	.	200	.
Gußstücke zur Abriebprüfung [Bq/g]	.	2	.
Halogen-Metalldampflampen [Bq pro St.]	.	60	.
Hochdruckentladungslampen (Kathode)	.	(215-480) ^{Th-232}	.
Ionisationsrauchmelder [kBq pro St.]	93 ^{U-238} (400-555) ^{Ra-226}	4 ^{U-235}	.
Keramik (Glasuren) [Bq/g] [Bq pro St.] [kBq/m] (Rohr-Glasur)	2500 630-5400 24	800	.
Keramik für elektronische Bauteile [Bq/g]	3.000	1.000	.
Fliesen mit Uranfarben-Glasur 1) Maximum der Fliese [Bq/cm ²] 2) gemittelt über Fliese [Bq/cm ²] 3) [Bq/g]	1) (33-309) ^{U-238, U-234} 2) < 25 ^{U-238, U-234} 3) max. 1.000	3) max. 1.000	1) (2-14) ^{U-235} 2) < 1 ^{U-235}
Kosmetika [kBq pro St.]	(1-3.000)	(1-3.000)	.
Lebens- und Genussmittel - Zigaretten [mBq pro St.]	8 (2-22) ^{Pb-210} 7 (3-24) ^{Po-210}	.	.
Leichtmetalle [Bq/g]	.	900	.

Industrieprodukt [Einheit]	Aktivität		
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe
Lötmittel (bleihaltig) [Bq/g]	(0,5-57) ^{Pb-210} (0,5-49) ^{Po-210}	.	.
Ziffernblätter von Uhren etc. (radio- lumineszierend) [kBq pro St.] [kBq pro St.] empfohlene Aktivität	10 (3,7-550) ^{Ra-226} 3,7-5,5 ^{Ra-226}	.	.
Luftfahrzeuginstrumente (radiolumi- neszierend) [Bq pro St.]	0,74 ^{Ra-226}	.	.
Kompasse (radiolumineszierend) [kBq pro St.]	max. 200 ^{Ra-226}	.	.
Andere radiolumineszierende Produk- te (Autoschloss-Leuchten, Lichtschal- ter-Markierungen, Ziffernblätter u. Zeiger für Messgeräte, Temperatur- regler, Klingelknöpfe, Tachometer, Drehzahlmesser, Kurzzeitmesser, Schalttafelinstrumentierung) [kBq pro St.]	max. 50 ^{Ra-226}	.	.
Metallurgische Zuschlagstoffe [Bq/g]	3.000	1.000	.
Mikrowellengeräte [Bq/g]	3.000	1.000	.
Münzen für Verkaufsautomaten [kBq pro St.]	.	.	80 ^{C-14}
Neutronendosimeter [Bq pro St.]	.	500 ^{Th-232}	100 ^{U-235}
Optische Gläser (thoriert) [Bq/g]	.	203 ^{Th-232} 156 ^{Th-228}	.
Optische Gläser [Bq/g] [Bq/g] [Bq/g] [Bq pro St.]	max. 3700	203 ^{Th-232} 156 ^{Th-228} max. 1.200 ^{Th-232} max. 15.000 ^{Th-232}	.
Brillengläser [Bq pro St.] [Bq/g] empfohlene Aktivität	.	max. 100 0,5	.
Porzellan [Bq/cm ²]	370	.	.
Präzisionslinsen [Bq/g]	3.000	1.000	.
Quarzbrenner [Bq pro St.]	.	74	.
Solarien [Bq pro St.]	.	8.100	.
Sterilisationslampen [Bq pro St.]	.	8.100	.
Vakuümrohren [Bq/g] [Bq pro St.]	.	(32-49) 60	.
Wolfram- und Molybdänhalbfabrikate [Bq/g]	.	(55-85)	.

Industrieprodukt [Einheit]	Aktivität		
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe
Zünder für Gasentladungslampen [Bq pro St.]	(37-40) ^{Ra-226}	(0,185-0,5) ^{Th-232}	.

Tab. 6: Übersicht zu massenbezogenen Aktivitäten von Produkten zur Verwendung in der Landwirtschaft; typische mittlere Werte sowie Minimal- und Maximalwerte (in Klammern)

Produkt zur landwirtschaftlichen Verwendung [Einheit]	Aktivität			
	U-Reihe	Th-Reihe	Ac-Reihe	K-40
Phosphor-Dünger (P) (Triplesuperphosphat)	(800-3.034) ^{U-238} 3.538 ^{U-234} (1.632-3.138) ^{Th-230} (230-1.152) ^{Ra-226} 750 ^{Rn-222} (902-908) ^{Pb-210}	(44-48) ^{Th-232} (9-40) ^{Ra-228} (8-14) ^{Th-228}	(105-132) ^{U-235} 107 ^{Pa-231} 43 ^{Ac-227}	(27-52)
Phosphor-Dünger (P) (Superphosphat)	800 (529-1.100) ^{U-238} 670 ^{Th-230} 600 (110-910) ^{Ra-226} 300 ^{Pb-210} 150 ^{Po-210}	25 (15-44) ^{Th-232}	.	(120-140)
Phosphor-Kalium-Dünger (PK)	550 (410-698) ^{U-238} 1.180 ^{U-234} 400 (289-622) ^{Th-230} 350 (310-409) ^{Ra-226} 384 ^{Rn-222} 530 (503-568) ^{Pb-210}	15 ^{Th-232} 10 (<6-18) ^{Ra-228} 10 (8-14) ^{Th-228}	30(24-32) ^{U-235} 23 ^{Ac-227}	(5.483-6.164)
Thomasphosphat-Kalium-Dünger (PK) (Thomaskali)	(23-165) ^{U-238} 614 ^{Th-230} (<3-19) ^{Ra-226} 43 ^{Pb-210}	16 ^{Ra-228} 8 ^{Th-228}	20 ^{U-235}	3.480
Stickstoff-Phosphor-Dünger (NP)	1.500 (920-2300) ^{U-238} (1.800-2.400) ^{Th-230} 300 (20-820) ^{Ra-226} (15-870) ^{Pb-210} (15-920) ^{Po-210}	30 (15-63) ^{Th-232}	.	41
Stickstoff-Phosphor-Kalium-Dünger (NPK)	450 (283-612) ^{U-238} 816 ^{U-234} 400 (247-823) ^{Th-230} 200 (164-270) ^{Ra-226} 206 ^{Rn-222} 350 (310-536) ^{Pb-210}	(15-54) ^{Th-232} 15 (8-20) ^{Ra-228} 15 (8-24) ^{Th-228}	25(12-35) ^{U-235} 19 ^{Pa-231} 23 ^{Ac-227}	3.600 (2.063-5.900)
Kalium-Dünger (K) (Kornkali)	34 ^{U-238} <5 ^{Ra-226} <20 ^{Pb-210}	<9	8	9.630

2.2 Bewertung der radiologischen Relevanz von NORM-Hinterlassenschaften aufgrund der massenbezogenen Aktivität

Bei Betrachtung der in den Tab. 2, Tab. 3 und Tab. 4 aufgeführten massenbezogenen Aktivitäten zeigt sich, dass die radiologisch relevanten Materialien im Wesentlichen folgenden Industriezweigen zuzuordnen sind:

- Gewinnung von Kohle
- Gewinnung von mineralischen Rohstoffen in der Baustoffindustrie
- Gewinnung von Metallen aus ihren Erzen
- Förderung, Transport und Verarbeitung von Erdöl und Erdgas

Massenbezogene Aktivitäten, die das in der Strahlenschutzverordnung gegebene Kriterium von 200 Bq/kg überschreiten, liegen vor allem in Reststoffen aus dem Steinkohlebergbau (Abraum im Steinkohlebergbau: bis 500 Bq/kg⁴), in Reststoffen aus der metallgewinnenden Industrie (Sinteranlagenstäube aus Hüttenwerken: 40000 Bq/kg⁴) und bei Verarbeitung von Erdöl (Schlämme: 100000 – 200000 Bq/kg⁴) vor. Diese Industriezweige müssen nun im Weiteren besonders dahingehend beleuchtet werden, ob das integrale (d. h. über die gesamte Vergangenheit aufakkumulierte) Reststoffaufkommen auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland eine gesonderte Untersuchung ggf. vorhandener historischer Standorte erforderlich macht.

Keine radiologische Relevanz jedoch besitzen im Allgemeinen Reststoffe aus dem Bereich der Gewinnung und Verarbeitung von mineralischen Rohstoffen aus der Bauindustrie. Eine Ausnahme bildet hierbei Granit und seine Verarbeitung. Bei Trennen und Schleifen kann Granitstaub mit einer massenbezogenen Aktivität von 1000 Bq/kg⁴ auftreten.

Zudem wurden massen- bzw. stückzahlbezogene Aktivitäten einer Reihe industrieller Produkte ermittelt (vgl. Tab. 5 und

⁴ Werte bezogen auf die Uran-Radium-Reihe



Tab. 6). Besondere radiologische Relevanz hinsichtlich ihrer Aktivität zeigten dabei thorierte Glasglühkörper, thorierte Wolframelektroden sowie radiolumineszierende Apparaturen, etwa Zifferblätter oder Kompass.

3. Massenaufkommen von NORM-Rückständen

3.1 Historische Recherche zum Massenaufkommen von NORM-Rückständen

3.1.1 Gliederung der zu betrachtenden Rohstoffe

3.1.1.1. *Stein- und Braunkohle*

Die Kohleförderung ist ein relevanter Stofffluss aus dem bergbaulichen Bereich. Die Rückstände des Steinkohlebergbaus, wie

- Abraum
- Grubenwässer
- Sedimente

können erhöhte Aktivitäten aufweisen.

Die Höhe der jeweiligen massenspezifischen Aktivitäten von Uran und Thorium **im Abraum** sind abhängig von der geologischen Ausgangssituation der Gebirgsformation. In den geologisch jüngeren Gesteinsformationen des Karbons ergeben sich höhere massenbezogene Aktivitäten des Abraumgesteines, als in den geologisch älteren Karbonschichten.

Grubenwässer entstehen entweder aus zufließendem Regenwasser, aus dem Steinkohlegebirge selbst oder bilden sich als thermale Solen. Thermale Solen können geringe Mengen an natürlichen radioaktiven Stoffen enthalten, die aus dem Nebengestein gelöst werden. Anreicherung der natürlichen Aktivitäten aus bariumhaltigen Nebengesteinen ergeben sich, wenn sulfathaltige Grubenwässer über längere Zeit mit Ihnen in Kontakt verbleiben. Dabei kommt es zu Ausfällung von Bariumsulfat (BaSO_4), wegen seiner hohen Dichte auch als Schwerspat oder Baryt bezeichnet. In den meist weißen, rhombischen Kristallstrukturen des Baryt werden Radium und Thorium-

Moleküle fest eingebunden. Baryt-Ausfällungen kommen meist als Sediment in Wasserhaltungen unter Tage, oder als Inkrustierungen in Rohrleitungen zur Wasserhaltung vor.

Die Entsorgung der Rückstände aus dem Steinkohlebergbau erfolgt standortnah, durch **Aufhaltung des Nebengesteines**, oder durch **Verfüllung** ausgewählter Grubenbauten **unter Tage mit Sedimenten und Inkrustierungen**. Die Verfüllung ausgewählter Grubenbauten unter Tage mit Sedimenten und Inkrustierungen erfolgte nicht zwangsläufig an allen Standorten, sondern in einzelnen bekannten Fällen auch durch Aufhaltung /Becker et al., 1992/.

Bei der großtechnischen **Steinkohle-Verbrennung** in Kraftwerken werden die natürlichen radioaktiven Stoffe der Kohle angereichert und finden sich mit relevanten Aktivitätskonzentrationen in folgenden Reststoffen aus der Kohleverbrennung wieder:

- Flugasche (E-Filterstaub, Zyklonfilterstaub, Fortluft)
- Grobasche (=Nassasche)
- Schmelzkammergranulat

In den dreißiger und vierziger Jahren wurde die Flugasche im Wesentlichen in Zyklonen abgetrennt und im **Straßenbau** verwendet oder in im Rahmen des **Landschaftsbau**s in stillgelegte **Kiesgruben** verfüllt.

Ab der Einführung von Elektrofiltern (E-Filter) wird der dort als E-Filterstaub gesammelte Flugasche in immer stärkerem Maße in **der Zementindustrie** eingesetzt, da heutzutage durch die entsprechende Einstellung der Verbrennungsprozesse **Qualitätsaschen** erzeugt werden können, die den Anforderungen der Zementindustrie gerecht werden. In der Regel werden die entsprechenden Kriterien bei Aschen aus der **Trockenfeuerung** erfüllt. Aschen aus der **Schmelzkammerfeuerung** werden meist dem Verbrennungsprozess rückgeführt.

Die bei der Trockenfeuerung anfallende **Grobasche** geht in **Ziegeleien** und zum **Straßenbau**.

Der **Staubfeuerung (Wirbelschicht-, Trocken-, Schmelzkammerfeuerung)** steht die so genannte **Rostfeuerung** gegenüber. Hier fällt **Grobasche** an, die im Straßenbau eingesetzt wird. Der Majoritätsanteil des **E-Filterstaubes** geht in den **Landschaftsbau** und nur ein geringer Prozentsatz findet Anwendung als **Zementzuschlagstoff**.

Die Reststoffe der **Braunkohle-Verbrennung** werden **in die Tagebaue zurückgeführt (Bodenasche)** oder als **Stabilat beim Tagebau** zur Verhinderung des Wandeinsturzes (**Filterasche**)

Nach /Becker et al., 1992/ ergeben sich geringfügige Strahlenexpositionen bei der Weiterverarbeitung und Nutzung von Beton oder Zement mit **Flugasche** und REA-Gips als Zuschlagstoff. **Schmelzkammergranulat** wird als **Strahlmittel** eingesetzt. Strahlmittel und Strahlgut bilden den sog. **Strahlschutt**. Dieser wird heute entsprechend durch die durchführenden Strahlfirmen klassifiziert und auf Deponien abgelagert.

Weitere bei der Verbrennung der Kohle anfallenden Reststoffe (Bettasche, REA-Gips, Absetzbeckenschlamm, Filterpressenschlamm, Aschewasser, REA-Überlaufwasser) besitzen aus dem Blickwinkel des Strahlenschutzes keine Bedeutung.

3.1.1.2. *Metallerze*

Die Erze zur Metallgewinnung haben unterschiedliche Bedeutung in ihrem Beitrag zum Gesamtaufkommen an NORM-relevanten Reststoffen: Zum einen tragen Erze, die in sehr großer Menge gefördert werden, auch mit einem entsprechen größeren Beitrag Reststoffe zum Gesamtaufkommen an NORM-relevanten Reststoffen bei (z.B. Eisen), zum anderen gibt es eine Reihe von Erzen, die aufgrund ihres mineralischen Charakters (Vergesellschaftungen mit anderen Mineralen, chemische Eigenschaften) an sich einen höheren Anteil an natürlichen Radionukliden haben (z.B. Zirkon). Es ist daher nicht erforderlich, generell alle Metalle und ihre Produktion zu untersuchen; zweckmäßig ist die Untersuchung derer, die entweder in großer Menge gefördert werden, sowie derer, deren Erze als Träger eines erhöhten Anteils an natürlichen Radionukliden bekannt sind.

Zum Verständnis, welche Erze und Metalle im Folgenden untersucht werden, wird zunächst eine Einteilung der Metalle in verschiedene Gruppen vorgenommen.

3.1.1.2.1 *Eisen / Stahl*

Unter allen Metallen ist Eisen als Grundlage von Stahl von besonderer Bedeutung. Während alle anderen Metalle als Legierungsmetalle oder in der elektronischen oder chemischen Industrie als Zusatzstoffe in vergleichsweise kleinen Mengen benötigt werden, wird Stahl als Grundlage für die Herstellung vieler Produkte (z.B. Maschinen, Fahrzeuge, etc.) oder als Baustahl (Brückenbau,

Armierungsstahl in Beton, etc.) in großen Mengen benötigt. Aufgrund dieser besonderen Bedeutung ist Eisen hier in einer eigenen Kategorie.

3.1.1.2.2 Stahlveredler

Als Stahlveredler bezeichnet man all jene Metalle, die als Legierungselemente von Stahl eine Bedeutung besitzen. Ihre Zulegierung zu Stahl verbessert dessen Eigenschaften in Hinsicht auf spezielle Anforderungen. Sie können dem Stahl – je nach Art und Menge – Härte, Abriebfestigkeit oder Rostfreiheit verleihen. Zu den Stahlveredlern werden Chrom, Mangan, Molybdän, Wolfram, Vanadium und Niob gezählt.

Tab. 7: Welterzförderung in der Stahlproduktion

Metall	Bezugsjahr	Welterzförderung
Chrom	1980	$9,7 \cdot 10^6$ t
Mangan	1981	$26 \cdot 10^6$ t
Molybdän	1980	$0,1 \cdot 10^6$ t
Wolfram	1981	$0,024 \cdot 10^6$ t
Niob	1982	$0,033 \cdot 10^6$ t
Eisen	1980	$890 \cdot 10^6$ t

Der Bedarf an den Erzen der Stahlveredler liegt, wie Tab. 7 zeigt, in der Regel um zwei Größenordnungen hinter dem der Eisenerze, dennoch haben sie als unabhkömmliche Begleitmetalle zu Stahl große technische Bedeutung. Die bei ihrer Gewinnung entstehenden Reststoffe sind mithin auf ihrer NORM-Relevanz zu prüfen. Eine Ausnahme bzgl. der Prüfung auf NORM-Relevanz stellt Vanadium dar. Da es kaum Vanadiumerze gibt /Winnacker und Küchler, 1986/ und Vanadium lediglich als Nebenprodukt bei der Eisen- und Stahlgewinnung erzeugt wird, werden die in diesen Prozessen auftretenden Reststoffe bereits bei den Eisenerzen betrachtet. Eine gesonderte Betrachtung für die Vanadiumgewinnung ist nicht erforderlich.

3.1.1.2.3 Nichteisen-Leichtmetalle

Unter den Gebrauchsmetallen spielen als Nichteisenmetalle Aluminium und Magnesium die bedeutendste Rolle. Dies liegt einerseits an der Häufigkeit dieser Elemente in der Erdkruste – Aluminium ist mit einem Anteil von 8,23% noch vor Eisen das häufigste Metall in der Erdkruste, Magnesium liegt mit 2,33% an Platz 7 in der Reihe der häufigsten Elemente –, andererseits an den besonderen physikalischen Eigenschaften dieser Metalle:

Für Aluminium sind dies u. a. hohe Festigkeit bei geringem Gewicht, hohe Korrosionsbeständigkeit, hohe elektrische Leitfähigkeit, günstiges Gieß- und Umformverhalten und Schweißbarkeit. Aluminiumlegierungen können in ihren Eigenschaften bei vergleichsweise geringem Gewicht mit Stahl konkurrieren und werden daher bevorzugt im Fahrzeug- und Flugzeugbau, im Bauwesen und als Verpackungsmaterial eingesetzt.

Magnesium hat von allen Gebrauchsmetallen das geringste spezifische Gewicht. Aufgrund anderer wenig günstiger physikalischer wie chemischer Eigenschaften, wie z.B. einem niedrigen Schmelzpunkt (bei ca. 650°C) und einer Selbstentzündung bei ca. 850°C, konnte es nie die Bedeutung von Aluminium erlangen. Trotzdem ist es ein wichtiges Legierungsmetall für Legierungen mit anderen Nichteisenmetallen (Aluminium, Mangan, Zirkonium).

In Bezug auf NORM-relevante Reststoffmengen zeigte sich infolge der im Rahmen dieser Studie angefertigten Recherchen nur Aluminium von Bedeutung. Im Rahmen der Aluminiumproduktion fällt als Abfallprodukt sog. Rotschlamm an (vgl. Kap. 3.1.3.5.2), für den aus der Literatur zum Teil nennenswerte spezifische Aktivitäten bekannt sind. Für Magnesium liegt in der Literatur kein Hinweis auf Reststoffe vor, die erhöhte Aktivitäten aufweisen. Die Kenntnis der Erztypen, aus denen Magnesium gewonnen wird (Magnesit $[MgCO_3]$, Dolomit $[CaCO_3 \cdot MgCO_3]$ und Carnallit $[KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O]$), sowie deren Vergesellschaftungen ergibt ebenfalls keinen Hinweis, dass in den bei der Magnesiumgewinnung anfallenden Reststoffen mit erhöhten Aktivitäten zu rechnen ist. Für die NORM-Relevanz der Reststoffe wird daher im Weiteren lediglich Aluminium betrachtet.

3.1.1.2.4 Nichteisen-Schwermetalle

Metalle mit einer Dichte über $4,6 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ werden als Schwermetalle bezeichnet. In dem hier vorliegenden Zusammenhang sollen alle Nichteisen-Schwermetalle in einer Gruppe zusammengefasst werden, die eine besondere technische Bedeutung erlangt haben und daher in einem größeren Umfang gefördert und aufbereitet werden (vgl. Tab. 8). Zu der Gruppe der Nichteisen-Schwermetalle zählen u. a. Kupfer, Nickel, Kobalt, Zink, Blei und Zinn.

Tab. 8: Welterzeugung an Nichteisen-Schwermetallen

Metall	Bezugsjahr	Welterzeugung (Metallinhalt)	Geschätzter Erzbedarf
Kupfer	1981	$7,86 \cdot 10^6 \text{ t}$	$31,4 \cdot 10^6 \text{ t}$
Nickel	1980	$0,738 \cdot 10^6 \text{ t}$	$22,5 \cdot 10^6 \text{ t}$
Kobalt	1980	$0,03 \cdot 10^6 \text{ t}$	$0,1 \cdot 10^6 \text{ t}$
Zink	1980	$6,21 \cdot 10^6 \text{ t}$	$12,1 \cdot 10^6 \text{ t}$
Blei	1980	$3,6 \cdot 10^6 \text{ t}$	$5,5 \cdot 10^6 \text{ t}$
Zinn	1980	$0,23 \cdot 10^6 \text{ t}$	$0,4 \cdot 10^6 \text{ t}$

In Tab. 8 ist die Welterzeugung für die einzelnen Metalle aufgetragen. Aus den handelsüblichen Gehalten der Erzkonzentrate wurde der Welterzbedarf abgeschätzt. Die ermittelten Zahlen sind vergleichbar denen für Stahlveredler (vgl. Tab. 7). Die bei ihrer Gewinnung entstehenden Reststoffe müssen mithin auch als NORM-relevant angesehen werden.

Weitere Nichteisen-Schwermetalle sind in den Gruppen der Stahlveredler (vgl. Kap. 3.1.1.2.2) sowie der Sondermetalle (vgl. Kap. 3.1.1.2.5) zu finden.

3.1.1.2.5 Sondermetalle

Unter Sondermetalle sind all die Metalle einzuordnen, die aufgrund noch nicht optimierter Produktionsverfahren relativ eingeschränkte Anwendung als metallische Werkstoffe finden, deren erkannte günstige Materialeigenschaften sie aber bereits jetzt erkennbar zu wichtigen Werkstoffen

der Zukunft machen. Einige davon werden in absehbarer Zeit unter die Gebrauchsmetalle einzuordnen sein.

Der Grund für die eingeschränkte Anwendung liegt in der Regel in den ausnehmend hohen Schmelzpunkten dieser Metalle, die sie für den bekannten metallurgischen Aufbereitungsmethoden unzugänglich machen.

Metalle mit derart hohen Schmelzpunkten werden Refraktärmetalle genannt. Allerdings sind nicht alle Refraktärmetalle zu den Sondermetallen zu rechnen, sondern nur die, bei denen mit einem hohen Anwendungspotenzial in naher Zukunft zu rechnen ist. Zu dieser Gruppe gehören Titan, Zirkonium, Hafnium, Niob, Tantal, Molybdän, Wolfram und Beryllium.

Auch wenn derzeit eine breite technische Anwendung noch nicht gegeben ist, haben diese Metalle in den letzten 50 Jahren dennoch Bedeutung erlangt. Für einige von ihnen sind für die Erze oder Erzkonzentrate hohe spezifische Aktivitäten bekannt. Dies liegt zum einen an den Vergesellschaftungen der Minerale, zum anderen (z.B. im Fall von Zirkonium) an der Ähnlichkeit des Atomradius mit dem von Uran. Aus diesem Grund müssen auch die Reststoffe aus der Produktion der meisten Metalle dieser Gruppe als NORM-relevant betrachtet werden.

Eine Ausnahme bildet dabei Beryllium: es wird seit dem Zweiten Weltkrieg als Nebenprodukt bei der Uranproduktion gewonnen. NORM-Hinterlassenschaften infolge der Gewinnung von Beryllium sind daher mit der Uranproduktion korreliert.

3.1.1.2.6 Weitere Metalle

Die Gruppe der verbleibenden Metalle, die in noch keiner der oben genannten Gruppen einzuordnen sind, setzt sich zusammen aus der Gruppe von Metallen, für die es nur sehr geringe oder keine Erzvorkommen und zugleich nur eine „Nischenanwendung“ gibt, sodass sie lediglich als Nebenprodukte bei der Gewinnung von Aluminium, Kupfer, Blei oder Zink gewonnen werden, sowie der Gruppe der Edelmetalle.

Beide Gruppen werden in der vorliegenden Studie nicht als NORM-relevant eingestuft und daher nicht weiter untersucht. Die Ursache dafür lag für die Gruppe der Metalle mit nur sehr geringem Erzvorkommen darin, dass diese ganz oder überwiegend als Nebenprodukte bei der Gewinnung anderer Metalle gewonnen werden und ggf. NORM-relevante Reststoffe bei der Produktion

dieser Metalle bereits betrachtet werden. Zur Gruppe dieser Metalle gehört Cadmium, Quecksilber, Gallium, Indium, Thallium, Germanium, Arsen, Antimon, Wismut Selen und Tellur.

3.1.1.3. *Erdöl und Erdgas*

Natürliche Radionuklide treten bei der **Erdöl- und Erdgasförderung** in Lagerstättenwässern sowie bei der Spülung der Bohrungen mit Bentoniten auf. In beiden Fällen kommt es zur Bildung von Ablagerungen an den Fördereinrichtungen und den nachgeschalteten Verarbeitungseinrichtungen in Form von Schlämmen, weichen oder harten Schalen oder als dünne Filme, in denen sich die Radionuklide Pb-210/Po-210 anlagern /Barthel et. al., 2000/.

Bei der Erdgasförderung werden mit den Lagerstättenwässern auch nicht gelöste Salze und Feststoffe gefördert. Diese werden nach der Förderung vom Gasstrom in Abscheidern getrennt und bilden dort Inkrustierungen in Form von Schalen und Schlämmen.

3.1.1.4. *Mineralische Rohstoffe*

Weitere Rohstoffe, deren Förderung ggf. zu NORM-Hinterlassenschaften führen könnte, sind mineralische Rohstoffe in der Bauindustrie sowie in der chemischen und keramischen Industrie. Zu ihnen zählen insbesondere Granit, Basalt, Gneis, Glimmer, Quarz, Feldspat, Sand, Löss, Kies, Tuff, Bims, Bentonit, Lehm und Ton, aber auch Rohphosphate. Ihre Untersuchung im Rahmen der Literaturrecherche in Kap. 2.1.1.2 zeigte jedoch mit Ausnahme von Granit keine nennenswerten massenbezogenen Aktivitäten auf. Sie werden daher im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Den Rohphosphaten wird der Teil 3b der vorliegenden Studie gewidmet.

3.1.2 Stoffströme bei der Gewinnung von Kohle

In den vergangenen fünfzig Jahren ist die **Förderung von Steinkohle und Braunkohle** in Deutschland kontinuierlich rückläufig.

Bei der Förderung der **Braunkohle** hat sich in den letzten fünfzig Jahren das Verhältnis von Abraum zu gewonnener Kohle von 1,945 zu 5,052 verändert. Die **Abraumbewegungen** bei der Braunkohle liegen seit 1960 zwischen ca. 840 Mio. t/a und 1.860 Mio. t/a.

Der Abraum aus der Steinkohleförderung zeigt relativ hohe Aktivitätswerte (vgl. Kap. 2.1). Massenbezogene Aktivitätswerte zu **Abraumhalden aus der Braunkohlegewinnung** liegen nicht vor. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass diese unter den Werten des Abraumes von Steinkohle liegen, da Uran und Thorium inklusive ihrer Folgeprodukte in Tiefengesteinen in höherer Konzentration auftreten. An **Bergehalden** aus der Hartbraunkohleförderung (**Pechkohle**) jedoch wurden von uns massenbezogene Aktivitätswerte von 72 Bq/kg bis 332 Bq/kg gemessen (vgl. Kap. 2.1).

Die **Braunkohlegewinnung** ist von 1950 mit ca. 213 Mio. t auf ihren Höhepunkt der Förderung 1985 mit 432 Mio. t angestiegen und dann konstant auf ca. 170 Mio. t im Jahr 2001 gesunken.

Die Herstellung von **Braunkohlebriketts** blieb mit ca. 50-60 Mio. t per anno von 1950 bis 1990 konstant. Seit 1980 werden nur noch in 3 Revieren von 6 Braunkohlebriketts hergestellt. Die Herstellung von **Staub-, Wirbelschicht-, Trockenkohle** und **Braunkohlenkoks** ist seit den sechziger Jahren rückläufig. Durch den Zusammenschluss der BRD mit der DDR Anfang der neunziger Jahre ergab sich ein Anstieg bei der Herstellung von Trockenkohle der nun aber wieder unter den Wert von 1989 gesunken ist, bei der Herstellung von Braunkohlenkoks ergab sich durch die Zusammenführung ein starker Rückgang.

Die **Steinkohleförderung** hatte im Jahre 1960 ihre maximale Fördermenge in der BRD mit 142.288 Mio. t v. F. erreicht. Damals waren 146 Bergwerke in Betrieb. Die Förderung ging kontinuierlich bis im Jahre 2002 auf 26.088 Mio. t v. F. in nur noch 10 Bergwerken zurück. Die Reduzierung der Anzahl der Bergwerke ist nicht kongruent mit Stilllegungen, bzw. Schließungen, sondern ergeben sich auch durch Zusammenlegungen. Die nachfolgende Tab. 9 enthält Zahlenangaben zu Stilllegungen von Bergwerken.

Tab. 9: Stilllegung von Steinkohlebergwerken von 1957-2000

Lfd. Nr.	Bergwerke	Revier	Aktion	Zeitpunkt der Stilllegung	Verwertbare Förderung [t]	Belegschaft
					Jahr	Jahresende
					vor der Stilllegung	
1	Barsinghausen	N	oP	30.04.1957	277 273	3 933
2	Lieselotte	R	oP	30.09.1958	24 163	113
3	Minden	N	oP	31.10.1958	34 038	423
4	Barbara	S	oP	30.04.1959	440 740	2 117
5	Friedrich Thyssen 4/8	R	oP	30.06.1959	573 660	2 230
6	Jungmann	R	oP	24.11.1959	21 119	49
7	St. Ingbert	S	oP	31.12.1959	87 000	235
8	Christian Levin	R	oP	01.01.1960	355 000	1 213
9	Prinz Regent/ Dannenbaum	R	oP	29.02.1960	857 770	3 349
10	Wilhelmine Victoria	R	oP	28.06.1960	652 780	101
11	Neuruhrort	R	oP	02.07.1960	39 899	160
12	Obernkirchen	N	oP	30.12.1960	405 124	3 036
13	Friedlicher Nachbar	R	oP	01.04.1961	419 540	1 272
14	Alter Hellweg	R	oP	16.06.1961	354 494	1 544
15	Klosterbusch	R	oP	01.08.1961	301 761	982
16	Engelsburg	R	oP	01.10.1961	422 650	1 175
17	Wohlverwahrt	R	oP	23.03.1962	36 936	161
18	Bruchstraße	R	oP	30.03.1962	537 650	1 313
19	Oespel	R	V	30.09.1962	355 954	1 057
20	Carolus Magnus	A	V	01.10.1962	561 063	2 436
21	Maria Hauptschacht	A	V	01.10.1962	556 984	2 271
22	Heinitz	S	V	24.11.1962	864 956	2449
23	Neu-Plessbach	R	V	30.11.1962	77 935	16
24	Neumühl	R	V	08.12.1962	916 881	2 808
25	Mansfeld	R	V	31.01.1963	356 798	917
26	Scholven	R	V	23.02.1963	859 450	1 529
27	Beeckerwerth	R	V	01.03.1963	856 010	1 956
28	Centrum/Morgensonne	R	V	31.03.1963	672 423	2 113
29	Gottesseggen	R	V	18.04.1963	234 415	806
30	Victoria	S	V	01.06.1963	465 404	2 616
31	Friedrich Ernestine	R	V	13.12.1963	400 000	892
32	Dorsfeld	R	R	31.12.1963	518 327	2 006
33	Neu-Mecklingsbank	R	V	31.12.1963	49 626	127
34	Zollstraße	R	oP	31.12.1963	-	22
35	Victoria Lünen 1/2	R	R	29.02.1964	230 000	783
36	Carolinenglück	R	R	31.05.1964	488 240	1 497
37	Mieke	N	V	31.05.1964	37 711	116
38	Maybach	S	R	04.07.1964	1 489 484	3 383
39	Aurora	R	R	26.03.1965	93 163	269
40	König Ludwig	R	R	15.06.1965	1 001 976	3 553
41	Helene	R	R	31.07.1965	692 364	1 323
42	Velsen	S	R	15.08.1965	1 332 613	2934
43	Dahlhauser Tiefbau	R	R	01.09.1965	287 015	960
44	Victoria Mathias	R	R	30.11.1965	260 000	1 781
45	Dahlbusch	R	R	25.03.1966	945 044	1 980
46	Langenbrahm	R	R	28.03.1966	406 518	1 318
47	Kohlwald	S	R	31.03.1966	928 691	1 550
48	Rudolph	R	A	20.05.1966	32 314	87
49	Kaiserstuhl	R	R	30.06.1966	931 271	2 643
50	Königsborn 2/5	R	R	30.06.1966	600 000	1 835
51	Alte Haase 1/2	R	R	30.06.1966	232 700	792
52	Friedrich Joachim	R	R	16.07.1966	365 566	992
53	Rosenblumendelle/Wiesche	R	R	29.07.1966	668 500	1 822
54	Auguste Victoria 1/2 - 4/5	R	R	31.07.1966	878 558	3 910

55	Ulrich	R	R	15.09.1966	40 113	94
56	Amalie	R	R	30.09.1966	1 212 685	3 760
57	Graf Bismarck 1/2	R	A	30.09.1966	1 737 570	4 827
58	Graf Bismarck 7	R	A	30.09.1966	910 396	1 928
59	Graf Schwerin	R	A	31.01.1967	600 700	1 357
60	Bonifacius	R	A	28.02.1967	847 060	1 610
61	AVU (Neuwülfingsburg)	R	R	28.02.1967	46 066	133
62	Constantin	R	R	31.03.1967	1 666 098	3 638
63	Möller-Rheinbablen	R	A	31.03.1967	1 352 405	3 138
64	Lothringen	R	A	28.04.1967	893 720	2 758
65	Adolf v. Hansemann	R	A	30.06.1967	923 930	2 198
66	Consolidation 1/6	R	oP	30.09.1967	978 849	2 704
67	Shamrock	R	R	31.10.1967	1 539 399	2 821
68	Concordia 2/3	R	A	22.03.1968	547 500	1 139
69	Concordia 4/5	R	A	22.03.1968	855 888	1 813
70	Heinrich	R	A	31.03.1968	959 001	2 131
71	Diergardt	R	A	31.03.1968	286 500	618
72	Robert Müser	R	A	31.03.1968	1 023 137	1 932
73	König	S	A	31.03.1968	1 151 075	1 750
74	Jägersfreude	S	R	27.07.1968	1 011 141	2 673
75	Westende	R	A	31.07.1968	749 800	1 560
76	Minister Achenbach 3/4	R	R	17.08.1968	461 140	594
77	Gouley-Laurweg	A	A	31.03.1969	591 500	1 408
78	Alte Haase	R	oP	30.04.1969	330 662	711
79	Germania	R	A	15.05.1971	1 357 600	2 696
80	Graf Moltke	R	A	12.11.1971	1 084 230	1 807
81	Emscher-Lippe	R	A	25.02.1972	1 117 069	2 243
82	Katharina	R	A	31.03.1972	709 952	1 711
83	Herbede	R	A	31.03.1972	358 917	905
84	Brassert	R	A	15.08.1972	572 216	1 118
85	Mathias Stinnes	R	A	15.12.1972	1 401 637	2 601
86	Alstaden	R	A	15.12.1972	373 026	690
87	Bergwerke Bochum	R	A	31.03.1973	2 159 020	2 920
88	Pörtingsiepen/Carl Funke	R	A	30.04.1973	904 394	2 171
89	Mevissen	R	A	30.06.1973	723 009	1 900
90	Victor-Ickern	R	A	30.09.1973	1 759 485	4 087
91	Emil-Fritz	R	A	15.12.1973	2 354 383	3 541
92	Holland	R	A	15.01.1974	1 510 830	2 457
93	Jacobi/Haniel	R	A	31.03.1974	1 925 826	3 055
94	Recklinghausen	R	A	30.09.1974	1 416 167	2 834
95	Werne	R	A	31.12.1974	1 113 302	1 945
96	Carl Alexander	A	A	30.09.1975	815 715	1 715
97	Pluto	R	A	31.03.1976	1 076 144	1 640
98	Sachsen	R	A	30.06.1976	794 685	2 154
99	Friedrich Thyssen 2/5	R	A	15.12.1976	1 539 485	2 610
100	Friedrich der Große	R	A	31.03.1978	2 120 741	3 015
101	Ewald Fortsetzung	R	A	30.06.1978	1 073 539	2 046
102	Waltrop	R	A	30.06.1979	771 884	1 501
103	Westfeld	I	A	30.06.1979	765 738	847
104	Hydro Hansa	R	A	30.11.1980	402 289	1 773
105	Königsborn	R	A	15.05.1981	983 540	1 828
106	Erin	R	A	23.12.1983	1 422 758	2 890
107	Minister Stein	R	A	31.03.1987	2 131 985	2 510
108	Radbod	R	oP	31.01.1990	1 309 793	1 717
109	Minister Achenbach	R	oP	30.06.1992	1 891 347	2 544
110	Emil Mayrisch	A	oP	18.12.1992	1 636 484	2 479
111	Sophia-Jacoba	A	oP	27.03.1997	1 001 052	1 674
112	Ewald/Hugo	R	oP	30.04.2000	3 782 770	3 895
113	Westfalen	R	oP	30.06.2000	2 447 463	2 320
114	Göttelborn/Reden	S	oP	31.08.2000	1 276 999	1 326

Bergehalden sind unmittelbar mit dem Betrieb untertägiger Bergwerke verbunden. Rund drei Viertel der unter Tage anfallenden Berge müssen auf Halden verbracht werden. Der Bergeanfall im Steinkohlenbergbau des Landes Nordrhein-Westfalen z. B. betrug im Jahr 2002 24,47 Mio. t, davon mussten 19,01 Mio. t aufgehaldet werden. Die 8 Steinkohlebergwerke in NRW betreiben derzeit insgesamt 14 Bergehalden.

Die Bergehalden entwickelten sich von den früher üblichen, steilen Spitzkegelhalden der 1. Generation über die in strengen Konturen geformten, durch Bermen gegliederten und begrüntem Tafelberge hin zur heutigen 3. Haldengeneration. Diese in der Regel großflächigen Landschaftsbauwerke werden in möglichst natürlichen Formen in die Landschaft integriert und naturnah begrünt.

Die Standorte für Bergehalden werden auf regionaler Ebene in Gebietsentwicklungsplänen (GEP) gesichert. Neue Haldenstandorte oder Haldenerweiterungen müssen über ein GEP-Änderungsverfahren beim Regionalrat der zuständigen Bezirksregierung eingebracht werden.

Für die Errichtung und Erweiterung einer Bergehalde, die im Regelfall einen erheblichen Eingriff in Natur und Landschaft darstellen, ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durch die jeweils zuständige Behörde (Beispiel NRW: Abteilung 8 der Bezirksregierung Arnsberg) erforderlich. Die UVP umfasst die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen eines Vorhabens auf Menschen, Tiere und Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft einschließlich der jeweiligen Wechselwirkungen sowie auf Kultur- und sonstige Sachgüter. Sie soll sicherstellen, dass die Auswirkungen auf die Umwelt erkannt, bewertet und schon im Planungsstadium berücksichtigt werden können.

Der Schüttnbetrieb selbst einschließlich der Gestaltung und Begrünung der Halden wird heutzutage im Betriebsplanverfahren durch das zuständige Bergamt zugelassen. Die in ihrem Aufgabenbereich berührten anderen Behörden und die Gemeinden als Planungsträger werden an dem Verfahren beteiligt. Für die Ausgestaltung des Betriebsplanes sind die "Richtlinien für die Zulassung von Bergehalden im Bereich der Bergaufsicht" und die "Grundsätze für die Anlegung und Wiedernutzbarmachung von Bergehalden des Steinkohlenbergbaus" zu beachten. Diese Regelwerke wurden im Rahmen der Entwicklung der Halden zu Landschaftsbauwerken insbesondere den Zielen der Raumordnung und Landesplanung sowie ökologischen Gesichtspunkten angepasst. Die Einhaltung dieser Regeln gewährleistet die Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Bergehalden

und bildet die Voraussetzung für die nach dem Betrieb folgende Nutzung. Eine Vielzahl von Hal- den, deren Betriebsphase beendet ist, hat sich zu Schwerpunkten der Naherholung entwickelt und bietet den Menschen des Reviers Gelegenheit für vielfältige Aktivitäten.

Eine Übersicht über die **Steinkohleförderung** und deren Absatz in dem Zeitraum von 1945 bis 2002 (Tab. 10) verdeutlicht den starken Rückgang der Förderung in der BRD und den Anstieg des Importes von Steinkohle einschließlich Steinkohlebriketts und Steinkohlenkoks.

Ein deutlicher Rückgang der Verwendung von Steinkohle in der **Stahlindustrie** hebt die **Kraftwerke** als Hauptverbraucher von Steinkohle hervor. Während 1980 noch 38 % der geförder- ten Steinkohle in der Stahlindustrie und 45 % der Steinkohle in Kraftwerken verbraucht wurde, so waren es 2002 in der Stahlindustrie lediglich 8,7 % und in den Kraftwerken 89 %. Die Stahlindust- rie hatte im Jahre 1974 mit der Erzeugung von 53,2 Mio. t ihren Höhepunkt erreicht.

Die Verhältnisse von Import zu Export von Steinkohle einschl. Briketts und Steinkohlekoks ha- ben sich nahezu umgekehrt; waren es 1960 noch ca. 28.834 Mio. t, die dem Export zugeführt wurden, während lediglich 7.338 Mio. t eingeführt wurden, so waren es 2002 108 Mio. t, die exportiert wurden und 34.550 Mio. t aus dem Import.

Tab. 10: Förderung und Absatz von Steinkohle in dem Zeitraum von 1945 bis 2002
 ab 1990 alte und neue Bundesländer (Angaben in 1000 t; “-“ keine Daten vorhanden)

Zahl	Gewinnung / Förderung			Verbrauch			Export /Import Bilanz	
	Steinkohle (verwert- bare Förderung)	Zechen- und Hüt- tenkoks	Herstellung von Steinkohle- briketts	Kraftwerke	Stahl- industrie	Sonstiges produzie- rendes Gewerbe	Aus- fuhr	Ein- fuhr
1945	38.946	6.081	1.323	-	-	-	-	-
1950	125.740	28.040	3.722	-	-	-	-	-
1960	142.288	44.754	5.219	-	-	-	28.834	7.338
1970	111.270	39.915	3.725	-	-	-	26.120	9.732
1980	86.574	28.669	1.455	39.386	33	2.747	19.884	10.199
1990	69.763	17.580	756	44.277	1.615	1.441	7.689	11.707
2000	33.310	9.115	146	30.502	2.530	73	404	29.338
2002	26.088	7.226	124	23.272	2.295	10	108	34.550

Die sich ergebenden Reststoffströme aus der Weiterverarbeitung der Kohle in der Kohle- verbrennung in Kraftwerken und in der Stahlindustrie sind weiter zu verfolgen. Im Jahre 1980 fielen durch die **Verbrennung von Steinkohle zur Stromerzeugung** ca. 2,6 Mio. Mg Flugasche,

ca. 3,1 Mio. Mg Granulat und Grobasche und eine vergleichbare Menge an Gips aus der Rauchgasentschwefelung an.

1970 waren es ca. 25 % mehr an Asche und Granulat. Eine Abschätzung zu der Menge an REA-Gips aus der Rauchgasentschwefelung konnte aufgrund nicht vorliegender Datenbasis zu Einsatz und technologischem Stand in 1970 der Rauchgasentschwefelungen nicht getroffen werden.

Eine Weiterverwendung der Flugasche als Zuschlagstoff in Baumaterialien erfolgte nur, wenn die Bedingungen aus der Baustoffindustrie eingehalten wurden. Konnte dies nicht, so wurde Flugasche deponiert / TÜV Bayern Sachsen, 1994/.

Da Granulate und Schlacke Einweg-Strahlmittel sind, werden sie meist in mobilen Strahleinrichtungen, oder durch Dienstleistungsfirmen verwendet. Die Dienstleistungsfirmen bieten zugleich die Durchführung der Entsorgung des Strahlschuttes an. Der Strahlschutt wird entsprechend seiner Schadstoffklasse deponiert.

Da der Strahlschutt aus den mobilen Strahleinrichtungen auf den dem jeweiligen Strahlort nächstgelegenen Deponien entsorgt wird, ergibt die Weiterverwendung von Granulaten als Strahlmittel eine überlagerte Verteilung des Granulates über die Fläche der BRD.

Stationäre Strahleinrichtungen werden in der Regel den anfallenden Strahlschutt auf ein und dieselbe Deponie entsorgen.

Tab. 11: Recycling von Rückständen aus der Kohleverbrennung in der BRD 1987-1995 /DIV, 2003/

Material	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Schmelzkammergranulat aus Steinkohlen- und Braunkohlenfeuerungen	100	98	98		100		100		100
Grobasche aus Steinkohlenfeuerungen	50		74		96		99		99
Flugasche aus Steinkohlenfeuerungen	79	84	86	87	91		97		98
Gips aus Rauchgasentschwefelung	100		100	100	98		97		98

Standortnahe, historische Deponierungen von Flugasche und Granulaten aus der Steinkohleverbrennung sind nicht grundsätzlich auszuschließen.

3.1.3 Stoffströme bei der Gewinnung der einzelnen Metalle

Für die quantitative Erfassung der NORM-relevanten Reststoffe wurden sowohl die für jedes Metall spezifischen Reststoffmengen ermittelt als auch der absolute Erzbedarf in der Bundesrepublik Deutschland.

Für die Ermittlung der spezifischen Reststoffmengen müssen die chemischen und/oder metallurgischen Prozesse bei der Gewinnung eines Metalls aus seinen Erzarten betrachtet werden. Aufgrund der Tatsache, dass in aller Regel für ein Metall je nach Erzart und Hersteller verschiedene Produktionsprozesse möglich sind, wurden für die vorliegende Studie vereinfachende Annahmen getroffen, die im Folgenden erläutert werden.

Der Gewinnungsprozess für die meisten der Gebrauchsmetalle ist metallurgisch. Dies bedeutet, dass eine Erzart (nach geeigneter Vorbehandlung) zunächst „geröstet“ wird, wodurch ein Metalloxid oder -sulfid erzeugt wird, das in einem weiteren Prozess bei hohen Temperaturen „reduziert“ wird, wodurch die metallischen Komponenten ausgetrieben werden. Bei diesem Verfahren entsteht in nennenswertem Umfang Schlacke, die den Großteil des anfallenden Reststoffes bindet. Bei exakter Betrachtung für jedes einzelne Metall zeigt sich, dass – je nach Metall und Prozess – weitere Reststoffe, wie z.B. Flugstäube, Aschen oder Krätze, entstehen. Da das Ziel der vorliegenden Studie ein Überblick über relevante Prozesse und Massen bei der Gewinnung beliebiger Metalle ist, können hier nicht alle möglichen Prozesse in den verschiedenen Erzeugungsbetrieben bei möglicherweise über die Jahre wechselnder technischer Ausstattung erfasst werden. Stellvertretend wird in der vorliegenden Studie ein vereinfachter Prozess allerdings unter Berücksichtigung realistischer Mengen an Zuschlagsstoffen und handelsüblichen Erzkonzentraten für jedes Metall im Einzelnen angenommen. In dieser Annahme werden sämtliche Reststoffe unabhängig von ihrer physikalischen Erscheinung (ob als Schlacken, Aschen,...) gemeinsam betrachtet. Es ergibt sich der in Abb. 2 dargestellte vereinfachte Prozess.

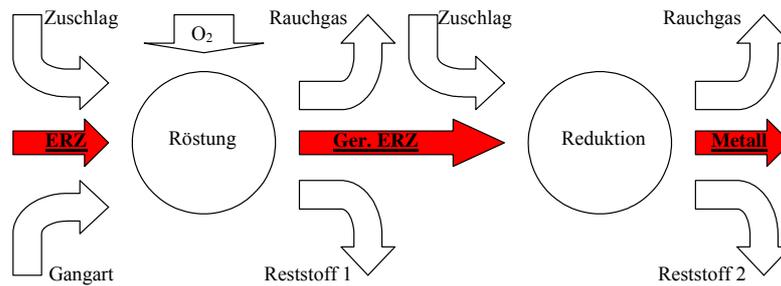


Abb. 2: Vereinfachter Gewinnungsprozess von Metallen aus ihren Erzen

Aus diesem Prozess lässt sich bei Kenntnis des Metallgehaltes in den Erzkonzentraten sowie der Menge an Zuschlagsstoffen die spezifische Reststoffmenge errechnen. Sie ist in den folgenden Kapiteln entsprechend angegeben. In Fällen, in denen aufgrund generell anderer Produktionsmethoden der vereinfachte Gewinnungsprozess nicht angewandt werden kann (z.B. bei Aluminium) ist in den entsprechenden Kapiteln explizit darauf verwiesen und die Art der Berechnung der spezifischen Reststoffmenge erläutert.

Dies gilt insbesondere für die Refraktärmetalle: Bei diesen ist, wie in Kap. 3.1.1.2.5 erläutert, aufgrund der hohen Schmelztemperaturen keine metallurgische Gewinnung möglich. Bei den angewandten Gewinnungsprozessen handelt es sich um chemische Verfahren. Die Art der Berechnung der spezifischen Reststoffmenge ist in den entsprechenden Kapiteln erläutert.

Der absolute Erzbedarf eines Landes lässt sich unter der Annahme, dass keine Hortung der Erze stattfindet, aus der Förderung im Land, dem Import und dem Export gemäß Gleichung [1] ermitteln.

$$m_{\text{Bedarf}} = m_{\text{Förderung}} + m_{\text{Import}} - m_{\text{Export}} \quad [1]$$

Dazu wurden für die BRD für die untersuchten Erze die entsprechenden Zahlen, soweit verfügbar, mithilfe der entsprechenden Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes nach Kalenderjahren von 1950 bis 2000 sortiert recherchiert.

Um den Bedarf für die heutige Bundesrepublik zu ermitteln, wurde für die Jahre 1950 bis 1990 der Bedarf, wie er sich aus den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes für die Bundes-

republik vor der Wiedervereinigung ergibt, mit dem Verhältnis a (vgl. Gleichung [2]) der Gesamtbevölkerung zu der der Bundesrepublik vor der Wiedervereinigung ergibt, gewichtet.

$$a = \frac{\text{Bevölkerung (BRD)} + \text{Bevölkerung (DDR)}}{\text{Bevölkerung (BRD)}}; \quad [2]$$

Tab. 12: Bevölkerung in der BRD (West) und in der DDR 1950 – 1990 (/SJBRD/, /SJDDR/)

Kalenderjahr	Bevölkerung / BRD (West)	Bevölkerung / DDR	Faktor a
1950	50.002.700	18.388.200	1,37
1955	52.521.400	17.832.200	1,34
1960	55.958.300	17.188.500	1,31
1965	59.296.600	17.039.700	1,29
1970	61.001.200	17.068.300	1,28
1975	61.644.600	16.820.200	1,27
1980	61.657.900	16.739.500	1,27
1985	61.020.500	16.640.100	1,27
1990	63.725.700	16.027.600	1,25

Über den gesamten Zeitraum von 1950 – 1990 hinwegbetrachtet, liegt der Wichtungsfaktor a in etwa bei 1,3. Dieser Faktor dient zur Abschätzung des gesamten Erzbedarfs in der BRD (West) und der DDR. Dieser Faktor ist lediglich ein Schätzwert. Er beruht auf der Annahme, dass der Erzbedarf in beiden Staaten gleich war. Da beide Staaten zu den Industrienationen gerechnet werden dürfen, erscheint diese Annahme sinnvoll.

Großtechnisch gefördert und aufgearbeitet werden Metalle frühestens seit der Mitte des 19. Jahrhunderts. In manchen Fällen gewann ihre Förderung auch erst viel später Bedeutung. Da hiermit der Zeithorizont durch die Ermittlung des Bedarfs an Erzen im Zeitraum seit Gründung der Bundesrepublik Deutschland 1949 deutlich überschritten ist, muss im Weiteren der Bedarf an Erzen in der Zeit vor Gründung der Bundesrepublik abgeschätzt werden. Hierzu werden die Produktionszahlen an Rohmetall herangezogen. Es liegen Produktionsstatistiken z. T. bis 1870 vor.

Aus dem Verhältnis der Menge an gewonnenem Rohmetall im Zeitraum 1850 – 2000 zu der Menge Rohmetall gewonnen im Zeitraum 1950 – 2000 lässt sich mit der Kenntnis des Erzbedarfs im Zeitraum 1950 – 2000 der absolute Bedarf nach Gleichung [3] abschätzen.

$$Erzbedarf_{abs} = Erzbedarf_{(1950 - 2000)} \cdot \frac{Produktion, Rohmetall_{(1850 - 2000)}}{Produktion, Rohmetall_{(1950 - 2000)}}; \quad [3]$$

Zusätzlich zu den Produktionsstatistiken bzgl. der Rohmetalle liegen auch Statistiken bzgl. der Förderung an Erzen sowie Import- und Exportstatistiken vor. Somit scheint auf den ersten Blick eine exakte Bestimmung des Erzbedarfs über den gesamten Zeitraum großtechnischer Gewinnung von Metallen möglich. Da sich die diversen Statistiken auf die jeweiligen deutschen Staatsgebilde in ihren jeweiligen Grenzen beziehen und diese über den betrachteten Zeitraum nennenswert variieren, ist für eine exakte Ermittlung des Erzbedarfs ein erheblicher Aufwand an historischer Zusatzrecherche nötig und eine exakte Bestimmung bezüglich der heutigen Staatsfläche vielfach gar nicht möglich.

3.1.3.1. Eisen

3.1.3.1.1 Verwendung

Die Gewinnung von Eisen, zunächst für die Herstellung einfacher Werkzeuge, begann vor etwa 4000 Jahren. Eisen ist somit nach Bronze das älteste Gebrauchsmetall. Es hatte seit der frühen Entwicklung der Eisenverhüttung stets für die Herstellung von Werkzeug, Waffen und Gebrauchsgegenständen Bedeutung. Seine großtechnische Anwendung aber sollte es im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts erfahren: Als Grundlage für die Herstellung großer Maschinen, wie z.B. Dampfmaschinen und Eisenbahnen, und als neues Baumaterial für beispielsweise Brücken und große Hallenkonstruktionen wurde es in der Zeit der Industriellen Revolution in großer Menge benötigt. Dies führte zur Erschließung neuer Eisenminen und zur Steigerung der Förderkapazitäten. Die Entwicklung der modernen Eisenhüttentechnik setzt ebenfalls um 1850 mit der Einführung des „Windfrischverfahrens“ nach Henry Bessemer ein /Ullmann, Bd. 22, 1982/.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts war Stahl für die technische Entwicklung von großer Bedeutung, insbesondere im Bereich der Rüstungsindustrie. Seit Ende des Zweiten Weltkriegs spielt Stahl vor allem in der Fahrzeugtechnik, im Bauwesen als Konstruktionsmaterial oder Armierungsstahl, in der Energie und Kraftwerkstechnik sowie als Werkzeugstahl eine Rolle.

3.1.3.1.2 Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen

Bei den geförderterten Eisenerzen handelt es sich überwiegend um oxidische Erze. Beispiele dafür sind Hämatit (Fe_2O_3) und Magnetit (Fe_3O_4). Sulfidische Erze, z.B. Goethit (FeOOH), und karbonatische Erze, z.B. Siderit (FeCO_3), werden durch Röstung in Oxide überführt /Winnacker und Küchler, 1986/.

Legt man den in Abb. 2 dargestellten vereinfachten Prozess zugrunde, reagieren beim Reduktionsvorgang die oxidischen Erze, die durch den Röstvorgang noch angereichert wurden, zusammen mit Kohlenmonoxid, das beim Brennvorgang entsteht, oder Wasserstoff, der aus eingebrachten Wasserstoffträgern entsteht, zu Eisen und Kohlendioxid bzw. Eisen und Wasser.

Der Eisengehalt der Erze kann erheblich schwanken: Heute werden Erze mit 20 – 67% Eisengehalt abgebaut; die in der Bundesrepublik verwendeten Erze besitzen im Durchschnitt einen Eisengehalt von 64%. Da in die primäre Reaktion von Seiten des Erzes lediglich Sauerstoff eingebracht wird, der in Folge der Reaktion über das Rauchgas verschwindet, ist der Reststoffgehalt durch den ursprünglichen Eisengehalt abzüglich der Sauerstoffanteils gegeben. Es ergibt sich ca.

50 – 710 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

3.1.3.1.3 Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.1 tabellarisch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 3 dargestellten Verlauf.

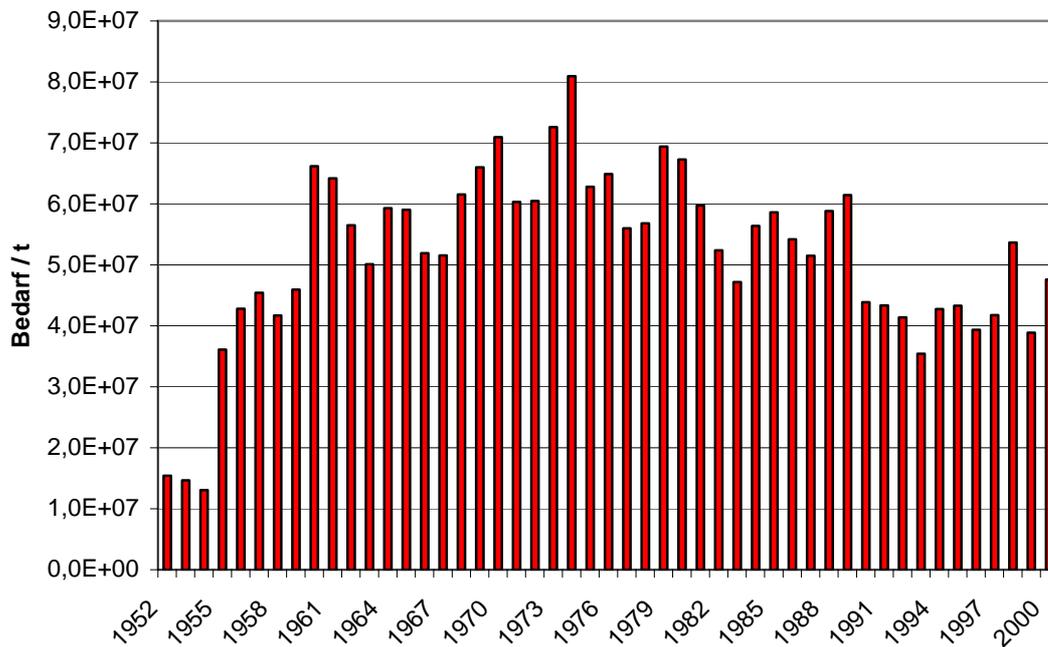


Abb. 3: Eisenerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Eisenerzen von 1952 – 2000 auf

$$2,6 \cdot 10^9 \text{t.}$$

3.1.3.1.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Um ein Maß für die Menge der vor 1950 auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland aufgearbeiteten Eisenerzmassen zu erhalten, wurde die Rohstahlproduktion in Deutschland seit 1870 nach /Sauer, 2004/ herangezogen. Der Verlauf der Rohstahlproduktion ist in Abb. 4 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Menge des in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts produzierten Rohstahls die früher produzierten Mengen deutlich übertrifft.

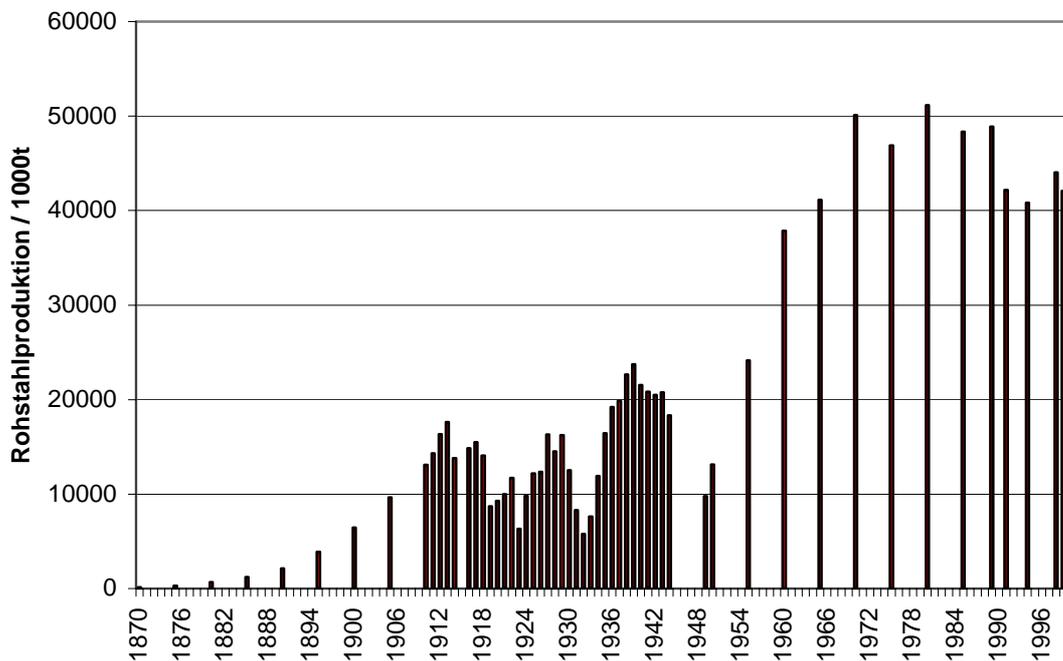


Abb. 4: Rohstahlproduktion in Deutschland nach /Sauer, 2004/

Bei linearer Interpolation der Produktionsmengen für die Jahre ohne Angabe ergibt sich für den in den Jahren 1870 - 2000 produzierten Rohstahl eine Masse von $2,78 \cdot 10^9$ t und für den in den Jahren 1950 - 2000 produzierten Rohstahl eine Masse von $2,11 \cdot 10^9$ t, woraus sich für die Ermittlung des gesamten Erzbedarfs aus dem Bedarf der Jahre 1950 – 2000 ein Faktor von 1,3 ergibt. Aus dem in Kap. 3.1.3.1.3 ermittelten Erzbedarf für die Jahre 1950 – 2000 von $2,6 \cdot 10^9$ t ergibt sich somit ein geschätzter absoluter Erzbedarf von ca.

$$3,4 \cdot 10^9 \text{t.}$$

3.1.3.1.5 Schlussfolgerungen

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Stahl und Eisen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 50 – 710 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.1.2) und des abso-

luten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $3,4 \cdot 10^9 \text{t}$ (Kap. 3.1.3.1.4) eine absolute Menge von

$$\underline{(0,17 - 2,4) \cdot 10^9 \text{t.}}$$

3.1.3.2. Chrom

3.1.3.2.1 Verwendung

Chrom wird in erster Linie aufgrund seiner günstigen Eigenschaften als Legierungsmetall für Stahl in Form von Ferrochrom produziert. Es verleiht dem Stahl hohe Korrosionsbeständigkeit und ist daher als Legierungselement für rost-, säure- und hitzebeständige Stähle unübertroffen /Winnacker und Kuchler, 1986/. In geringem Umfang wird zudem Chrommetall erzeugt, das in der Feuerfest- sowie in der chemischen Industrie Anwendung findet. Der Verbrauch an Chromerzen lag im Jahr 1980 für metallurgische Zwecke bei 74%, für den Einsatz in der Feuerfestindustrie bei 15% und für die Verwendung in der chemischen Industrie bei 11% /Winnacker und Kuchler, 1986/.

Chrom wurde 1797 von Vauquelin entdeckt. Die großtechnische Verwendung von Chrom findet aber erst seit Ende des 19. Jahrhunderts statt.

3.1.3.2.2 Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen

Ausgangsmaterial für Ferrochrom ist ausschließlich Chromeisenstein (=Chromit, $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$). Handelsübliche Chromerze verfügen über einen Mindestgehalt an Cr_2O_3 von 40%, womit Erzkonzentrate von 55% Cr_2O_3 -Gehalt, d.h. 38% Chromgehalt, erreicht werden /Ullmann, Bd. 9, 1982/).

Die Gewinnung von Ferrochrom folgt dem 1937 entwickelten Perrin-Verfahren /Winnacker und Kuchler, 1986/. Dazu ist zunächst die Produktion von Silicochrom notwendig. Silicochrom ist das Produkt der Kohlenstoffreduktion aus Chromerz und Quarzit. Silicochrom enthält 30 – 50% Silizium, die entstehende Schlacke muss etwa 48 – 50% SiO_2 enthalten, um ihre Fließfähigkeit gewährleisten zu können /Ullmann, Bd. 9, 1982/. Aufgrund des Cr_2O_3 -Gehaltes von 55% im Erzkonzentrat (d.h. ca. 81% $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) und der Maßgabe von ca. 50% SiO_2 in der Schlacke, ist mit

je t zur Produktion von Silicochrom aufbereiteten Chromerzes mit einer Reststoffmenge von bis zu 400kg zu rechnen.

Im Weiteren wird eine Schmelze aus Chromerz und Kalk, CaO, erzeugt, der dosiert Silicochrom zugegeben wird. In dem vorliegenden Gemisch reagiert Chromit mit Silizium und Kalk zu Chrom, Eisen und $(\text{CaO})_2 \cdot \text{SiO}_2$ gemäß



Aus stöchiometrischen Erwägungen ist somit mit einer Gesamtreststoffmenge im Bereich von 110 – 260% bzgl. des eingesetzten Erzkonzentrats zu rechnen. Dies bedeutet ca.

1100 – 2600 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

3.1.3.2.3 Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.2 tabellarisch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 5 dargestellten Verlauf.

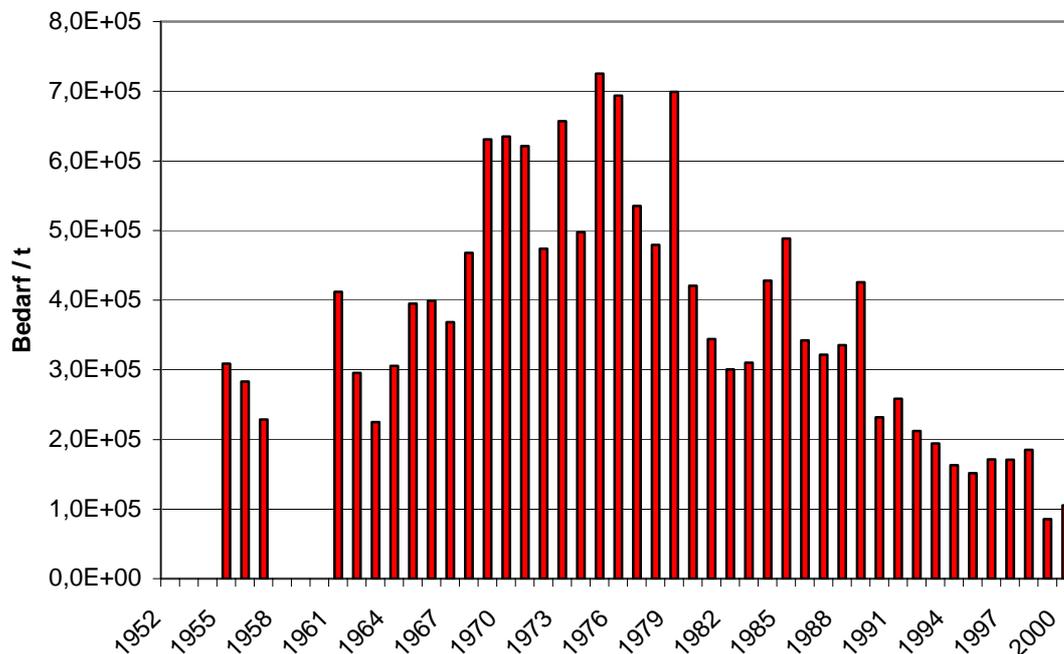


Abb. 5: Chromerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Chromerzen von 1952 – 2000 auf

$16,0 \cdot 10^6 \text{t.}$

3.1.3.2.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

In den Wirtschaftsstatistiken weder des Deutschen Reiches, noch der Weimarer Republik oder des Dritten Reiches wurden detaillierte Zahlen über Produktion, Import oder Export von Chrom ausgewiesen. Da Chrom vor allem als Legierungsmetall für Stahl eine wichtige Rolle spielt – in der Vergangenheit noch mehr als heute /Ullmann, Bd. 9, 1982/ –, wird im Rahmen der hier angegebenen Näherung der Faktor von 1,3 verwendet. Dieser wurde für die Ermittlung des Bedarfs an Eisenerzen für die Zeit von 1870 bis heute und dem Bedarf an Eisenerzen für die Zeit von 1950 bis heute angenommen (vgl. Kap. 3.1.3.1.4). Es ergibt sich somit aus dem gesamten Bedarf an

Chromerzen in der Bundesrepublik von 1952 – 2000 von $16,0 \cdot 10^6$ t (vgl Kap. 3.1.3.2.3) ein geschätzter absoluter Erzbedarf von ca.

$$21 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.2.5 Schlussfolgerungen

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Chrom und Chromlegierungen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 1100 – 2600 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.2.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $21 \cdot 10^6$ t (Kap. 3.1.3.2.4) eine absolute Menge von

$$\underline{(23 - 55) \cdot 10^6 \text{t.}}$$

3.1.3.3. Mangan

3.1.3.3.1 Verwendung

Die weltweit geförderten Manganerze werden zu 90 – 95% in der Eisen- und Stahlindustrie in Form von Ferromangan verbraucht. Stähle, die einen Mangangehalt von bis zu 2% besitzen, zeichnen sich durch erhöhte Zugfähigkeit und Streckgrenze aus; ihre Warmverformbarkeit ist verbessert /Winnacker und Küchler, 1986/. Stähle mit höheren Mangangehalten (bis zu 18%) zeigen sich als nichtrostend.

Manganmetall wird als Legierungsmetall zu Kupfer oder Aluminium verwendet.

Mangan wurde 1774 erstmals von Gahn und Bergmann dargestellt; industrielle Anwendung fand es aber erst seit 1895 /Winnacker und Küchler, 1986/.

3.1.3.3.2 Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen

Aufgrund des hohen Verbrauchsanteils an Ferromangan (90 – 95% der verarbeiteten Manganerze) und des vergleichsweise geringen Bedarfs an Manganmetall (5 – 10% der verarbeiteten Manganerze) wird im Folgenden nur der Prozess der Ferromangangewinnung betrachtet. Als Roherze werden dafür oxidische oder hydroxidische Erze mit einem Mangangehalt von mindestens 40% verwendet /Winnacker und Küchler, 1986/. Als solche haben Hausmannit (Mn_3O_4) und Pyrolusit (MnO_2) besondere Bedeutung. Darüber hinaus werden Eisenerze, die in der Regel ebenfalls manganhaltig sind, als Ausgangsmaterial für Ferromangan verwendet.

Ferromangan wird im Hochofen aus Eisen- und Manganerzen gewonnen. Es entsteht dabei eine Schlacke, die noch 7 – 8% des Mangangehalts des Manganvorlaufs besitzt und die dem Prozess wieder zugeführt wird. Ähnlich der Gewinnung von Ferrochrom (vgl. Kap. 3.1.3.1.2) werden dem Prozess als Zuschlagsstoffe Quarzit, Koks und Kalk zugeführt. Diese führen zu den entsprechenden Reaktionen wie im Fall von Chrom. Je nach Kohlenstoffgehalt des gewonnenen Ferromangans unterscheidet man Ferromangan carburé (6 – 8% C), Ferromangan affiné (0,5 – 2% C) und Ferromangan suraffiné (<0,5% C). Die Menge der entstehenden Schlacke hängt von dem angestrebten Kohlenstoffanteil sowie von dem Verhältnis Mangan/Eisen ab. Laut /Winnacker und Küchler, 1986/. werden für die Gewinnung von 1t FeMn 80⁵ mit 1% C 1400 – 1600kg Mn-Erze, 900kg MnSi und 750kg Kalk benötigt. Aus stöchiometrischen Erwägungen ergibt sich somit ein Reststoffanteil von 100 – 120%. Dies bedeutet ca.

1000 – 1200 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

Die Verbrauchszahlen für die Gewinnung von 1t FeMn 85 mit 0,1%C lassen auf etwa dieselben spezifischen Reststoffmengen schließen, sodass die angegebenen Zahlen im Rahmen der vorliegenden Abschätzung für die Gewinnung von Ferromangan im Folgenden generell angenommen werden.

⁵ FeMn 80: Ferromangan mit einem Mn-Anteil von 80%

3.1.3.3 Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.3 tabellarisch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 6 dargestellten Verlauf.

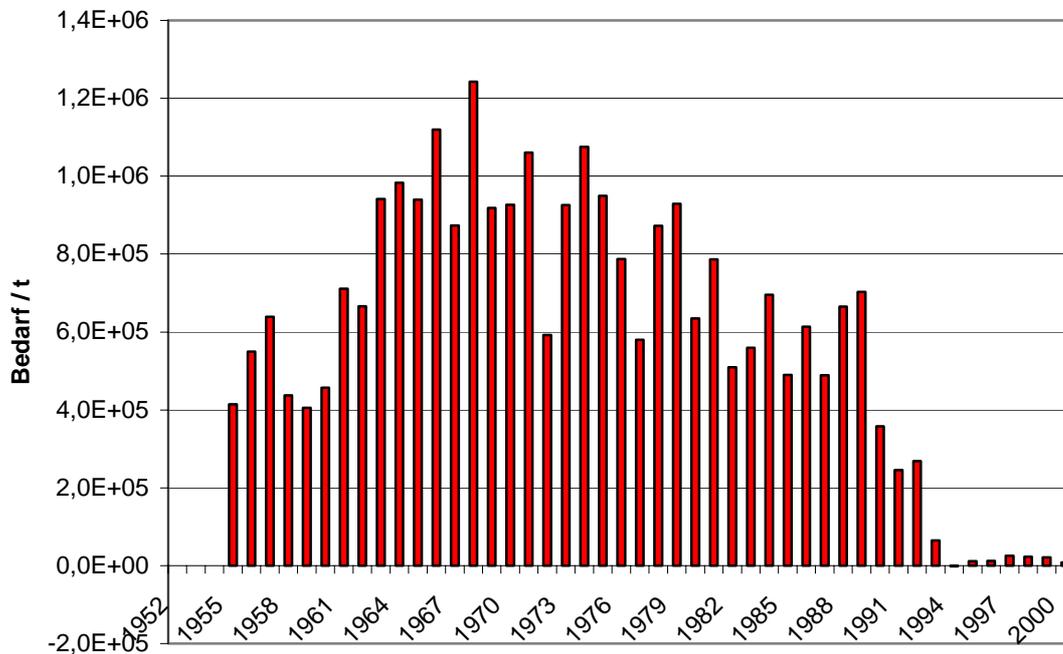


Abb. 6: Manganerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Manganerzen von 1952 – 2000 auf

$$27 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.3.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

In den Wirtschaftsstatistiken weder des Deutschen Reiches, noch der Weimarer Republik oder des Dritten Reiches wurden detaillierte Zahlen über Produktion, Import oder Export von Mangan ausgewiesen. Da Mangan vor allem als Legierungsmetall für Stahl eine wichtige Rolle spielt, wird im Rahmen der hier angegebenen Näherung der Faktor von 1,3 verwendet. Dieser wurde für die Ermittlung des Bedarfs an Eisenerzen für die Zeit von 1870 bis heute und dem Bedarf an Eisenerzen für die Zeit von 1950 bis heute angenommen (vgl. Kap. 3.1.3.1.4). Es ergibt sich somit aus dem gesamten Bedarf an Manganerzen in der Bundesrepublik von 1952 – 2000 von $27 \cdot 10^6$ t (vgl. Kap. 3.1.3.3.3) ein geschätzter absoluter Erzbedarf von ca.

$$35 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.3.5 Schlussfolgerungen

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Mangan und Manganlegierungen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 1000 – 1200 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.3.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $35 \cdot 10^6$ t (Kap. 3.1.3.3.4) eine absolute Menge von

$$\underline{(35 - 42) \cdot 10^6 \text{t.}}$$

3.1.3.4. Molybdän

3.1.3.4.1 Verwendung

Molybdän gehört aufgrund seines hohen Schmelzpunkts zu den Refraktärmetallen. Die größte Bedeutung hat es aber als Ferrolegierung erlangt; es ist somit den Stahlveredlern zuzurechnen. Der Zusatz von Molybdän zu Stahl verbessert dessen Festigkeit, Härtebarkeit, Korrosionsbeständigkeit und Schweißbarkeit /Winnacker und Küchler, 1986/.

Die Herstellung von Ferromolybdän aus Molybdänerz, Eisenerz, Silizium und Aluminium ist seit dem Jahr 1900 bekannt und angewandt. Aufgrund des stark wachsenden Produktionsvolumens an Stahl hat auch Molybdän rasch an Bedeutung gewonnen.

Insgesamt werden 81% des gewonnenen Molybdäns als Ferromolybdän verarbeitet, nur 4% werden zur Herstellung von Superlegierungen, 5% als Reinmetall, 9% in der chemischen Industrie und 1% für sonstige Anwendungen benötigt /Winnacker und Küchler, 1986/.

3.1.3.4.2 Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen

Molybdän tritt bevorzugt als sulfidisches Erz in Form von Molybdänglanz MoS_2 auf. Molybdänglanz lässt sich durch Flotation vergleichsweise leicht anreichern, sodass handelsübliche Erzkonzentrate einen Gehalt von 85% MoS_2 , d.h. einen Molybdängehalt von 51%, aufweisen. Bei dem technischen Prozess, in dem Ferromolybdän gewonnen wird, handelt es sich um ein metallurgisches Verfahren, bei dem zunächst Molybdänglanz im Etagenofen („Herreshoff-Ofen“) zu technischen MoO_3 reduziert wird. Der Schwefelanteil verflüchtigt sich, sodass bei diesem Prozess mit einer spezifischen Reststoffmenge von ca. 150kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat zu rechnen ist. Das gewonnene MoO_3 wird entweder unter Zugabe von Eisenerz, Kohlenstoff und Silizium zu Ferromolybdän verarbeitet. In diesem Prozess entsteht eine Schlacke, die sich zu 60 – 65% aus SiO_2 , zu 20 – 25% aus FeO und zu 1 – 5% aus Al_2O_3 zusammensetzt /Winnacker und Küchler, 1986/. Da Ferromolybdän typischerweise einen Molybdängehalt von 60 – 70% hat, ergibt sich unter der Annahme, dass etwa gleich viel Eisen der Zuschlagsmenge in die Gewinnung des Ferromolybdäns wie in die Schlacke geht, eine spezifische Reststoffmenge von

1250 – 1550 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

3.1.3.4.3 Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.4 tabella-

risch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 7 dargestellten Verlauf.

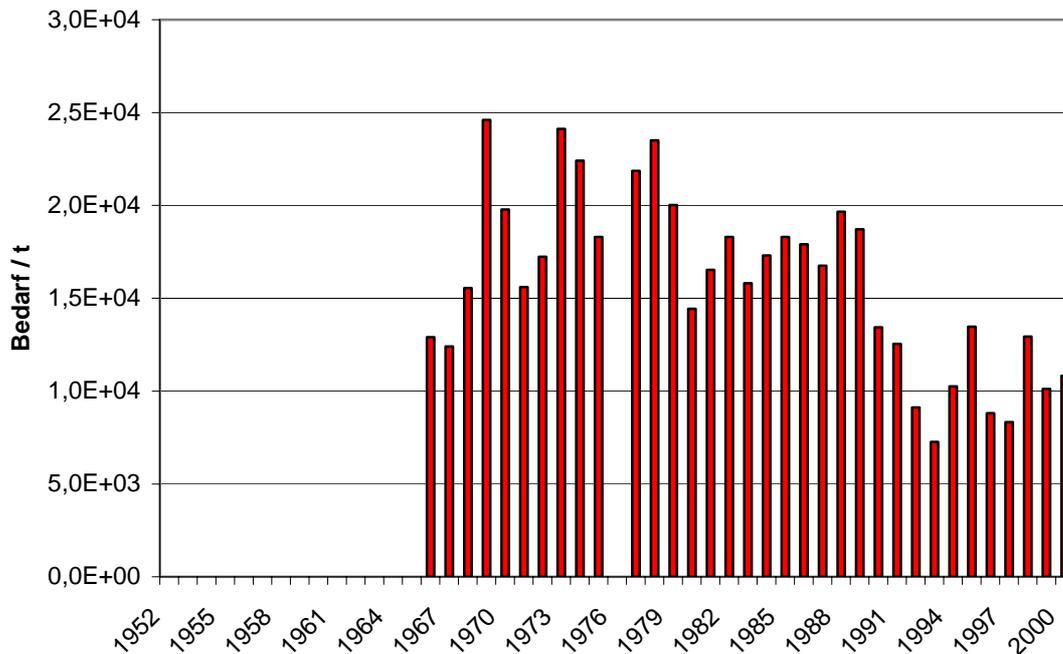


Abb. 7: Molybdänerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Molybdänerzen von 1952 – 2000 auf

$$0,54 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.4.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

In den Wirtschaftsstatistiken weder des Deutschen Reiches, noch der Weimarer Republik oder des Dritten Reiches wurden detaillierte Zahlen über Produktion, Import oder Export von Molybdän ausgewiesen. Da Molybdän aber vor allem als Legierungsmetall für Stahl eine wichtige Rolle spielt, wird im Rahmen der hier angegebenen Näherung der Faktor von 1,3 verwendet. Dieser wurde für die Ermittlung des Bedarfs an Eisenerzen für die Zeit von 1870 bis heute und dem Be-

darf an Eisenerzen für die Zeit von 1950 bis heute angenommen (vgl. Kap. 3.1.3.1.4). Es ergibt sich somit aus dem gesamten Bedarf an Molybdänerzen in der Bundesrepublik von 1952 – 2000 von $0,54 \cdot 10^6\text{t}$ (vgl Kap. 3.1.3.3.3) ein geschätzter absoluter Erzbedarf von

$$\mathbf{0,70 \cdot 10^6\text{t.}}$$

3.1.3.4.5 Schlussfolgerungen

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Molybdän und Molybdänlegierungen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 1250 – 1550 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.4.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $0,70 \cdot 10^6\text{t}$ (Kap. 3.1.3.4.4) eine absolute Menge von

$$\mathbf{\underline{(0,88 - 1,1) \cdot 10^6\text{t.}}}$$

3.1.3.5. Aluminium

3.1.3.5.1 Verwendung

Aluminium ist unter den Nichteisenmetallen das am meisten verwendete. Dies liegt insbesondere an seiner geringen Dichte und seiner hohen Korrosionsbeständigkeit. Beide Eigenschaften führen zu Verwendungsmöglichkeiten, die Stahl und Eisen nicht gegeben sind. Der Rohstoff für Aluminium ist Bauxit, das in der Welt in großen Mengen zu finden ist. Großtechnisch lässt sich Aluminium erst seit Beginn des 20. Jahrhunderts gewinnen /Winnacker und Küchler, 1986/.

3.1.3.5.2 Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen

Ausgangsmaterial für die Herstellung von Aluminium ist Bauxit /Winnacker und Küchler, 1986/. Bauxit ist ein Gemenge verschiedener Minerale und ist als Verwitterungsprodukt von Ton-

erde entstanden. Er setzt sich aus 55 – 65% Al_2O_3 , 0 – 25% Fe_2O_3 , 7% SiO_2 und 12 – 30% Wasser zusammen /Brockhaus, 1989/.

Zur Darstellung der Aluminiumgewinnung lässt sich der in Abb. 2 dargestellte Prozess nicht heranziehen. Ein grundsätzlich unterschiedliches Verfahren wird angewandt: Zunächst wird aus Bauxit mittels des Bayer-Verfahrens Aluminiumoxid Al_2O_3 gewonnen. Dabei wird Bauxit mittels Natronlauge aufgeschlossen und Al_2O_3 abgetrennt. Die Ausbeute, die dabei erzielt wird, liegt bei etwa 50%. Zurück bleibt sog. Rotschlamm, der zu etwa 40% aus Wasser und zum anderen aus den in Natronlauge unlöslichen mineralischen Bestandteilen – im Wesentlichen Eisen-, Silizium- und Titanverbindungen – des eingesetzten Bauxits besteht /AOS-Stade, 2004/.

60% des gewonnenen Al_2O_3 werden zu Aluminiumhydroxid verarbeitet. Dieses wird beispielsweise für die Herstellung von Wasserenthärtern (Zeolith) und in der Feuerfestkeramik benötigt. Aus den verbleibenden 40% wird Aluminium (Ausbeute von etwa 50%) mithilfe von Elektrolyse hergestellt.

Die Reststoffmenge ergibt sich somit im Wesentlichen aus dem Entstehen von Rotschlamm zu ca. 50% des eingesetzten Bauxits. Dies bedeutet ca.

500 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

3.1.3.5.3 Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.5 tabellarisch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 8 dargestellten Verlauf.

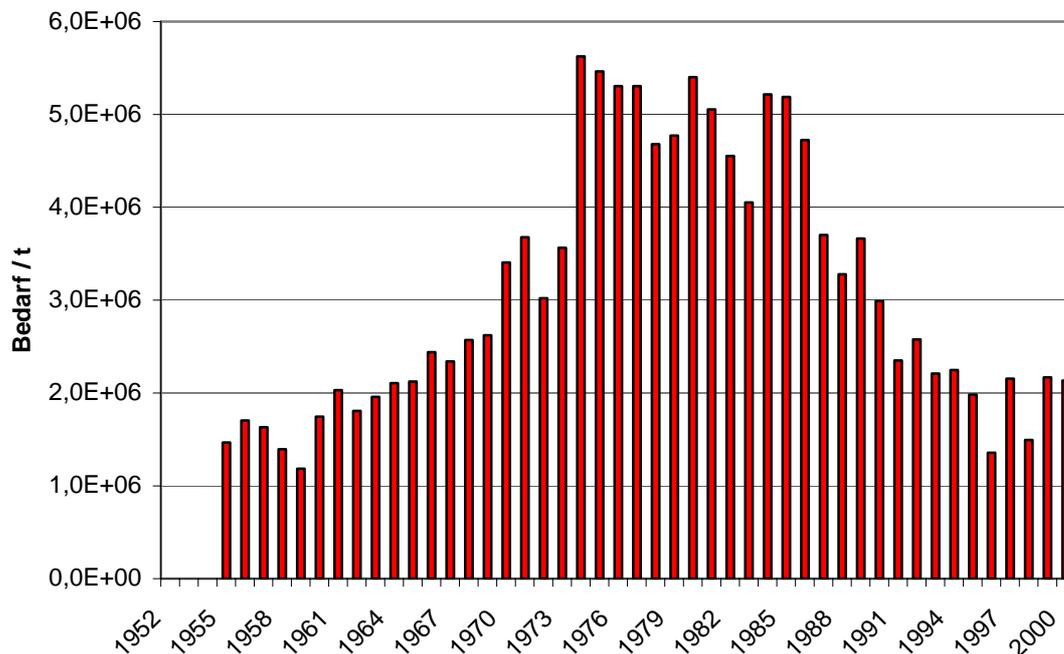


Abb. 8: Aluminiumerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Aluminiumerzen von 1952 – 2000 auf

140 · 10⁶t.

3.1.3.5.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Um ein Maß für die Menge der vor 1950 auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland aufgearbeiteten Aluminiumerzmassen zu erhalten, wurde die Hüttenproduktion an Aluminium in Deutschland seit 1920 nach /Fischer, 1995/ herangezogen. Die Werte sind tabellarisch in Anhang A 1.5 aufgelistet. Der Verlauf der Aluminiumproduktion ist in Abb. 9 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Menge des in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts produzierten Rohstahls die früher produzierten Mengen deutlich übertrifft.

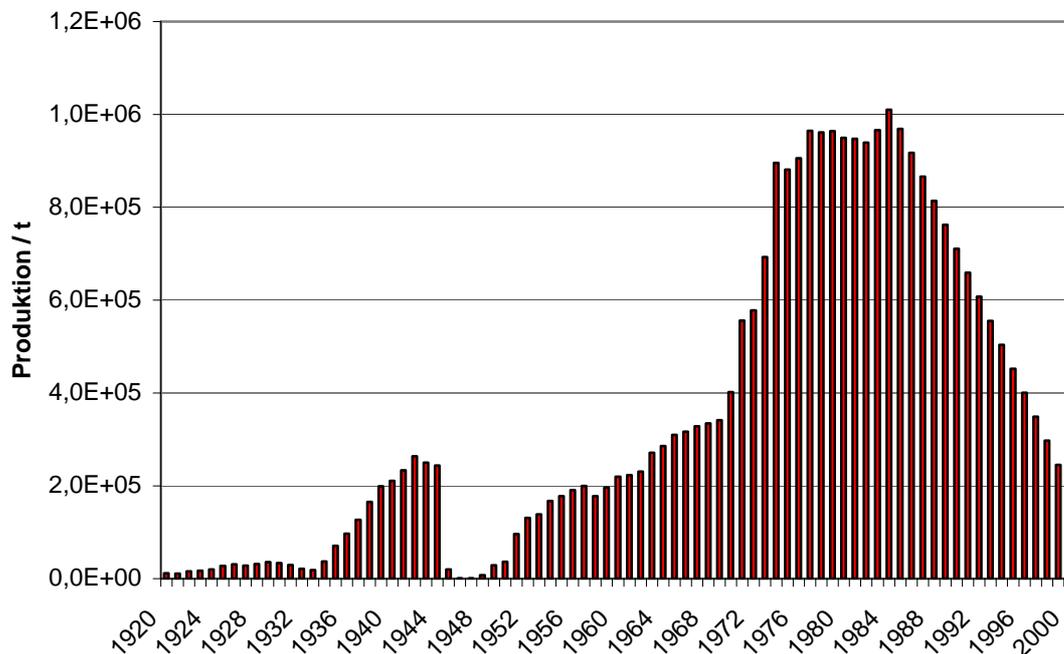


Abb. 9: Aluminium – Hüttenproduktion in Deutschland; 1920 - 1985 nach /Fischer, 1995/,
1986 - 2000 Schätzwerte (vgl. Text)

Bei Abschätzung der Produktionsmengen für die Jahre ohne Angabe entsprechend der Bedarfsentwicklung seit 1985 (vgl. Abb. 8) ergibt sich für das in den Jahren 1920 - 2000 produzierte Hüttenaluminium eine Masse von $28,6 \cdot 10^6$ t und für das in den Jahren 1950 - 2000 produzierte Hüttenaluminium eine Masse von $26,3 \cdot 10^6$ t, woraus sich für die Ermittlung des gesamten Erzbedarfs aus dem Bedarf der Jahre 1950 – 2000 ein Faktor von 1,1 ergibt. Aus dem in Kap. 3.1.3.5.3 ermittelten Erzbedarf für die Jahre 1950 – 2000 von $140 \cdot 10^6$ t ergibt sich somit ein absoluter Erzbedarf von ca.

$150 \cdot 10^6$ t.

3.1.3.5.5 Schlussfolgerungen

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Aluminium und Aluminiumlegierungen ergibt sich aufgrund der Ab-

schätzung der spezifischen Reststoffmenge von 500 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.5.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $150 \cdot 10^6$ t (Kap. 3.1.3.5.4) eine absolute Menge von

ca. $75 \cdot 10^6$ t.

3.1.3.6. *Blei*

3.1.3.6.1 *Verwendung*

Blei ist im Gegensatz zu anderen – auch – Gebrauchsmetallen schon seit langem bekannt und auch genutzt. Inder, Ägypter und Hebräer nutzten das Metall bereits vor 5000 Jahren /Winnacker und Küchler, 1986/. Die hervorstechenden Eigenschaften von Blei sind seine für Metalle im Allgemeinen ungewöhnlich geringe Härte (Brinell-Härte 2,5 – 3) und seine hohe Dichte.

Blei wird überwiegend in metallischer Form verarbeitet. Wichtige Anwendungsbereiche sind die Verwendung von Blei für Akkumulatoren, Kabelmäntel und Lager- und Letternmetalle (insg. ca. 75%). Von etwas geringerer Bedeutung ist die Verwendung von Feiblei zur Herstellung von Pigmenten, optischen Gläsern und – zumal in der Vergangenheit – von Antiklopfmitteln für Vergasertreibstoffe /Winnacker und Küchler, 1986/.

3.1.3.6.2 *Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen*

Bei den geförderten Bleierzen handelt es sich überwiegend um sulfidische Erze, wobei als wichtigstes Mineral Galenit (= Bleiglanz; PbS) zu nennen ist. Von untergeordneter Bedeutung sind oxidische Erze wie z.B. Cerussit (Weißbleierz; $PbCO_3$) oder Anglesit (=Vitriolbleierz; $PbSO_4$). Handelsübliche Bleierzkonzentrate besitzen 60 – 70% Bleiinhalt /Winnacker und Küchler, 1986/.

Legt man den in Abb. 2 dargestellten vereinfachten Prozess zugrunde, reagiert beim Rösten des Bleierzes PbS zu $PbSO_4$, das sich im Schachtofen zu Blei, Sauerstoff und Schwefeldioxid reduzieren lässt. Schwefel und Sauerstoff gehen somit in beiden Prozessschritten zu 100% in das Rauchgas. Die absolute Reststoffmenge ist somit ausschließlich durch den Prozentanteil des Bleigehaltes

im Ausgangskonzentrat abzüglich der Rauchgasverluste bestimmt. Bei Konzentraten von 60 – 70% Bleigehalt ist somit für den Reststoff mit 20 – 31% der Ausgangsmenge zu rechnen. Dies bedeutet ca.

200 – 310 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

3.1.3.6.3 Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.6 tabellarisch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 10 dargestellten Verlauf.

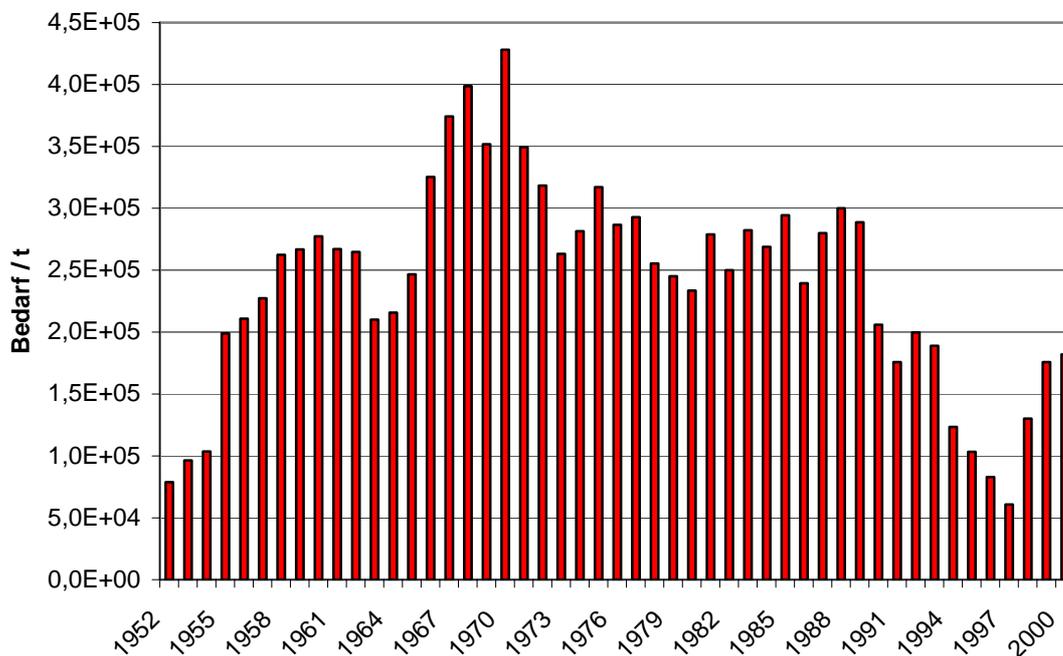


Abb. 10: Bleierz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Bleierzen von 1952 – 2000 auf

$12 \cdot 10^6 \text{t.}$

3.1.3.6.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Um ein Maß für die Menge der vor 1950 auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland aufgearbeiteten Bleierzmassen zu erhalten, wurde die Hüttenproduktion an Blei in Deutschland seit 1915 nach /Fischer, 1995/ herangezogen. Der Verlauf der Bleiproduktion ist in Abb. 11 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Menge des in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts produzierten Bleis die früher produzierten Mengen deutlich übertrifft.

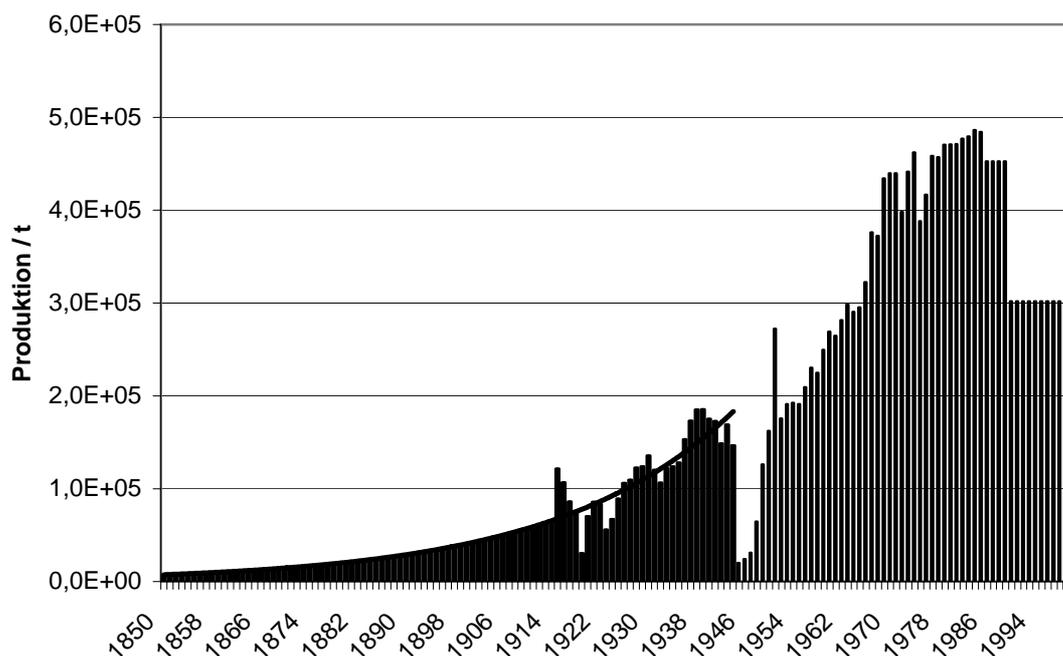


Abb. 11: Blei – Hüttenproduktion in Deutschland; 1915 - 1985 nach /Fischer, 1995/,
1850-1914 und 1986 - 2000 Schätzwerte (vgl. Text)

Werden die Produktionsmengen für die Jahre 1985 – 2000 entsprechend der Bedarfsentwicklung seit 1985 (vgl. Abb. 10) und die Produktionsmengen für die Jahre 1850 – 1915 entsprechend der allgemeinen Entwicklung des Hüttenwesens dieser Zeit exponentiell ansteigend abgeschätzt,

ergibt sich für das in den Jahren 1850 - 2000 produzierte Hüttenblei eine Masse von $23,3 \cdot 10^6$ t und für das in den Jahren 1950 - 2000 produzierte Hüttenblei eine Masse von $17,7 \cdot 10^6$ t, woraus sich für die Ermittlung des gesamten Erzbedarfs aus dem Bedarf der Jahre 1950 – 2000 ein Faktor von 1,3 ergibt. Aus dem in Kap. 3.1.3.6.3 ermittelten Erzbedarf für die Jahre 1950 – 2000 von $12 \cdot 10^6$ t ergibt sich somit ein absoluter Erzbedarf von ca.

$$16 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.6.5 Schlussfolgerungen

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Blei und Bleilegierungen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 200 – 310 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.6.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $16 \cdot 10^6$ t (Kap. 3.1.3.6.4) eine absolute Menge von

$$\underline{(3,2 - 5,0) \cdot 10^6 \text{t.}}$$

3.1.3.7. Kobalt

3.1.3.7.1 Verwendung

Kobaltverbindungen sind bereits seit mehr als 2000 Jahren bekannt und genutzt zur Blaufärbung von Glas und von Glasuren. Als Metall wurde es im 18. Jahrhundert erstmals dargestellt (1739 durch Brandt) /Winnacker und Küchler, 1986/. Heute findet es in erster Linie Anwendung bei der Herstellung von hitzebeständigen und abriebfesten Legierungen. Darüber hinaus wird es zur Erzeugung von Magnetwerkstoffen und in der chemischen Industrie gebraucht /Winnacker und Küchler, 1986/.

3.1.3.7.2 Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen

Kobalt wird heute zu 75% aus Kobalthaltigen Schlacken der Nickel- und Kupfergewinnung erzeugt /Winnacker und Küchler, 1986/. Der Rohstoff ist also in diesem Fall ein Reststoff aus der Produktion anderer Metalle. Sein NORM-Gehalt wurde mithin hier schon berücksichtigt.

Die verbleibenden 25% werden aus arsenidischen Kobalterzen gewonnen. Als typisches Kobalterz ist hierbei Speiskobalt $(\text{Co,Ni})\text{As}_3$ zu nennen. Der Kobaltgehalt handelsüblicher Konzentrate liegt bei 5 – 11% /Winnacker und Küchler, 1986/.

Zur Gewinnung von Kobalt aus dem Erz werden in einem ersten Schritt die Erze mit Zuschlägen (Koks, Eisenschrott) zu einer Speise⁶ verschmolzen. Dann werden die Erze geröstet, wodurch sich flüchtiges As_2O_3 sowie $(\text{CoO})_5 \cdot \text{As}_2\text{O}_5 + 5\text{CoO}$ bildet. Eine völlige Entfernung von As_2O_3 ist allerdings nicht möglich, da Steinbildung aufgrund der Verzettelmöglichkeit unerwünscht ist. Es verbleibt noch soviel Arsen im Röstgut, als zur Fällung von Eisen in der nachfolgenden nass-chemischen Aufbereitung nötig ist /Winnacker und Küchler, 1986/. Berücksichtigt man den Kobaltgehalt der Ausgangskonzentrate sowie den As_2O_3 -Verlust beim Röstprozess und typische Zuschlagsmengen von 100 – 200kg Koks und Eisenschrott je t aufbereitetes Erzkonzentrat, so ergibt sich eine Reststoffmenge von 67 – 86% der Ausgangsmenge. Dies bedeutet ca.

670 – 860 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

3.1.3.7.3 Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung

Die Erfassung des Bedarfs an Kobalterzen stellt sich generell als sehr schwierig dar. Durchgängige zuverlässige Produktions-, Import- und Exportzahlen stehen im Rahmen der statistischen Erhebungen der Bundesrepublik aus Datenschutzgründen nicht öffentlich zur Verfügung und konnten daher nicht ermittelt werden. Der Grund hierfür liegt in der Tatsache, dass der Bedarf an Kobaltmetall in der Bundesrepublik weitgehend durch die Einfuhr von Kobaltmetall gedeckt wird und die Produktion des Metalls nur eine untergeordnete Rolle spielt /Lawatscheck, 1990/. Lediglich die Produktionsmenge an Kobalt und Kobaltlegierungen für die Jahre 1950 – 1968 konnte

⁶ Speise: Flüssige Metallarsenidphase

ermittelt werden (Tab. 13). Sie gibt für diese Jahre ein ungefähres Bild des Bedarfs an Kobalterzen.

Tab. 13: Produktion von Kobalt und Kobaltlegierungen 1950 - 1968 /Fischer, 1995/

Kalenderjahr	Kobaltproduktion [t]	Kalenderjahr	Kobaltproduktion [t]
1950	0	1960	1525
1951	0	1961	1617
1952	454	1962	1646
1953	582	1963	1508
1954	863	1964	1445
1955	895	1965	1356
1956	879	1966	1109
1957	867	1967	883
1958	994	1968	809
1959	1402		

Es ergibt sich in diesen Jahren eine mittlere Produktion von 991t jährlich. Nimmt man nun an, dass die Produktion an Kobalt den allgemeinen Verlauf der Entwicklung in der Metallurgie genommen hat und somit im Laufe der 90er Jahre stark zurückgegangen ist (vgl. entsprechende Kap. der anderen Metalle in der vorliegenden Arbeit), so kann man näherungsweise die Kobaltproduktion von 1950-1990 mit jährlich 991t und seit 1990 mit jährlich 0t ansetzen. Es ergibt sich daraus eine insgesamt in der Bundesrepublik Deutschland produzierte Kobaltmenge von 40631t.

Über die handelsüblichen Erzkonzentrate von Kobalterzen (5 – 11%, siehe Kap. 3.1.3.7.2) ergibt sich ein totaler Bedarf an Kobalterzen von 1950 – 2000 im Bereich von

$$0,37 \cdot 10^6 \text{t bis } 0,81 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.7.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Um ein Maß für die Menge der vor 1950 auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland aufgearbeiteten Kupfererzmassen zu erhalten, wurde die Hüttenproduktion an Kobalt in Deutschland vor 1950 nach /Fischer, 1995/ herangezogen. Es zeigt sich dabei, dass lediglich in den Jahren 1933 – 1937 in Deutschland Kobalt quantitativ nachprüfbar mit einem jährlichen mittleren Produktionsvolumen von 280t produziert wurde. In der Zeit vor 1933 wurden die Produktionsmengen von Kobalt nicht explizit erhoben. Aus dieser Tatsache und der im Vergleich mit der in den Jahren nach 1950 kleinen Kobaltproduktion von nur 280t jährlich wird angenommen, dass vor 1950 keine nennenswerte Kobaltproduktion stattfand. Es ergibt sich somit ein absoluter Erzbedarf von

$$0,37 \cdot 10^6 \text{t bis } 0,81 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.7.5 Schlussfolgerungen

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Kobalt und Kobaltlegierungen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 670 – 860 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.7.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $(0,37 - 0,81) \cdot 10^6 \text{t}$ (Kap. 3.1.3.7.4) eine absolute Menge von

$$\underline{(0,25 - 0,7) \cdot 10^6 \text{t.}}$$

3.1.3.8. Kupfer

3.1.3.8.1 Verwendung

Kupfer ist das älteste Gebrauchsmetall. Seine frühe Gewinnung erfolgte aus gediegenem Metall, dessen Lagerstätten heute fast ausnahmslos erschöpft sind. Die große Bedeutung in der Früh-

zeit erlangte es durch die relativ einfache Gewinnung, die es zu dem ersten Metall machte, dessen Eigenschaften sich der Mensch nutzbar machen konnte.

Die immer noch große Bedeutung des Kupfers heute beruht im Wesentlichen auf seinen hervorragenden elektrischen Eigenschaften und der großen Wärmeleitfähigkeit, die ihm eine bevorzugte Stellung als Leitungswerkstoff in der Elektrotechnik sowie als Werkstoff für Wärmeaustauscher verleiht /Winnacker und Küchler, 1986/.

3.1.3.8.2 Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen

Bei den heute überwiegend geförderteten Kupfererzen handelt es sich nahezu ausschließlich um sulfidische Erze. Zu den bevorzugt geförderteten Mineralen zählen Kupferkies (CuFeS_2), Kupferglanz (Cu_2S) und Buntkupferkies (CuFeS_2). Handelsübliche Kupfererzkonzentrate besitzen 20 – 30% Kupferinhalt /Winnacker und Küchler, 1986/.

Die Kupfergewinnung folgt im Wesentlichen dem in Abb. 2 skizzierten metallurgischen Verfahren. Beim Röstvorgang reagiert CuFeS_2 und CuFeS_2 zu Cu_2S , während der Fe-Anteil als Fe_2O_3 in die Schlacke geht. Das Produkt, überwiegend Cu_2S , heißt „Kupferstein“. Dieser wird in dem Reduktionsverfahren geschmolzen, wobei er zunächst zu einem Teil mit Sauerstoff zu Cu_2O und Schwefeldioxid SO_2 reagiert. Cu_2O schließlich geht mit dem verbleibenden Cu_2O eine Reaktion ein, in der reines Kupfer und Schwefeldioxid SO_2 entsteht.

Bei Betrachtung der geschilderten Prozesse zeigt sich in diesem Fall, dass für die Erzeugung von Kupfer eine beträchtliche Menge Sauerstoff erforderlich ist, die auch mit weiteren in dem Prozess beteiligten Elementen (z.B. Fe) reagiert und so zum Teil in den Reststoff geht. Die absolute Reststoffmenge ist somit nicht nur durch den Prozentanteil des Kupfergehaltes im Ausgangskonzentrat bestimmt. Bei Konzentraten von 20 – 30% Kupfergehalt lässt sich somit eine zu erwartende Reststoffmenge von 40 – 60% der Ausgangsmenge zu rechnen. Dies bedeutet ca.

400 – 600 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

3.1.3.8.3 Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.7 tabellarisch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 12 dargestellten Verlauf.

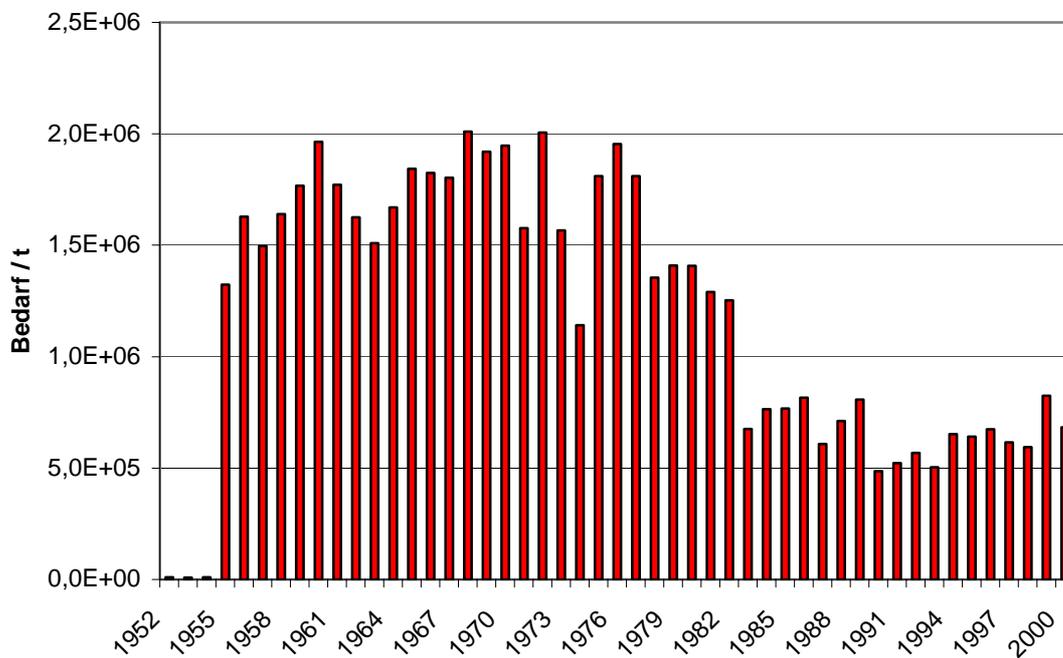


Abb. 12: Kupfererz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Kupfererzen von 1952 – 2000 auf

$$58 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.8.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Um ein Maß für die Menge der vor 1950 auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland aufgearbeiteten Kupfererzmassen zu erhalten, wurde die Hüttenproduktion an Kupfer in Deutschland seit 1915 nach /Fischer, 1995/ herangezogen. Die Werte sind tabellarisch in Anhang A 1.7 aufgelistet. Der Verlauf der Kupferproduktion ist in Abb. 13 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Menge des in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts produzierten Rohstahls die früher produzierten Mengen deutlich übertrifft.

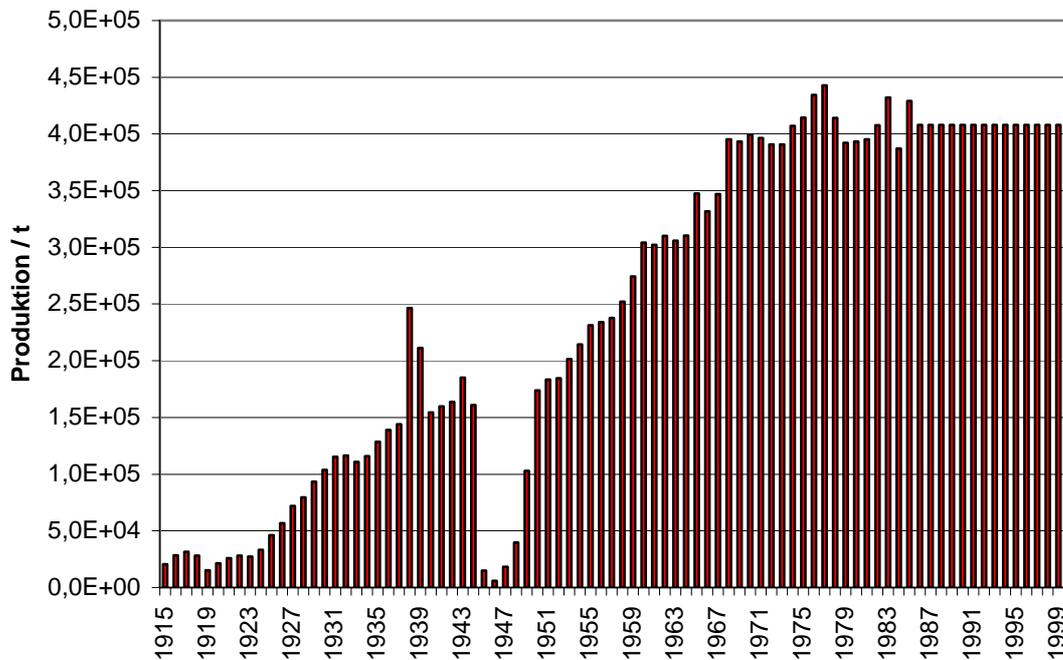


Abb. 13: Kupfer – Hüttenproduktion in Deutschland; 1915 - 1985 nach /Fischer, 1995/,
1986 - 2000 Schätzwerte (vgl. Text)

Werden die Produktionsmengen für die Jahre 1985 – 2000 entsprechend der Bedarfsentwicklung seit 1985 (vgl. Abb. 12) abgeschätzt, ergibt sich für das in das Jahren 1850 - 2000 produzierte Hüttenkupfer eine Masse von $21,1 \cdot 10^6 \text{t}$ und für das in den Jahren 1950 - 2000 produzierte Hüttenkupfer eine Masse von $18,2 \cdot 10^6 \text{t}$, woraus sich für die Ermittlung des gesamten Erzbedarfs aus

dem Bedarf der Jahre 1950 – 2000 ein Faktor von 1,2 ergibt. Aus dem in Kap. 3.1.3.8.3 ermittelten Erzbedarf für die Jahre 1950 – 2000 von $58 \cdot 10^6$ t ergibt sich somit ein absoluter Erzbedarf von ca.

$$70 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.8.5 Schlussfolgerungen

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Kupfer und Kupferlegierungen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 400 – 600 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.8.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $70 \cdot 10^6$ t (Kap. 3.1.3.8.4) eine absolute Menge von

$$\underline{(28 - 42) \cdot 10^6 \text{t.}}$$

3.1.3.9. Nickel

3.1.3.9.1 Verwendung

Obwohl Nickel schon seit langem zumal als Legierungsmetall bekannt war (China, ca. 300 v.Chr.), stieß es auf wenig Interesse seitens der Bergleute, die seinen Wert gering achteten und es daher auch nach (böartigen) Kobolden (=Nickeln) benannten. Aufgrund dieses geringen Interesses gelang es auch erst Mitte des 18. Jahrhunderts, es isoliert darzustellen /Winnacker und Küchler, 1986/. Als der Wert des Geldes im 19. Jahrhundert und schließlich im 20. Jahrhundert nicht mehr durch den Eigenwert einer Münze gestützt wurde, gewann Nickel für die Prägung kleiner Münzen an Bedeutung /Fenster, 2000/.

Auch heute wird Nickel vor allem aufgrund seiner metallischen Eigenschaften genutzt: Insbesondere als Legierungsmetall zu Stahl hat es zur Erzeugung rostfreier und hitzebeständiger Stähle Bedeutung erlangt. Auch für die Herstellung von Nichteisen-Legierungen wird es genutzt. Zu einem reduzierten Anteil findet es als Reinmetall in der Galvanotechnik Anwendung und kommt

nur zu einem geringen Anteil in der chemischen Industrie zum Einsatz /Winnacker und Küchler, 1986/.

3.1.3.9.2 Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen

Die Roherze für die Nickelgewinnung gliedern sich in zwei Gruppen: ca. 40% der auf der Welt geförderten und verarbeiteten Nickelerze sind oxidische Erze, während es sich etwa bei den übrigen 60% um sulfidische Erze handelt. Zu einem sehr kleinen Anteil schließlich tragen arsenidische Erze bei. Diese finden hier, aufgrund ihrer geringen Bedeutung keine weitere Erwähnung.

Unter den oxidische Erzen ist im Besonderen Garnierit, $(\text{Ni},\text{Mg})_6((\text{OH})_8/\text{Si}_4\text{O}_{10})$, zu nennen, unter den sulfidischen vor allem Pentlandit, $(\text{Fe},\text{Ni})\text{S}$. Handelsübliche Konzentrate liegen für oxidische Erze bei 1 – 3% Nickelgehalt und für sulfidische Erze bei 3 – 8% /Winnacker und Küchler, 1986/. Oxidische Werte werden zunächst unter Zugabe von Kalziumsulfat entsprechend der Reaktion [5] zu Ni_2S_3 umgesetzt.



Entsprechend dieser Gleichung ergibt sich für Nickelkonzentrate von 1 – 3% ein Zuschlag von 70 – 200 kg CaSO_4 je t aufbereitetes oxidisches Nickelerzkonzentrat. In der Praxis liegen die Zuschlagmengen zwischen 160kg und 250kg /Winnacker und Küchler, 1986/. Für die weitere Aufbereitung sowie für die Gewinnung von Nickel aus sulfidischen Erzen lässt sich näherungsweise auch wieder der Prozess gemäß Abb. 2 heranziehen. Dies bedeutet bei Zugrundlegung von 1 – 3%igen Konzentraten für oxidische Nickelerze und 3 – 8%igen Konzentraten für sulfidische Nickelerze sowie der Aufteilung der Nickelerze auf 40%oxidische und 60% sulfidische Erze eine zu erwartende Reststoffmenge etwa 100% der Ausgangsmenge. Dies bedeutet ca.

1000 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

3.1.3.9.3 Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.8 tabella-

risch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 14 dargestellten Verlauf.

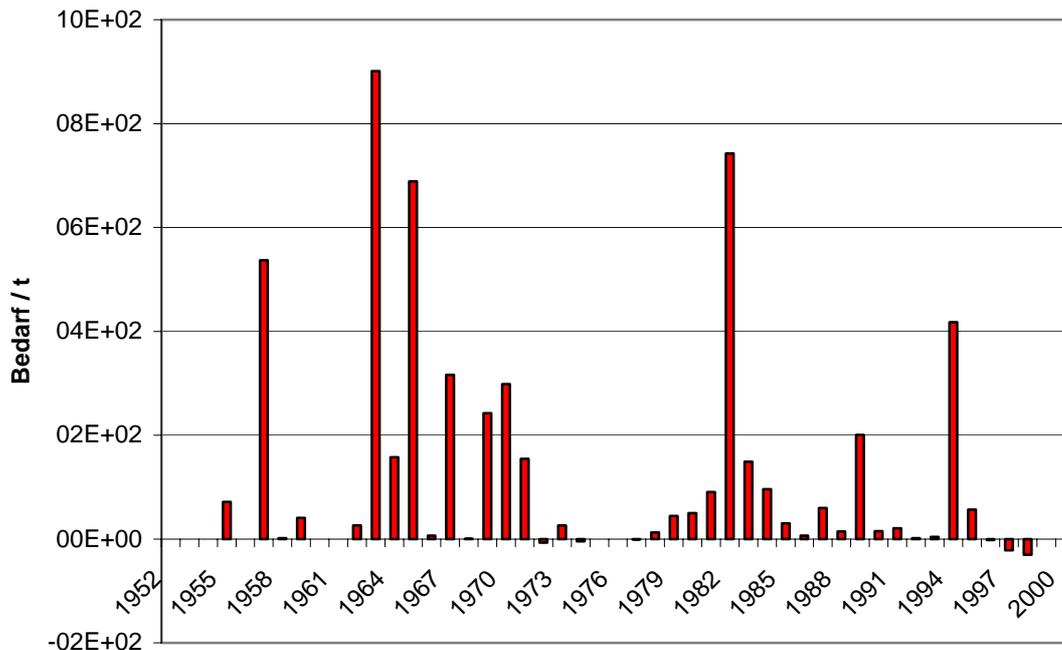


Abb. 14: Nickelerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Nickelerzen von 1952 – 2000 auf

$$0,005 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.9.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Um auf den absoluten Bedarf an Nickelerzen auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland zu schließen, kann anders als bei den meisten anderen Erzen nicht auf Statistiken bzgl. der Hüttenproduktion von Nickel zurückgegriffen werden. Dies liegt einerseits daran, dass sowohl über die Jahre seit Gründung der Bundesrepublik als auch zuvor nur sehr eingeschränkt Daten vorliegen (vgl. /Fischer, 1995/), andererseits daran, dass insbesondere im Fall der Nickel-

gewinnung in der jüngeren Vergangenheit (d.h. seit 1950 in zunehmenden Maße /Winnacker und Kuchler, 1986/) die Aufbereitung von Schrotten eine wachsende Bedeutung erfährt, sodass die Hüttenproduktion von Nickel nicht auf den Bedarf von Nickelerzen zurückschließen lässt.

Da die Bedeutung von Nickel insbesondere seit Beginn des 20. Jahrhunderts zugenommen hat (vgl. Kap. 3.1.3.9.1) sowie aufgrund des Vergleichs mit der Entwicklung der Bedarfszahlen für andere Erze, wird näherungsweise der Faktor 2 angenommen. Es ergibt sich somit ein absoluter Erzbedarf von

$$0,01 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.9.5 Schlussfolgerungen

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Nickel und Nickellegierungen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 1000 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.9.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $0,01 \cdot 10^6 \text{t}$ (Kap. 3.1.3.9.4) eine absolute Menge von

$$\underline{\text{ca. } 0,01 \cdot 10^6 \text{t.}}$$

3.1.3.10. Zink

3.1.3.10.1 Verwendung

Zink ist schon seit langem bekannt (in China seit 3000 Jahren, in Indien seit dem 14. Jahrhundert und in Europa seit Beginn des 17. Jahrhunderts). 1743 wurde mit der gezielten technischen Gewinnung begonnen und bereits Mitte des 19. Jahrhunderts erlangte es großtechnische Bedeutung /Winnacker und Kuchler, 1986/.

Zinkmetall zeichnet sich durch gute Korrosionsschutzeigenschaften für Stahl und Eisen sowie durch einen niedrigen Siedepunkt ($T_S = 906^\circ\text{C}$) aus. Der niedrige Siedepunkt ermöglicht die Feuerverzinkung von Stählen, die dem Stahl einen hohen Grad an Korrosionsschutz gewährleistet.

Als Legierungsmetall wird Zink in Aluminium-, Kupfer- und Magnesiumbasislegierungen verwendet.

3.1.3.10.2 *Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen*

Bei den heute überwiegend geförderten Zinkerzen handelt es sich nahezu ausschließlich um sulfidische Erze. Zu den bevorzugt geförderten Mineralen zählt vor allem Zinkblende (ZnS). Handelsübliche Zinkerzkonzentrate besitzen 43 – 62% Zinkinhalt /Winnacker und Kuchler, 1986/.

Die Zinkgewinnung folgt im Wesentlichen dem in Abb. 2 skizzierten metallurgischen Verfahren. Beim Röstvorgang reagiert ZnS mit Sauerstoff zu ZnO. Wegen der hohen Reduktionstemperatur von ZnO und dem geringen Siedepunkt von Zn erfolgt die Zinkgewinnung im Weiteren durch Destillation an Muffeln: ZnO reagiert mit Kohlenmonoxid CO zu Kohlendioxid CO₂ und Zink, das zunächst gasförmig ist und sich dann an den kalten Muffeln absetzt.

Für die absolute Reststoffmenge ergibt sich somit bei Konzentraten von 42 – 63% Zinkgehalt eine zu erwartende Reststoffmenge von 7 – 34% der Ausgangsmenge. Dies bedeutet ca.

70 – 340 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

3.1.3.10.3 *Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung*

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.9 tabellarisch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 15 dargestellten Verlauf.

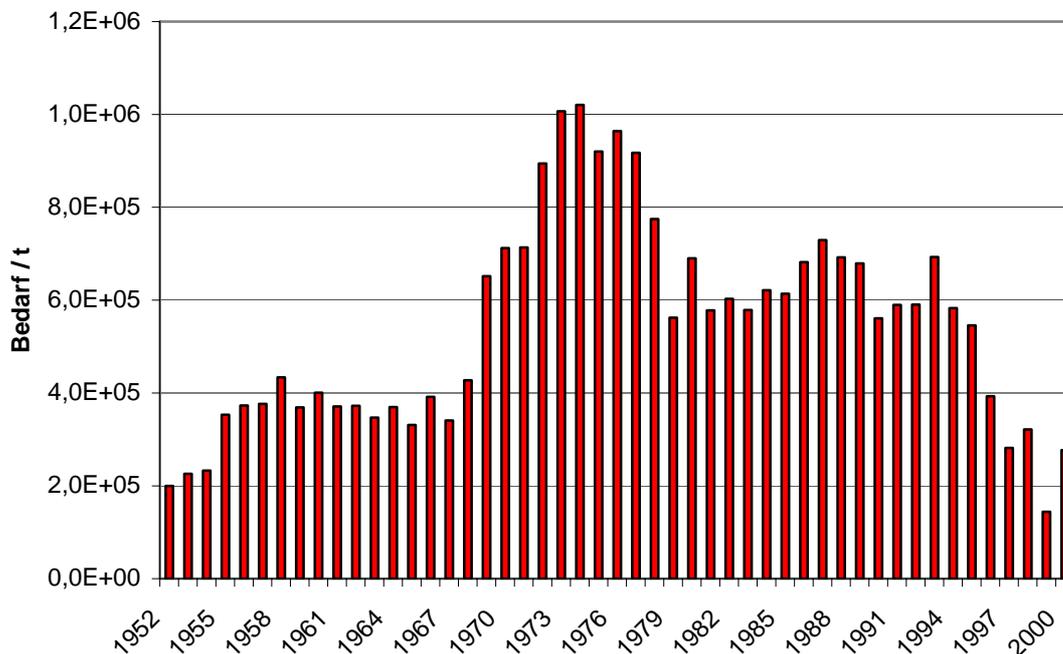


Abb. 15: Zinkerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Zinkerzen von 1952 – 2000 auf

$$27 \cdot 10^6 \text{ t.}$$

3.1.3.10.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Um ein Maß für die Menge der vor 1950 auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland aufgearbeiteten Zinkerzmassen zu erhalten, wurde die Hüttenproduktion an Zink in Deutschland seit 1915 nach /Fischer, 1995/ herangezogen. Der Verlauf der Zinkproduktion ist in Abb. 16 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Menge des in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts produzierten Zinks die früher produzierten Mengen deutlich übertrifft.

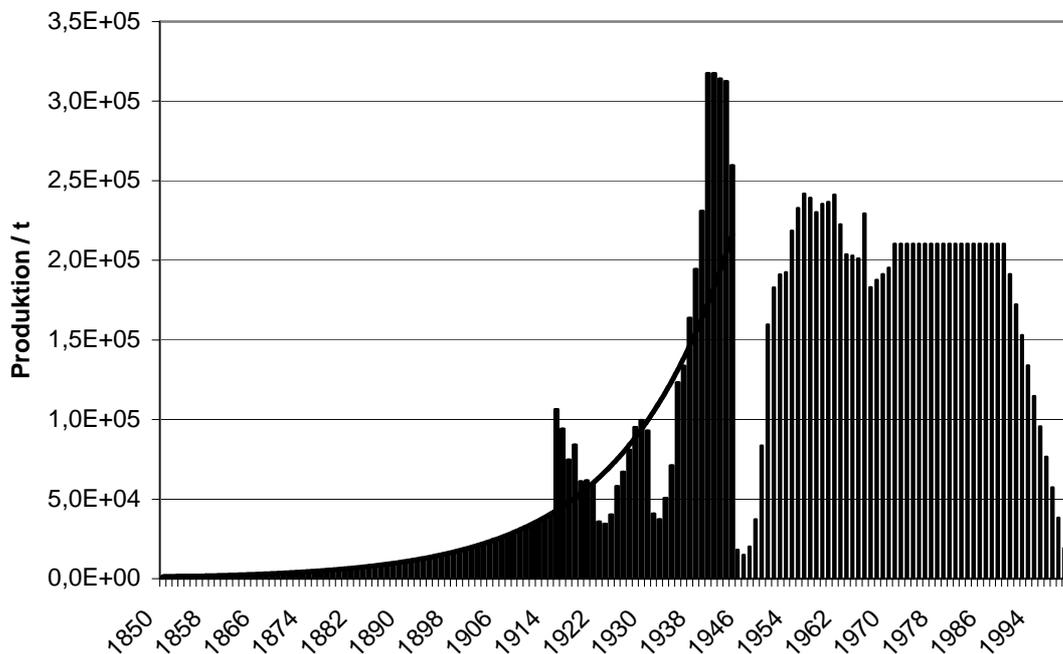


Abb. 16: Zink – Hüttenproduktion in Deutschland; 1915 - 1985 nach /Fischer, 1995/,
1850-1914 und 1986 - 2000 Schätzwerte (vgl. Text)

Werden die Produktionsmengen für die Jahre 1985 – 2000 entsprechend der Bedarfsentwicklung seit 1985 (vgl. Abb. 15) und die Produktionsmengen für die Jahre 1850 – 1915 entsprechend der allgemeinen Entwicklung des Hüttenwesens dieser Zeit exponentiell ansteigend abgeschätzt, ergibt sich für den in den Jahren 1850 - 2000 produzierten Hüttenzink eine Masse von $14,1 \cdot 10^6$ t und für den in den Jahren 1950 - 2000 produzierten Hüttenzink eine Masse von $9,5 \cdot 10^6$ t, woraus sich für die Ermittlung des gesamten Erzbedarfs aus dem Bedarf der Jahre 1950 – 2000 ein Faktor von 1,5 ergibt. Aus dem in Kap. 3.1.3.10.3 ermittelten Erzbedarf für die Jahre 1950 – 2000 von $27 \cdot 10^6$ t ergibt sich somit ein absoluter Erzbedarf von ca.

$$41 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.10.5 *Schlussfolgerungen*

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Zink und Zinklegierungen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 70 – 340 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.10.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $41 \cdot 10^6$ t (Kap. 3.1.3.10.4) eine absolute Menge von

$$\underline{(2,9 - 14,0) \cdot 10^6 \text{t.}}$$

3.1.3.11. *Zinn*

3.1.3.11.1 *Verwendung*

Die Gewinnung von Zinn ist fast so alt wie die Gewinnung von Kupfer. Bronze, eine Kupfer-Zinn-Legierung, ist das hervorragende Werkmaterial der Bronzezeit, die sich in der Regel einer kurzen Phase, in der ausschließlich Kupfer gewonnen wurde, nachfolgte und vor ca. 4000 Jahren begann. Heute liegt die Bedeutung des Zinns in der Herstellung von Weißblech, Weichlot und Bronze /Winnacker und Küchler, 1986/.

3.1.3.11.2 *Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen*

Das für die Zinnengewinnung wichtigste Mineral ist Zinnstein (=Kassiterit; SnO_2), ein oxidisches Erz. Sulfidische Erze, wie beispielsweise das Franckit ($\text{Pb}_5\text{Sn}_3\text{Sb}_2\text{S}_{14}$), oder Erze wie der Zinnkies (Cu_2FeSn_4) spielen eine untergeordnete Rolle. Handelsübliche Zinnerzkonzentrate besitzen 35 – 75% Zinninhalt /Winnacker und Küchler, 1986/.

Die Zinnengewinnung ist ein vergleichsweise komplizierter Prozess, der nur teilweise dem in Abb. 2 skizzierten metallurgischen Verfahren folgt. Zwar liegen auch hier ein Röst- und ein Reduktionsvorgang vor, allerdings dient der Röstvorgang nicht der Gewinnung eines Zinnsulfides sondern dem Verflüchtigen von Verunreinigungen. Die chemische Ähnlichkeit von Zinn und

Eisen, das teils als Bestandteil der aufzubereitenden Erze, teils als Bestandteil der Gangart am Prozess beteiligt ist, erschwert die Gewinnung reinen Zinns. Diese beruht auf einer Gleichgewichtsreaktion im Reduktionsschritt, bei der erschmolzenes Eisen in der Metallphase und SnO in der Schlackenphase mit FeO in Schlackenphase und metallischem Zinn im Gleichgewicht steht. Aus den metallischen Phasen ergibt sich das Rohzinn, das, um zu Reinzinn zu werden, noch raffiniert werden muss. Je geringer der Eisengehalt in der Schmelze, desto höher ist der Zinnanteil im Rohzinn und desto besser ist das Ergebnis. Die verbleibende Schlacke wird erneut aufgeschmolzen und das dann erzeugte Metall (die sog. „Härtlinge“) einer nächsten Charge gerösteten Konzentrates zur Reduktion wieder zugegeben.

Für die absolute Reststoffmenge lässt sich somit bei Konzentraten von 35 – 75% Zinngehalt eine zu erwartende Reststoffmenge von 24 – 63% der Ausgangsmenge errechnen. Dies bedeutet ca.

240 – 630 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

3.1.3.11.3 *Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung*

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.10 tabellarisch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 17 dargestellten Verlauf.

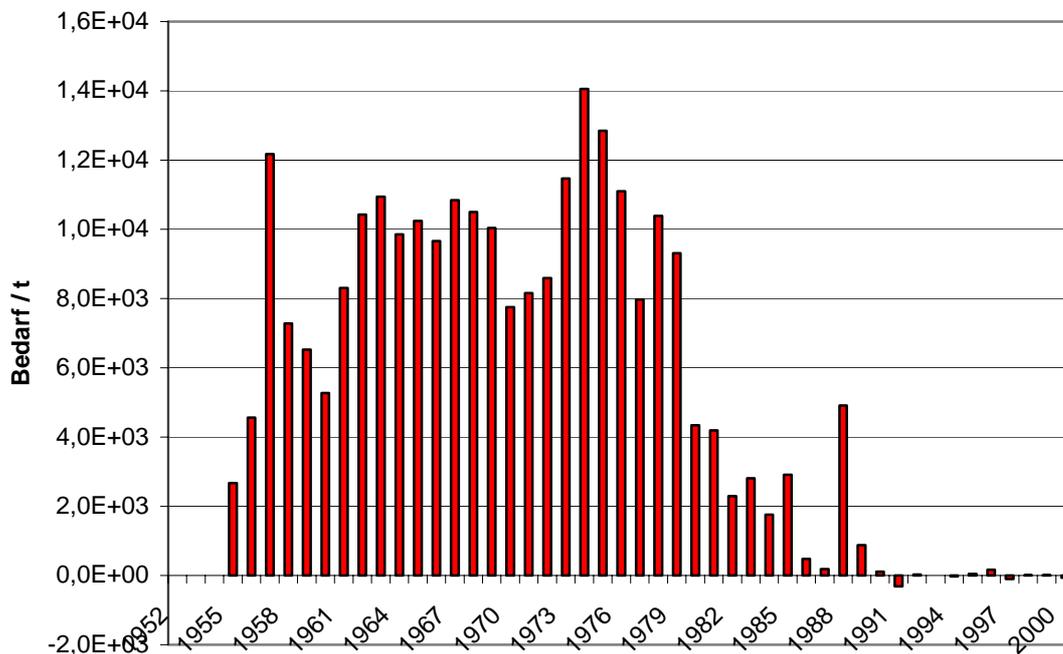


Abb. 17: Zinnerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Zinnerzen von 1952 – 2000 auf

$$0,26 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.11.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Um ein Maß für die Menge der vor 1950 auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik Deutschland aufgearbeiteten Zinnerzmassen zu erhalten, wurde die Hüttenproduktion an Zinn in Deutschland seit 1915 nach /Fischer, 1995/ herangezogen. Der Verlauf der Zinnproduktion ist in Abb. 18 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Menge des in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts produzierten Zinns die früher produzierten Mengen deutlich übertrifft.

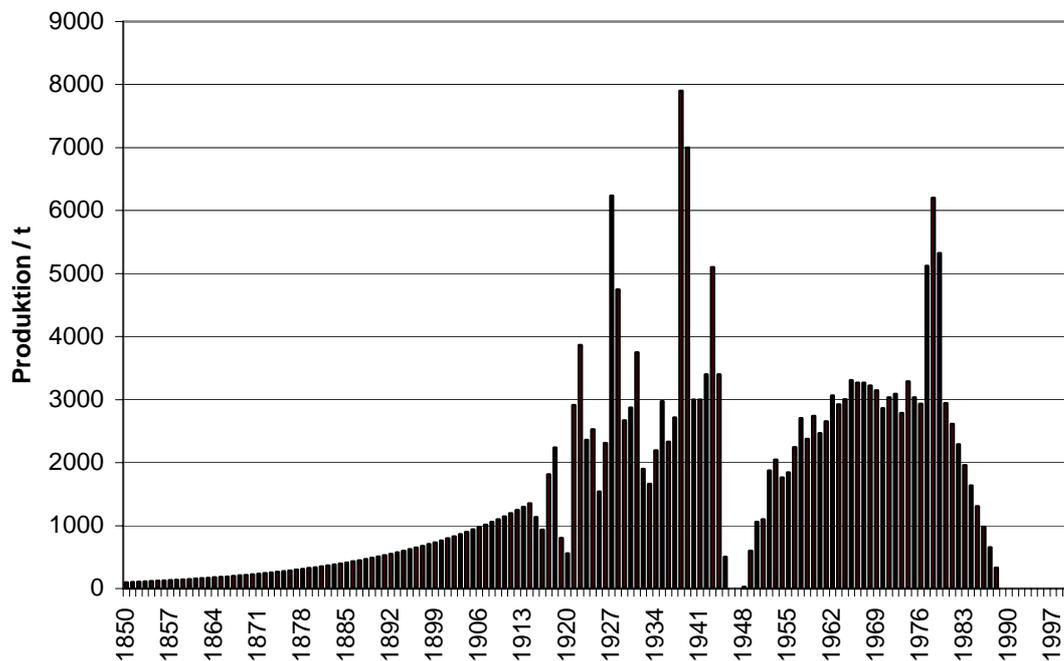


Abb. 18: Zinn – Hüttenproduktion in Deutschland; 1915 - 1985 nach /Fischer, 1995/,
1850-1914 und 1986 - 2000 Schätzwerte (vgl. Text)

Werden die Produktionsmengen für die Jahre 1985 – 2000 entsprechend der Bedarfsentwicklung seit 1985 (vgl. Abb. 17) und die Produktionsmengen für die Jahre 1850 – 1915 entsprechend der allgemeinen Entwicklung des Hüttenwesens dieser Zeit exponentiell ansteigend abgeschätzt, ergibt sich für den in den Jahren 1850 - 2000 produzierten Hüttenzinn eine Masse von $0,225 \cdot 10^6$ t und für den in den Jahren 1950 - 2000 produzierten Hüttenzinn eine Masse von $0,102 \cdot 10^6$ t, woraus sich für die Ermittlung des gesamten Erzbedarfs aus dem Bedarf der Jahre 1950 – 2000 ein Faktor von 2,2 ergibt. Aus dem in Kap. 3.1.3.11.3 ermittelten Erzbedarf für die Jahre 1950 – 2000 von $0,26 \cdot 10^6$ t ergibt sich somit ein absoluter Erzbedarf von ca.

$$0,57 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.11.5 *Schlussfolgerungen*

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Zinn und Zinnlegierungen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 240 – 630 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.11.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $0,57 \cdot 10^6$ t (Kap. 3.1.3.11.4) eine absolute Menge von

$$\underline{(0,14 - 0,36) \cdot 10^6 \text{t.}}$$

3.1.3.12. *Niob und Tantal*

3.1.3.12.1 *Verwendung*

Die beiden Metalle Niob und Tantal sind einander in ihren chemischen Eigenschaften sehr ähnlich und treten auch in der Natur nur in miteinander vergesellschafteten Erzen auf. Obwohl die beiden bereits 1801 gemeinsam als ein Metall, das sog. Columbium, dargestellt werden konnten, gelang es erst 1905, sie beide separat in jeweils reiner Form darzustellen. Ab ca. 1920 gewannen die Metalle Niob und Tantal aufgrund ihrer günstigen Eigenschaften als Legierungsmetalle an Bedeutung. Dies gilt insbesondere für Niob, das als Ferroniob produziert werden kann. Die Darstellung der reinen Metalle ist nach wie vor aufgrund ihrer Eigenschaft als Refraktärmetalle aufwändig und wird daher erst seit Mitte des 20. Jahrhunderts großtechnisch betrieben.

Niob wird zu 90% als Ferroniob in Stahllegierungen verwendet /Winnacker und Küchler, 1986/. Als reines Metall hat es für die Herstellung von hochwarmfesten Nioblegierungen mit Wolfram, Zirkonium und/oder Hafnium Bedeutung erlangt. Derartige Werkstoffe finden in der Triebwerkstechnik und im Satellitenbau Anwendung.

Die Bedeutung von Tantal liegt im Wesentlichen in seinen besonderen elektrischem Eigenschaften: es bildet dünne festhaftende und halbleitende Eigenschaften aus, die es zu einem ausgezeichneten Werkstoff in der Elektronik machen (Bau von elektrolytischen Kondensatoren; /Ullmann, Bd. 22, 1982/).

3.1.3.12.2 Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen

Niob und Tantal werden zu etwa 50% aus Erzen gewonnen. Der Rest wird aus Schlacken der Zinnverhüttung von Zinnerzen aus einzelnen Regionen (z.B. Katanga, Zaire) gewonnen. Diese Gewinnungsform wird im Folgenden nicht berücksichtigt, da NORM-relevante Reststoffe bereits bei der Betrachtung der Zinnverhüttung erfasst wurden.

Niob und Tantal werden vorzugsweise aus den Erzen Columbit und Mikrolith gewonnen, Niob kann zudem noch aus dem Erz Pyrochlor gewonnen werden, allerdings gibt es in der Bundesrepublik keine Produktionsstätten für diese Erzeugung.

Niob und Tantal sind einander chemisch und mineralogisch so ähnlich, dass Tantalerze in Form von Verunreinigungen nennenswert Niob beinhalten und umgekehrt. Insgesamt gesehen ist Tantal aber das weitaus seltenere Metall. Handelsübliche Erzkonzentration liegen für Niob bei 70% Nb_2O_5 /Congo Mining Holding, 2004/, während sie für Tantal bei 0,04% Ta_2O_5 /Robert Cooke Mineral Consultants, 2000/ liegen.

Aufgrund des hohen Schmelzpunktes schließen sich metallurgische Gewinnungsverfahren für die Gewinnung von Niob und Tantal aus. Der Erzaufschluss ist nur chemisch möglich. Technische Anwendung findet der alkalische Aufschluss. Es handelt sich um das sog. „Fansteel-Verfahren“, das das bedeutende Verfahren bis 1950 darstellte, seither aber jede Bedeutung verloren hat. Es wird im Folgenden insbesondere wegen der geringen Niob- und Tantalproduktion in der Zeit vor 1950 nicht weiter berücksichtigt. Der andere Erzaufschluss von technischer Bedeutung ist der saure Aufschluss. Er hat in dem Maß, in dem das Fansteel-Verfahren an Bedeutung verloren hat, an Bedeutung gewonnen und stellt heute das hauptsächlich angewandte Verfahren dar.

Im Weiteren sind die Niob- und Tantalanteile zu trennen. Dies geschieht entweder nach dem „Maignac-Verfahren“, was das bedeutende Verfahren bis ca. 1950 war und seither parallel zum Fansteel-Verfahren an Bedeutung verloren hat, oder mithilfe der Flüssig/flüssig-Extraktion, die in dem Maß, in dem das Maignac-Verfahren an Bedeutung verloren hat, an Bedeutung gewonnen hat.

Da nur sehr wenige Firmen über das nötige Wissen, die Erfahrung und technische Ausstattung verfügen, fallen detaillierte Zahlen über Qualität und Quantität von Säurebedarf und Reststoffaufkommen in der Regel unter das Firmengeheimnis, da sich aus diesen Zahlen viele Firmeninterna

erschließen ließen. Um dennoch spezifische Reststoffmengen abschätzen zu können, wird der Aufschluss von Quarz mit Flußsäure betrachtet:



Um 1t Quarz aufzuschließen, werden 1,332t HF benötigt. Da aber im vorliegenden Fall nicht Quarz aufzuschließen ist, kann nicht damit gerechnet werden, dass die aufgewandte Säure sich vollständig verbraucht. Dieser Reststoff muss mit einer geeigneten Lauge neutralisiert werden, woraus ein Salz entsteht, das schließlich als Reststoff des Verfahrens anzusehen ist. Beim konservativen Ansatz, dass die vollen 1,332t HF zu neutralisieren sind und der Annahme, dass es sich bei der Lauge um Kalilauge handelt, ist in dieser Näherung mit einer spezifischen Reststoffmenge von

4000 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

zu rechnen.

3.1.3.12.3 *Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung*

Die Verwendung von Niob und Tantal spielt erst in der jüngeren Vergangenheit eine technische Rolle (vgl. Kap. 3.1.3.12.1). Gleichzeitig ist die Aufbereitung der Erze und die Gewinnung der Metalle aufgrund deren Eigenschaft als Refraktärmetalle (vgl. Kap. 3.1.3.12.2) schwierig und nur wenigen Firmen vorbehalten. Aus diesem Grund unterliegen Import- und Exportzahlen vieler Jahrgänge in den öffentlichen statistischen Erhebungen der Bundesrepublik dem Datenschutz. Förderzahlen spielen bei Niob und Tantal keine Rolle, da es für die entsprechenden Erze in der Bundesrepublik keine Erze gibt. Zudem werden die Import- und Exportzahlen in den Statistiken je nach Jahrgang nicht separat geführt sondern oftmals zusammen mit Import- und Exportzahlen anderer Erze, sodass für diese Jahrgänge konkrete Bedarfszahlen nicht zu ermitteln sind. Lediglich für die Jahre 1972 – 1987 liegen Import- und Exportzahlen vor (tabellarische Übersicht: siehe Anhang A 1.11, Quelle: /Destatis FS 7/), sodass sich der Bedarf ermitteln lässt (Abb. 19).

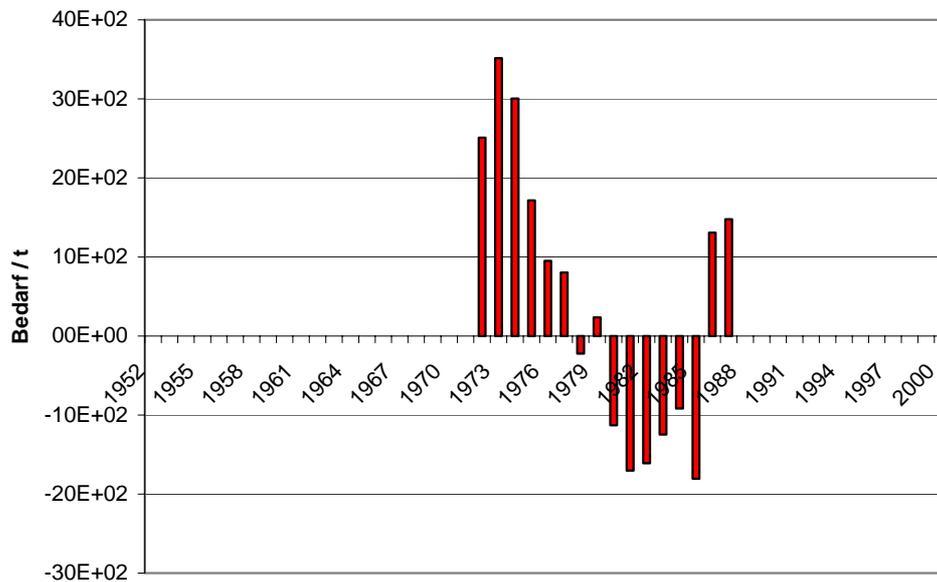


Abb. 19: Bedarf (berechnet) an Niob- und Tantalern auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland (nur die Jahr 1972 – 1987 erfassbar, siehe Text)

Aus den vorliegenden Jahren ergibt sich ein mittlerer Erzbedarf von ca. 430t Erz pro Jahr. Unter der Annahme, dass dieser Erzbedarf im Mittel charakteristisch für die Zeit nach 1950 ist, lässt sich somit insgesamt ein Bedarf an Niob- und Tantalern seit 1950 auf

$$0,022 \cdot 10^6 \text{t}$$

abschätzen.

3.1.3.12.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Aufgrund der Geschichte der Niob- und Tantalgewinnung, der Bedeutung von Niob als Legierungsmetall zu Stahl (vgl. Kap. 3.1.3.12.1), aber auch des vergleichsweise geringen Bedarfs an Stahl vor 1950 (vgl. Kap. 3.1.3.1.4), wird im Folgenden angenommen, dass vor 1950 kein quantitativ nennenswerter Bedarf an Niob- und Tantalern vorlag, sodass auch ihre technische Aufbereitung keine Rolle gespielt haben dürfte. Der absolute Erzbedarf wird also mit ca.

$$0,022 \cdot 10^6 \text{t}$$

angenommen.

3.1.3.12.5 *Schlussfolgerungen*

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Niob und Tantal ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 4000 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.12.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $0,022 \cdot 10^6$ t (Kap. 3.1.3.12.4) eine absolute Menge von

ca. $0,09 \cdot 10^6$ t.

3.1.3.13. *Titan*

3.1.3.13.1 *Verwendung*

Titan ist ein vergleichsweise häufiges Element der Erdkruste – es liegt an 9. Stelle in der Häufigkeitsliste der Elemente – und wurde bereits 1791 isoliert dargestellt. Eine großtechnische Gewinnung war aufgrund der Trägheit des Ausgangsmaterials (TiO_2) lange Zeit nicht möglich. Daher wird Titan auch, obwohl sein Schmelzpunkt „nur“ bei etwa 1668°C liegt, dennoch zu den Refraktärmetallen gezählt. Mit Entwicklung des „Krollverfahrens“ in den Jahren 1928 – 1937 wurde die großtechnische Gewinnung möglich /Ullmann, Bd. 23, 1982/.

Die Bedeutung liegt vor allem in dem sehr günstigen Festigkeit/Dichte-Verhältnis bei Temperaturen bis 350°C , was Titanlegierungen zu einem überaus guten Werkstoff im Flugzeugbau (insbesondere für Flugzeugturbinenschaufeln) macht. Darüber hinaus zeigen sich Titanlegierungen als sehr korrosionsbeständig und unmagnetisch /Winnacker und Küchler, 1986/.

3.1.3.13.2 Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen

Titan wird überwiegend aus dem Erz Ilmenit (FeTiO_3) und in kleineren Mengen aus dem Erz Rutil (TiO_2) gewonnen. Handelsübliche Erzkonzentrationen sind im Fall von Ilmenit 54%, bei Rutilerzen werden 90 – 95% erreicht /Winnacker und Kuchler, 1986/.

Titan wird, obwohl sein Schmelzpunkt „nur“ bei etwa 1668°C liegt, dennoch zu den Refraktärmetallen gezählt, da für das Ausgangsmaterial (TiO_2) ein gewöhnlicher Röstvorgang nicht wirtschaftlich möglich ist.

Zur Gewinnung von Titan muss zunächst TiO_2 als Ausgangsmaterial vorliegen. Bei Verwendung von Rutilerzen können diese direkt verwendet werden, bei Verwendung von Ilmeniterzen wird zunächst im Lichtbogen eine Schlacke erzeugt, die bei einem Titangehalt von 54% im Konzentrat einen TiO_2 -Gehalt von 80% aufweist. Das TiO_2 wird nun gemäß



bei $800 - 1000^\circ\text{C}$ zu TiCl_4 chloriert. Zur Gewinnung reinen Titanmetalls steht die Reduktion mit Magnesium (Kroll-Verfahren) oder mit Natrium (Hunter-Verfahren) zur Verfügung.

NORM-relevante Reststoffe entstehen vor allem beim Chlorieren des TiO_2 . Da neben TiCl_4 als Reaktionsprodukt nur Kohlenmonoxid entsteht, ist die Menge der entstehenden Reststoffe durch den Titangehalt der Erze bestimmt. Aufgrund des überwiegenden Einsatzes von Ilmenit ist mit

460 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

zu rechnen.

3.1.3.13.3 Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.12 tabellarisch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 20 dargestellten Verlauf.

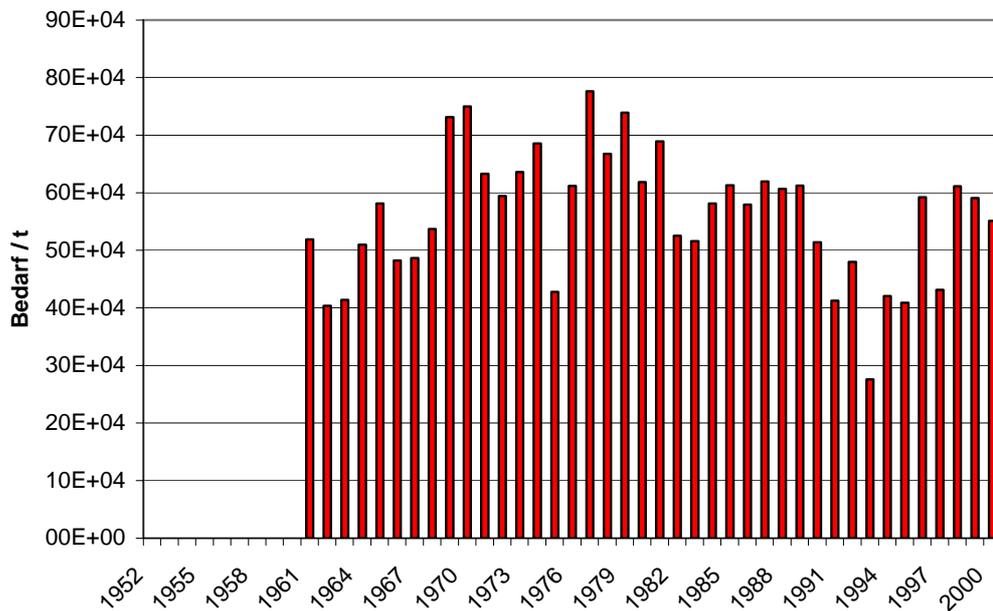


Abb. 20: Titanerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Titanerzen von 1952 – 2000 auf

$$22 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.13.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Da erst zu Beginn der 30er Jahre eine großtechnische Gewinnung von Titan überhaupt möglich wurde (vgl. Kap. 3.1.3.13.1) und die 40er Jahre durch Krieg und Nachkriegswirren gezeichnet waren, ist vor 1950 keine quantitativen Gewinnung von Titan aus seinen Erzen zu erwarten. Der absolute Erzbedarf wird mithin mit ca.

$$22 \cdot 10^6 \text{t}$$

angenommen.

3.1.3.13.5 *Schlussfolgerungen*

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Titan und Titanlegierungen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 460 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.13.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $22 \cdot 10^6$ t (Kap. 3.1.3.13.4) eine absolute Menge von

ca. $10 \cdot 10^6$ t.

3.1.3.14. *Wolfram*

3.1.3.14.1 *Verwendung*

Wolfram hat mit 3420°C den höchsten Schmelzpunkt aller Metalle und ist zudem eines der schwersten. Wolframerze wurden schon früh (1583 durch L. Ercker) beschrieben, da sie den Bergleuten als schädliche Erze galten, die das Ausbeuten des Zinnerzbaus schmälerten. Die Darstellung reinen Wolframs gelang aber schließlich erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts /Winnacker und Küchler, 1986/. In den Jahren 1917 – 1923 wurde Wolframcarbid-Hartmetall als geeigneter Werkstoff für Schneidwerkzeuge entdeckt. Seitdem ist die technische Bedeutung von Wolfram ungebrochen.

Die wichtigsten Anwendungen findet Wolfram als Metall im Hochtemperaturbereich, beispielsweise als Glühlampendraht, und bei der Herstellung von Hartmetallen, beispielsweise für Schneidwerkzeuge. Als Ferrowolfram findet Wolfram Verwendung bei der Veredelung (Härtung) von Stählen /Ullmann, Bd. 24, 1982/.

3.1.3.14.2 *Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen*

Es gibt zwei Gruppen von Wolframerzen: die Wolframitgruppe und die Scheelitgruppe. Ein häufiges Mineral der Wolframitgruppe ist das der Gruppe den Namen gebende Wolframit

(Fe,Mn)WO₄, ein häufiges Mineral der Scheelitgruppe ist das der Gruppe den Namen gebende Scheelit CaWO₄. Generell enthalten handelsübliche Erzkonzentrate 65% WO₃, also ca. 52% Wolfram.

Je nach Art der vorliegenden Erze unterscheiden sich die Aufbereitungsverfahren: Wolframiterze können entweder durch ein Soda-Röstverfahren oder mit Natronlauge aufgeschlossen werden, Scheeliterze mittels Salzsäure oder Drucklaugung mit Soda. Bei jedem Verfahren entstehen andere Mengen an Reststoffen. Im Folgenden werden sie kurz dargestellt:

Aufschluss von Wolframiterzen mittels des Soda-Röstverfahrens:

Das Wolframitkonzentrat wird bei 800 – 900°C mit Soda gemäß



zur Reaktion gebracht. Bei Annahme eines WO₃-Gehalts von 65% ergibt sich eine spezifische Reststoffmenge von

370 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

Aufschluss von Wolframiterzen mit Natronlauge:

Das Wolframitkonzentrat wird gemäß



zur Reaktion gebracht. Bei Annahme eines WO₃-Gehalts von 65% ergibt sich eine spezifische Reststoffmenge von

400 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

Aufschluss von Scheeliterzen mittels Salzsäure:

Das Scheelitkonzentrat wird gemäß



zur Reaktion gebracht. Bei Annahme eines WO₃-Gehalts von 65% ergibt sich eine spezifische Reststoffmenge von

500 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

Aufschluss von Scheeliterzen mittels Drucklaugung mit Soda:

Das Scheelitkonzentrat wird gemäß



zur Reaktion gebracht. Bei Annahme eines WO_3 -Gehalts von 65% ergibt sich eine spezifische Reststoffmenge von

470 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

Bei Annahme einer gleichhäufigen Anwendung aller vier Verfahren ergibt sich eine mittlere spezifische Reststoffmenge von 435 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat. Da es sich hierbei lediglich um eine Schätzung handelt, wird im Folgenden konservativ mit einer spezifischen Reststoffmenge von

500 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat

gerechnet.

3.1.3.14.3 *Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung*

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.13 tabellarisch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 21 dargestellten Verlauf.

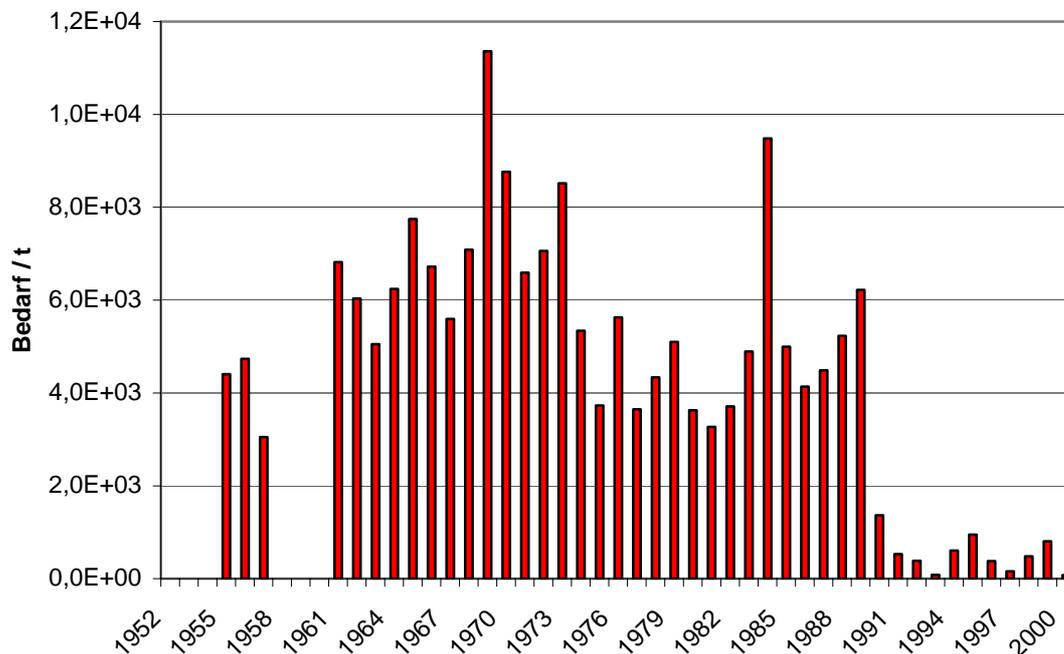


Abb. 21: Wolframerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Wolframerzen von 1952 – 2000 auf

$$0,19 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.14.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Aufgrund der im Vergleich mit anderen Refraktärmetallen frühen Bedeutung von Wolfram in der Technik (ab ca. 1920 als Werkstoff für Schneidwerkzeuge; vgl. Kap. 3.1.3.13.1) wird zur Abschätzung des absoluten Bedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland gegenüber dem Bedarf seit 1950 eine um den Faktor 1,5 größere Menge angenommen. Der absolute Erzbedarf wird somit zu ca.

$$0,29 \cdot 10^6 \text{t}$$

abgeschätzt.

3.1.3.14.5 *Schlussfolgerungen*

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Wolfram und Wolframlegierungen ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 500 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.14.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $0,29 \cdot 10^6$ t (Kap. 3.1.3.14.4) eine absolute Menge von

ca. $0,15 \cdot 10^6$ t.

3.1.3.15. *Zirkonium und Hafnium*

3.1.3.15.1 *Verwendung*

Zirkonium- und Hafniumerze treten in der Natur ähnlich vergesellschaftet auf wie Niob- und Tantalserze. Auch sie zeichnen sich durch hohe Schmelzpunkte und die Schwierigkeit aus, die beiden Metalle im Zuge der Aufbereitung zu trennen. Dennoch gelang es Berzelius bereits 1824 reines Zirkonium in Labormengen zu gewinnen. Da aber keine Eigenschaften festgestellt werden konnten, die diesem neu entdeckten Metall eine besondere Rolle zugewiesen hätten, wurde nicht nach einer Verbesserung in der Gewinnung geforscht. Erst 1925 entwickelten van Arckel und De Boer ein Verfahren, mit dem eine großtechnische Gewinnung möglich gewesen wäre. Dennoch stiegen die Produktionsmengen von Zirkonium und Hafnium bis 1950 nicht nennenswert an /Ullmann, Bd. 24, 1982/.

Bedeutung erlangten die beiden Metalle mit der Entwicklung der friedlichen Nutzung der Kerntechnik. Die hervorstechende Eigenschaft von Zirkonium ist ein geringer Absorptionsquerschnitt für thermische Neutronen, während sich Hafnium durch einen hohen Einfangquerschnitt für thermische Neutronen auszeichnet /Winnacker und Küchler, 1986/. Entsprechend findet Zirkonium seinen Einsatz bei der Herstellung von Brennelement-Hüllrohren /Ullmann, Bd. 24, 1982/ und Hafnium bei der Anfertigung von Steuer- und Kontrolleinrichtungen /Ullmann, Bd. 12, 1982/.

3.1.3.15.2 Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen

Als Erz für die Zirkonium-, bzw. Hafniumgewinnung dienen fast ausschließlich Sande mit dem Mineral Zirkon ($ZrSiO_4$); in geringem Maße wird auch Baddeleyit (ZrO_2) zur Gewinnung von Zirkonium und Hafnium verwendet. In beiden Fällen tritt Hafnium als Verunreinigung auf. Handelsübliche Konzentrate besitzen 65% ZrO_2 -Gehalt, d.h. 48% Zirkoniumgehalt.

Die Zirkoniumgewinnung folgt einem ähnlichen Prozess wie die Titangewinnung (vgl. Kap. 3.1.3.13.2): Bei ca. 1000°C wird Zirkon in Gegenwart von Kohlenstoff chloriert. Es entsteht Zirkontetrachlorid, Siliziumtetrachlorid und Kohlenmonoxid gemäß



Aufgrund der hohen Sublimationstemperatur von $ZrCl_4$ lassen sich Titan-, Silizium-, Aluminium- und Eisenverunreinigungen in diesem Zustand leicht in Form ihrer Chloride abtrennen.

Zur Herstellung des reinen Zirkonium- bzw. Hafniummetalls wird das Krollverfahren analog dem zur Titangewinnung angewandt. Stöchiometrische Betrachtungen führen zu einer spezifischen Reststoffmenge von

920 kg Reststoffe je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat.

3.1.3.15.3 Bedarf in der Bundesrepublik Deutschland seit deren Gründung

Die Förder-, Import- und Exportmengen entsprechend den Fachveröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (/BGR, 1996/, /Destatis FS 4/, /Destatis FS 7/) sind in Anhang A 1.14 tabellarisch aufgelistet. Der nach Gleichung [1] errechnete Bedarf zeigt nach Berücksichtigung der Teilung Deutschlands mittels Gleichung [2] den in Abb. 22 dargestellten Verlauf.

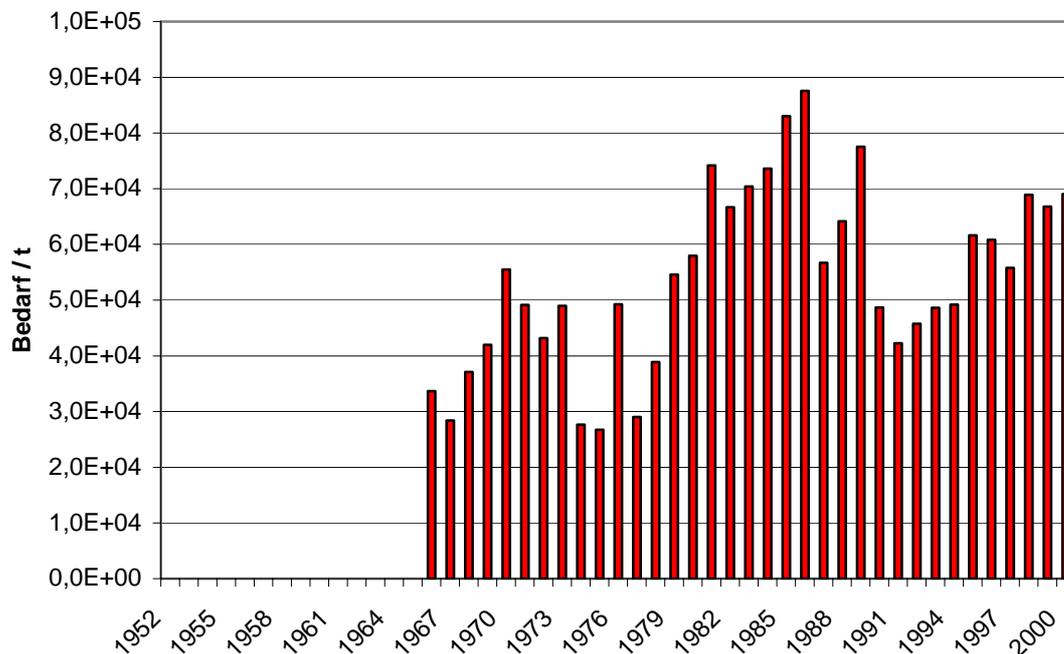


Abb. 22: Zirkoniumerz-Bedarf (berechnet) auf dem heutigen Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1952 – 2000

Somit beläuft sich der gesamte Bedarf an Zirkoniumerzen von 1952 – 2000 auf

$$1,9 \cdot 10^6 \text{t.}$$

3.1.3.15.4 Absoluter Bedarf auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland

Da die Metalle Zirkonium und Hafnium ausschließlich in der Kerntechnik größere technische Bedeutung erlangt haben, ist mit einem Bedarf an den Erzen dieser Metalle vor 1950 nicht zu rechnen. Der absolute Erzbedarf wird mithin mit ca.

$$1,9 \cdot 10^6 \text{t}$$

angenommen.

3.1.3.15.5 Schlussfolgerungen

Für die Ermittlung der zu erwartenden in der Bundesrepublik sich befindlichen Reststoffmengen aus der Erzeugung von Zirkonium und Hafnium ergibt sich aufgrund der Abschätzung der spezifischen Reststoffmenge von 920 kg je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat (Kap. 3.1.3.15.2) und des absoluten Erzbedarfs auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland von $1,9 \cdot 10^6$ t (Kap. 3.1.3.15.4) eine absolute Menge von

ca. $1,7 \cdot 10^6$ t.

3.1.4 Stoffströme bei der Gewinnung von Erdöl und Erdgas

Die Angaben über das betriebliche Aufkommen von Schalen aus der Erdgas und Erdölförderung schwanken zwischen 1 Mg/a bis zu 1000 Mg/a. Die Hälfte der Werte liegt zwischen 1 Mg/a und 10 Mg/a. Für Schlämme ergeben sich Unterschiede bei On-Shore-Anlagen und Off-Shore-Anlagen. Bei On-Shore-Anlagen ergeben sich je Fördereinrichtung ca. 50 m³/a und bei Off-Shore-Anlagen ca. 400 m³/a.

Das Volumen der Schlämme wird durch Eindicken auf ein Fünftel des Volumens reduziert.

Tab. 14 enthält Angaben zur Erdgas und Erdölförderung mit den jeweiligen Bohrleistungen aus den Jahren 1997 bis 2001.

Tab. 14: Erdgas - und Erdölförderung in der BRD 1997-2001

	1997	1998	1999	2000	2001
Erdgasförderung (Mrd. m³)					
- Inland	20,4	19,9	21,2	20,1	20,3
-Ausland	4,1	3,8	3,8	3,8	4,8
Erdölförderung (Mio. t)					
-Inland	2,8	2,9	2,7	3,1	3,4
-Ausland	17,8	18,0	17,6	17,3	18,8
Bohrleistung im Inland (km)	82,8	85,9	68,2	41,4	54,0
Reserven im Inland					
-Erdgas (Mrd. m ³)	347,5	339,5	325,6	342,3	319,8
-Erdöl (Mio. t)	53,0	48,7	51,8	49,7	46,7
Mitarbeiter (Anzahl)	6.587	6.494	6.022	5.984	5.902

Tab. 15: Erdölförderung 1991 bis 1995 alte und neue Bundesländer /BGR, 1995/

Jahr	Zahl der Betriebe	Verwertbare Förderung oder Erzeugung (Mg)	Beschäftigte
1991	-	3.487,618	-
1992	-	3.303,634	-
1993	-	3.052,641	-
1994	115	2.946,290	5.577
1995	-	2.958,794	-

Tab. 16: Erdölförderung 1950 bis 1995 alte Bundesländer /BGR, 1995/

Jahr	Zahl der Betriebe	Verwertbare Förderung oder Erzeugung (Mg)	Beschäftigte
1950	78	1.118.638	8.772
1951	68	1.366.652	10.680
1952	75	1.755.406	11.554
1953	82	2.188.696	12.319
1954	90	2.666.314	13.013
1955	102	3.147.234	13.336
1956	125	3.506.219	14.027
1957	108	3.959.641	14.702
1958	117	4.431.596	14.587
1959	129	5.102.758	14.285
1960	129	5.529.892	13.261
1961	130	6.204.458	12.387
1962	138	6.776.353	11.418
1963	140	7.382.712	10.340
1964	138	7.672.618	9.573
1965	141	7.883.893	8.005
1966	127	7.868.217	8.082
1967	138	7.927.193	7.494
1968	124	7.982.136	5.663
1969	121	7.875.727	5.663
1970	123	7.535.221	5.533
1971	123	7.420.354	5.211
1972	122	7.107.311	5.387
1973	122	6.637.661	6.033
1974	120	6.191.064	6.016
1975	121	5.741.386	6.482
1976	121	5.524.257	6.668
1977	129	5.401.139	6.836
1978	131	5.058.943	7.087
1979	131	4.773.515	7.230
1980	143	4.631.342	7.398
1981	146	4.458.967	7.761
1982	149	4.255.758	8.234
1983	132	4.115.854	8.652
1984	135	4.055.380	8.814
1985	145	4.105.151	9.035
1986	148	4.017.044	8.546
1987	140	3.792.834	7.504
1988	138	3.937.495	6.997
1989	135	3.770.086	6.401
1990	136	3.605.627	6.462
1991	133	3.423.822	6.199

1992	128	3.225.555	5.950
1993	117	2.979.080	5.687
1994	101	2.873.116	5.406
1995	-	2.906.254	-

Tab. 17: Erdölförderung Neue Bundesländer von 1970 bis 1995 /BGR, 1995/

Jahr	Zahl der Betriebe	Verwertbare Förderung oder Erzeugung (Mg)	Beschäftigte
1970	-	22.000	-
1975	-	56.500	-
1980	-	54.000	-
1985	-	38.700	-
1986	-	37.550	-
1987	-	37.342	-
1988	-	38.491	-
1989	-	43.605	-
1990	-	54.000	-
1991	-	63.796	-
1992	-	78.079	-
1993	-	73.561	-
1994	14	73.174	171
1995	-	52.540	-

Tab. 18: Erdgasförderung 1991 bis 1995 alte und neue Bundesländer /BGR, 1995/

Jahr	Zahl der Betriebe	Verwertbare Förderung (1000m ³)	verwertet (1000m ³)	Beschäftigte
1991	-	21.178.677	-	-
1992	-	20.936.478	-	-
1993	-	20.330.271	-	-
1994	140	20.441.894	19.226.951	-
1995	-	21.448.739	-	-

Tab. 19: Erdgasförderung neue Bundesländer von 1970 bis 1995 /BGR, 1995/

Jahr	Zahl der Betriebe	Verwertbare Förderung (1000m ³)	Verwertet (1000m ³)	Beschäftigte
1970	-	1.100.000	-	-
1975	-	7.231.000	-	-
1980	-	8.336.000	-	-
1985	-	12.655.000	-	-
1986	-	12.876.800	-	-
1987	-	12.806.300	-	-
1988	-	11.464.900	-	-
1989	-	9.993.500	-	-
1990	-	6.713.000	-	-
1991	-	4.944.046	-	-
1992	-	4.337.399	-	-
1993	-	3.382.777	-	-
1994	4	2.714.795	2.717.261	400
1995	-	3.004.875	-	-

Tab. 20: Erdgasförderung neue Bundesländer von 1950 bis 1995 /BGR, 1995/

Jahr	Zahl der Betriebe	Verwertbare Förderung (1000m³)	Verwertet (1000m³)	Beschäftigte
1950	14	67.562	-	203
1951	17	83.552	83.552	254
1952	21	96.256	96.256	267
1953	27	106.665	-	438
1954	38	149.941	-	459
1955	14	239.568	-	604
1956	68	461.025	-	675
1957	14	357.126	-	638
1958	27	343.838	340.948	736
1959	31	387.625	381.348	688
1960	32	447.728	444.993	733
1961	42	481.232	473.798	733
1962	47	616.492	611.375	728
1963	54	914.994	895.768	714
1964	64	1.456.815	1.407.805	825
1965	78	2.220.727	2.168.476	1.015
1966	65	2.814.853	2.770.181	1.135
1967	73	3.713.763	3.674.852	996
1968	74	5.785.767	5.728.652	846
1969	78	8.187.296	8.136.871	796
1970	81	11.976.993	11.859.927	821
1971	87	14.789.254	14.574.870	500
1972	99	17.160.886	16.994.220	138
1973	116	18.853.559	18.474.082	44
1974	121	19.732.368	19.322.495	
1975	124	17.839.567	17.481.296	
1976	124	18.409.716	17.958.486	
1977	122	18.847.652	17.917.215	
1978	124	20.232.320	19.066.086	
1979	133	20.362.009	19.200.514	
1980	144	18.661.643	17.475.346	
1981	142	19.047.511	17.790.260	
1982	149	16.573.033	15.114.374	
1983	128	17.490.807	16.126.474	
1984	120	18.336.220	16.774.045	
1985	131	18.336.408	16.774.045	
1986	123	15.247.451	13.655.401	
1987	125	17.484.455	15.776.809	
1988	130	16.317.071	14.662.632	
1989	134	16.020.500	14.554.111	
1990	138	15.833.373	14.554.433	
1991	134	16.234.631	14.903.806	
1992	134	16.599.079	15.299.066	
1993	132	16.947.494	15.606.711	
1994	136	17.700.099	16.509.690	
1995	-	18.443.864	-	

Im Jahre 2002 wurden durch die Firma GMR Dresden, Demercurisierung von Schlämmen, 58,8 Mg Schlämme aus der Erdgasförderung demercurisiert. Dabei wird das Quecksilber aus den Schlämmen als Wertstoff zurückgewonnen und die Rückstände werden mit Geopolymer immobilisiert /Schulz, 2003/.

Entsorgungswege für Anlagenteile mit Inkrustierungen sind gemäß /Schulz, 2003/:

- die Abgabe von Rückständen mit A (Ra-226) > 500 Bq/g zu AEA Technology Braunschweig (hauptsächlich quecksilberhaltige Rückstände aus Behältern etc.)
- die „Lagerhaltung“ bei den Erdgasproduzenten
- das Einschmelzen von Rohren und Anlagenteilen bei Fa. Simpelkamp, Krefeld
- das Verpressen von Rückständen (in Zukunft nicht mehr möglich)

Tab. 21 enthält Angaben zu den Stoffströmen bei der Demercurisierung von Schlämmen.

Tab. 21: Stoffstrom Demercurisierung GMR, Dresden im Jahre 2002 /Schulz, 2003/

Stoff	Masse in Mg in 2002	²²⁶ Ra in Bq/g
Angelieferte Schlämme	58,8	10,9
Demercurisierte Schlämme	43	14,8
Mit Geopolymer immobilisiert	84	7,6
Gewonnenes Quecksilber	Ca. 9	

3.2 Eine alternative Herangehensweise zur Ermittlung der absoluten Reststoffmengen aus der Gewinnung von Metallen

3.2.1 Methoden und Datenquellen

Um die Ergebnisse der oben dargestellten Abschätzungen auch bewerten und validieren zu können, wurde für eine Vielzahl von Metallen noch ein zweiter Weg der Ermittlung der absoluten Reststoffmengen aus der Gewinnung von Metallen auf der Fläche der heutigen Bundesrepublik Deutschland angestrebt: Mithilfe von Recherchen historischer Statistiken sollten die gesuchten

Werte erlangt werden. Die generelle Herangehensweise blieb hierbei dieselbe wie oben: Aus den historischen Daten sind Import, Export und Förderung der jeweiligen Erze, sofern möglich nach Jahren, zu ermitteln. Aus diesen wird gemäß Formel 1, $m_{\text{Bedarf}} = m_{\text{Förderung}} + m_{\text{Import}} - m_{\text{Export}}$, der Bedarf errechnet. Mithilfe der in den Kapiteln „Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen“ für jedes Metall dargestellten, spezifischen Verhältnissen von Reststoffmenge je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat lässt sich schließlich aus der über alle Jahre integrierten Gesamtbedarfsmenge die gesamte auf der Fläche der Bundesrepublik Deutschland aufakkumulierte Reststoffmenge ermitteln.

Der wesentliche Unterschied zur obigen Herangehensweise ist das Aufsuchen historischer Statistiken. Eine besondere Quelle stellt dazu die von Fischer, Irsigler, Kaufhold und Ott herausgegebenen Bände der „Quellen und Forschungen zur Historischen Statistik von Deutschland“ dar, wobei insbesondere die Bände VIII, „Statistik der Bergbauproduktion Deutschlands 1850 – 1914“, und XVI, „Statistik der Montanproduktion Deutschlands 1915 – 1985“, zu nennen sind.

Weitere Quellen:

→ Für den Zeitraum vor dem 1. Weltkrieg:

Die insgesamt bedeutendste Quelle bzgl. der Zeit des Kaiserreichs sind die Veröffentlichungen des Kaiserlichen Statistischen Amtes, wobei als die wichtigsten die „Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reichs“ /SVRDKR/ sowie die „Monatshefte zur Statistik des Deutschen Reichs“ /SMRDKR/ der jeweiligen Jahrgänge zu nennen sind. Für die Zeit vor der Reichsgründung 1871 ist die Quellenlage sehr dünn. Es finden sich jedoch Hinweise in den oben genannten Quellen.

Zu Import und Export liefert für den Zeitraum vor dem 1. Weltkrieg der Montanatlas für die damals in Verwendung befindlichen Metalle wertvolle Hinweise /Flegel, 1915/. Es zeigt sich jedoch, dass in dieser Phase industriellen Tuns die Förderung innerhalb des Landes den dominierenden Beitrag leistet.

→ Für den Zeitraum der Weimarer Republik sowie des „Dritten Reichs“:

Für diesen Zeitraum sind die wichtigsten Quellen die Veröffentlichungen des Statistischen Reichsamts, die „Vierteljahreshefte zur Statistik des Deutschen Reichs“ /SVJDR/ der jeweiligen Jahrgänge.

Hier finden sich auch Werte für den nun an Bedeutung gewinnenden Außenhandel, insbesondere den Import.

→ Für den Zeiträume des 1. und 2. Weltkriegs:

Für den Zeitraum des 1. Weltkriegs liegen die Veröffentlichungen des Kaiserlichen Statistischen Amts in gegenüber Vorkriegszeiten unveränderter Qualität vor. Für den Zeitraum des 2. Weltkriegs Republik ist die Quellenlage wohl aufgrund für den Kriegsdienst abgezogenen Personals sehr vielschichtig. Es finden sich Hinweise auf Fragebögen, die in der Hoffnung auf eine statistische Aufbereitung nach dem Krieg an die verschiedenen Betriebe ausgegeben wurden. Es ist jedoch aufgrund der nicht klaren Definitionen und Notwendigkeiten sowie der nicht mehr zu garantierenden Vollständigkeit all dieser Fragebögen eine Auswertung derselben für die vorliegende Studie nicht sinnvoll.

→ Für die Nachkriegszeit bis zu den Gründungen von BRD und DDR, 1945 - 1949:

Für diesen Zeitraum scheint eine Recherche gänzlich aussichtslos: Aufgrund der zusammengebrochenen staatlichen Überstrukturen, der unterschiedlichen statistische Erhebungen und Aufbereitungen der Besatzungsmächte und des unklaren Verbleibs der Daten bei den Besatzungsmächten kann hier kein Zahlenmaterial ermittelt werden. Es ist aber gerade für diese Zeit auch nicht anzunehmen, dass quantitativ bedeutende Stoffströme flossen.

→ Für die Jahre 1949 – 1990 für die Fläche der damaligen DDR:

Bzgl. der Fläche der ehemaligen DDR in den Jahren 1949-1990 dienen als Quelle die einzelnen Jahrgänge der „Statistischen Jahrbücher der DDR“/SJDDR/ sowie die „Statistisches Jahrbuch der Industrie der Deutschen Demokratischen Republik“ /StaJbIndustrieDDR/. Ein Studium dieser Bücher zeigt jedoch, dass das darin angegebene Zahlenmaterial nur einen repräsentativen Satz bildet und nicht vollständig ist.

3.2.2 Ermittlung der Bedarfsmengen an Metallerzen

Aus den oben dargestellten Quellen ließen sich folgende Bedarfsdiagramme ermitteln:

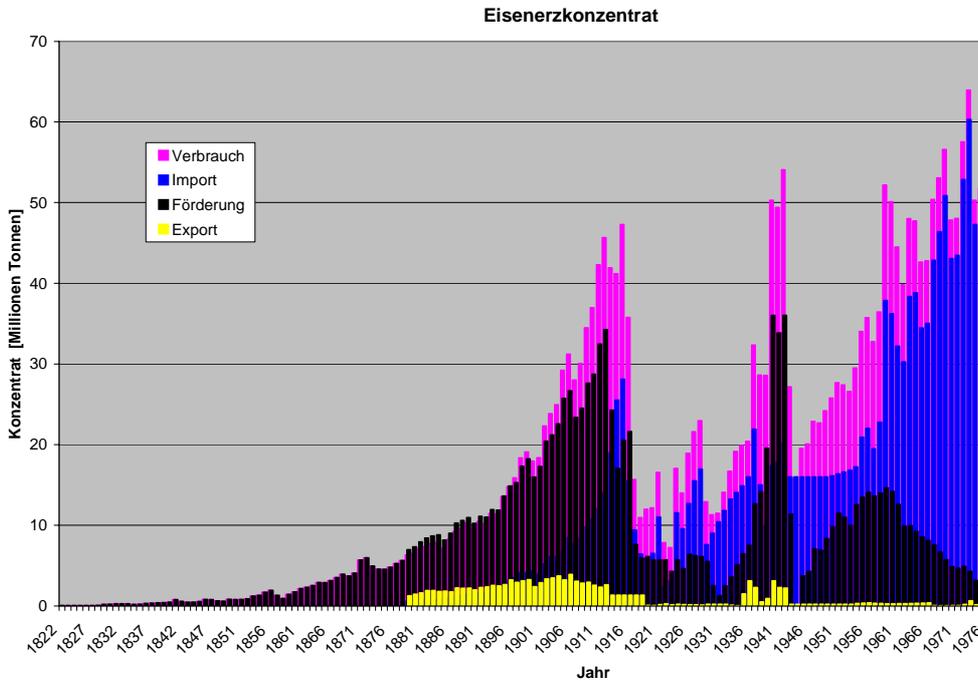


Abb. 23: Die aus historischen Detailrecherchen ermittelten Förder-, Import- und Exportmengen von Eisenerz und der daraus resultierende Verbrauch (=Bedarf)

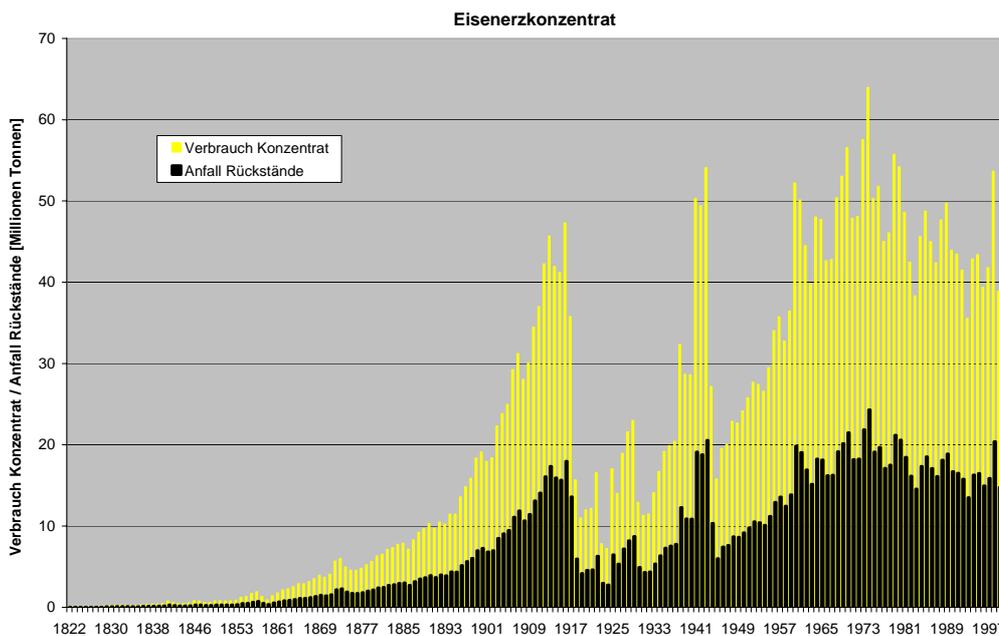


Abb. 24: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Eisenerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall

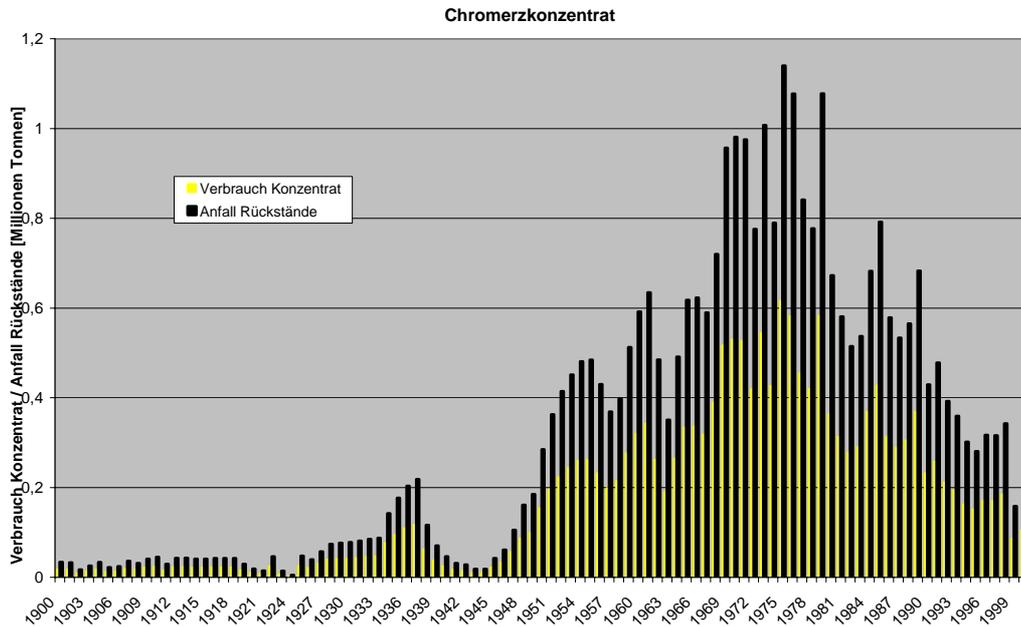


Abb. 25: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Chromerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall

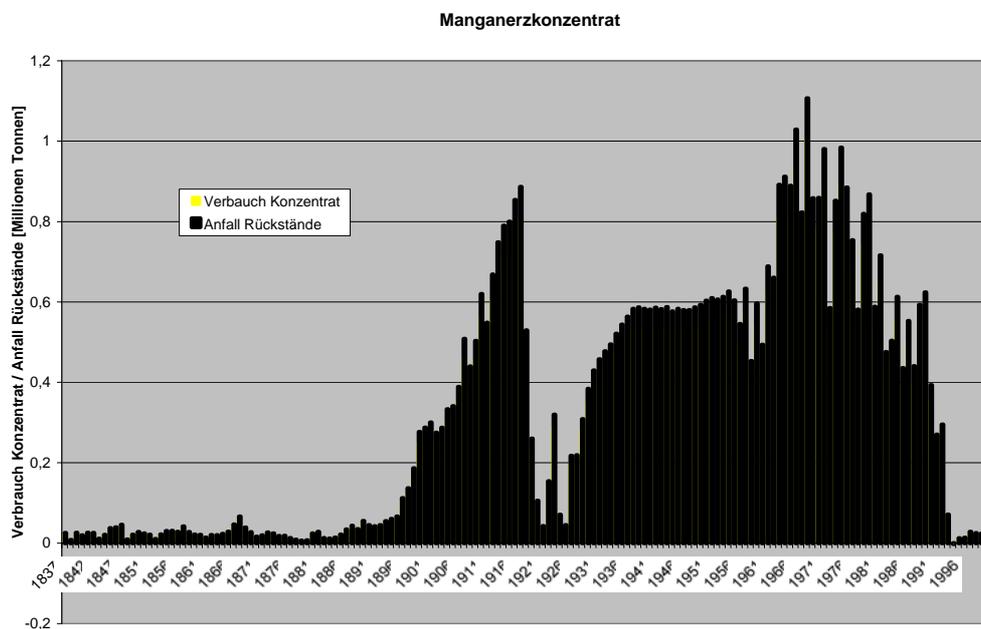


Abb. 26: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Manganerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall

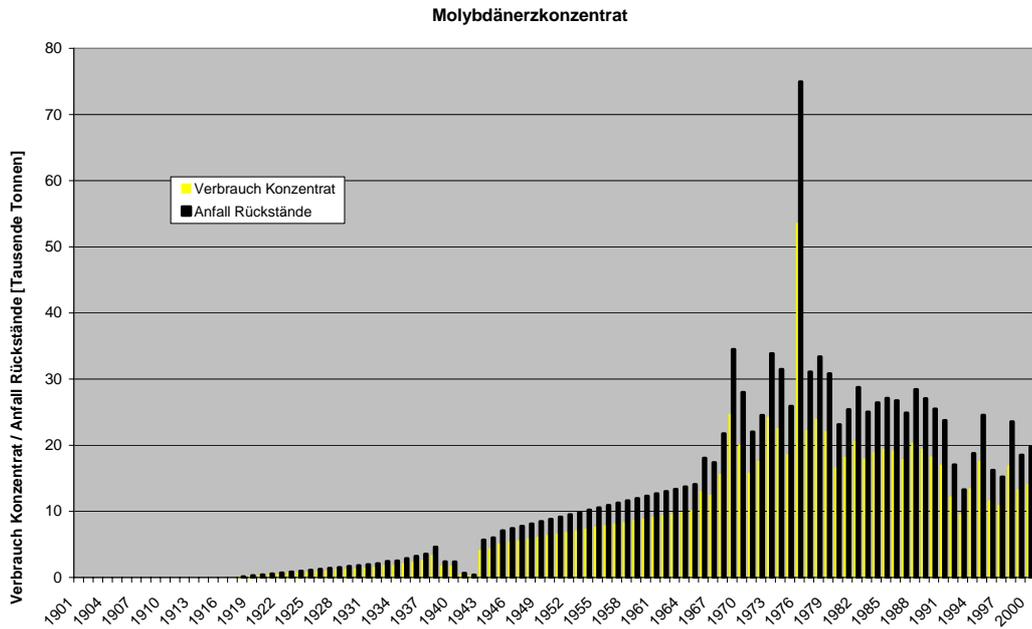


Abb. 27: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Molybdänerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall

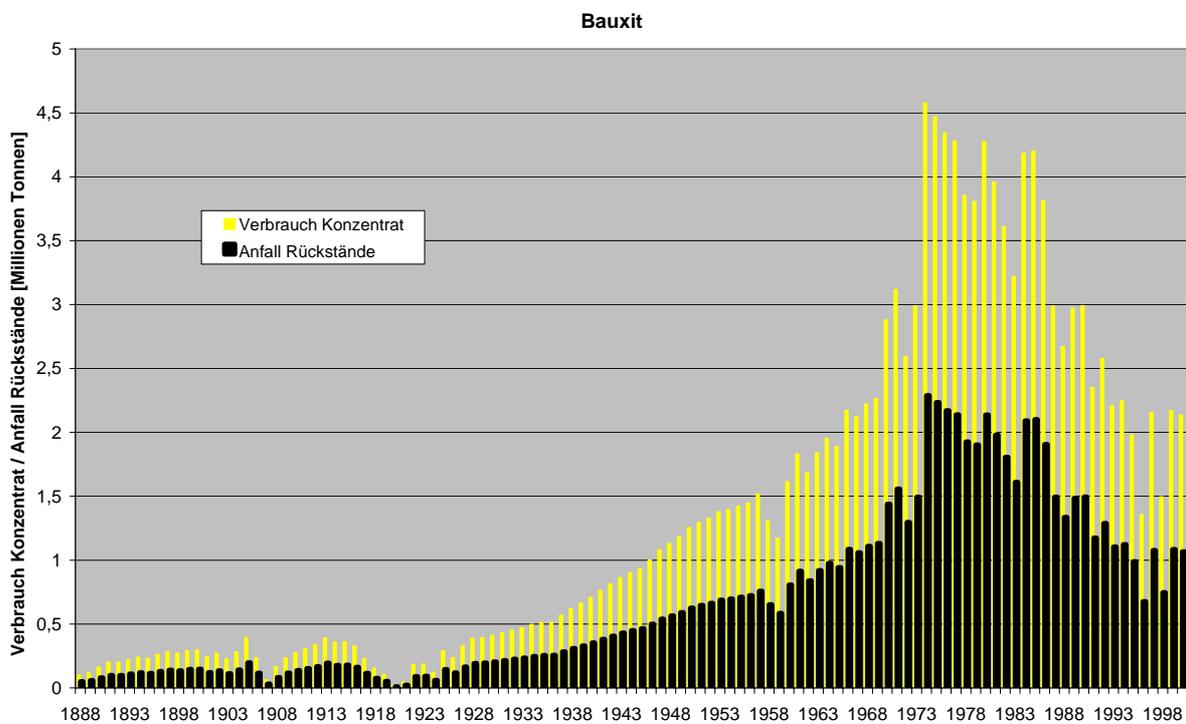


Abb. 28: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Bauxit sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall

Kobalterzkonzentrat

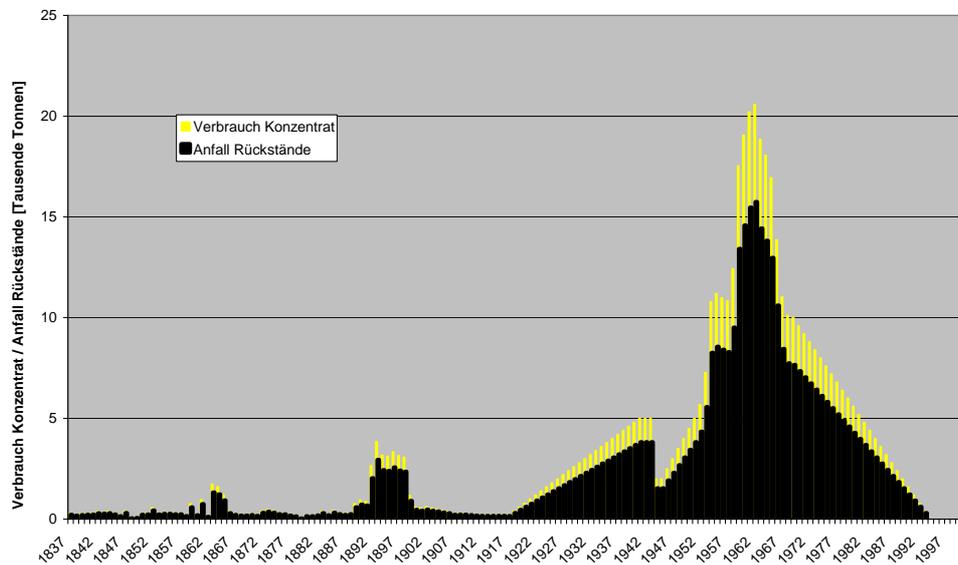


Abb. 29: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Kobalterz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall

Kupfererzkonzentrat

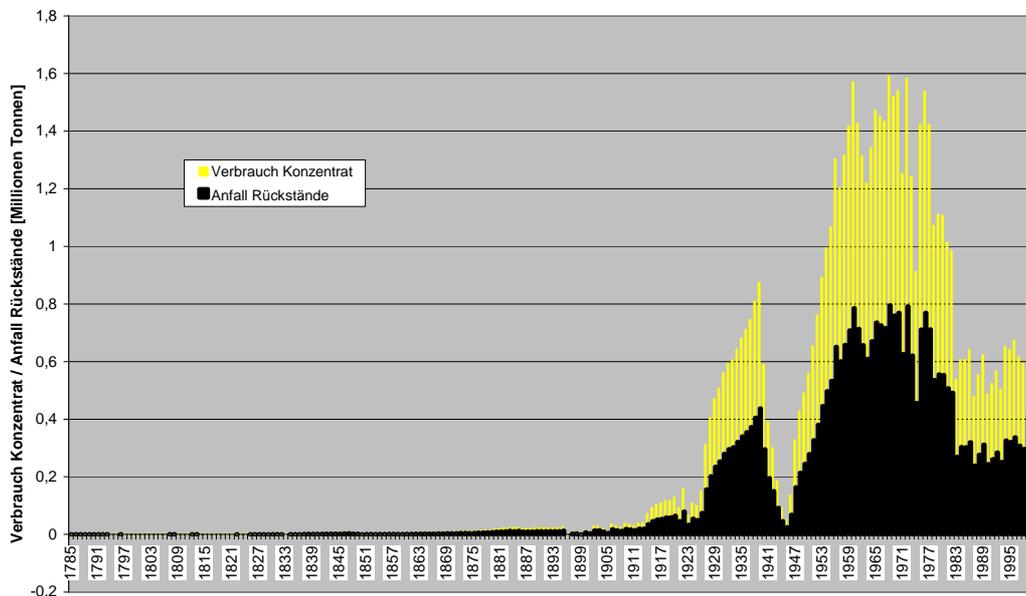


Abb. 30: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Kupfererz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall

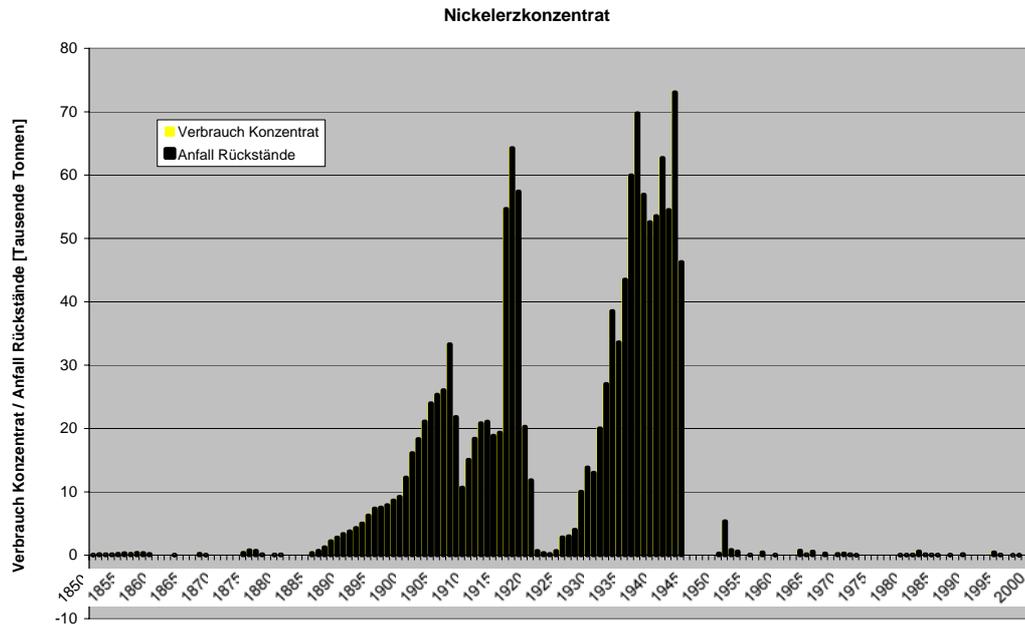


Abb. 31: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Nickelerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall

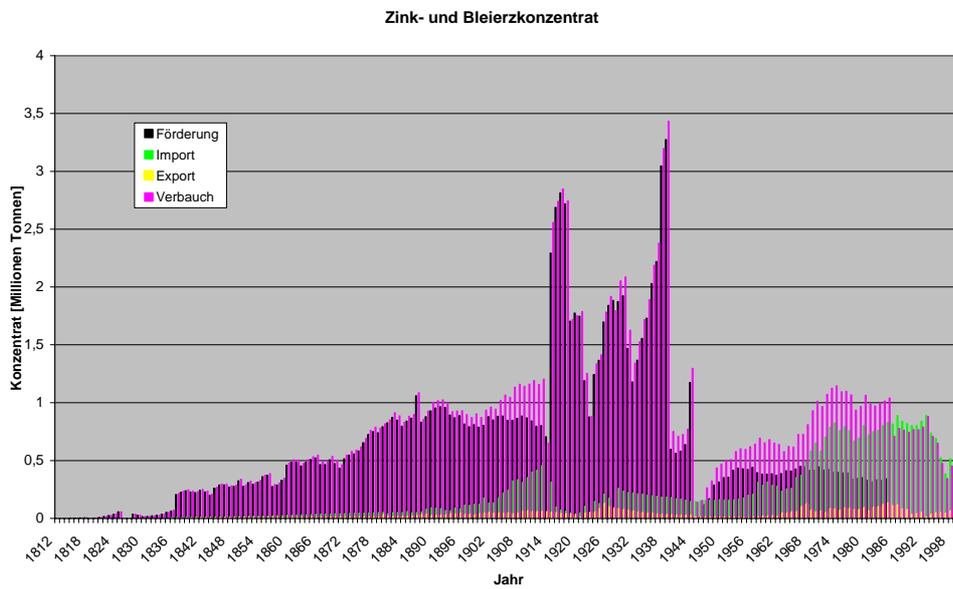


Abb. 32: Die aus historischen Detailrecherchen ermittelten Förder-, Import- und Exportmengen von Zink- und Bleierzen und der daraus resultierende Verbrauch (=Bedarf)

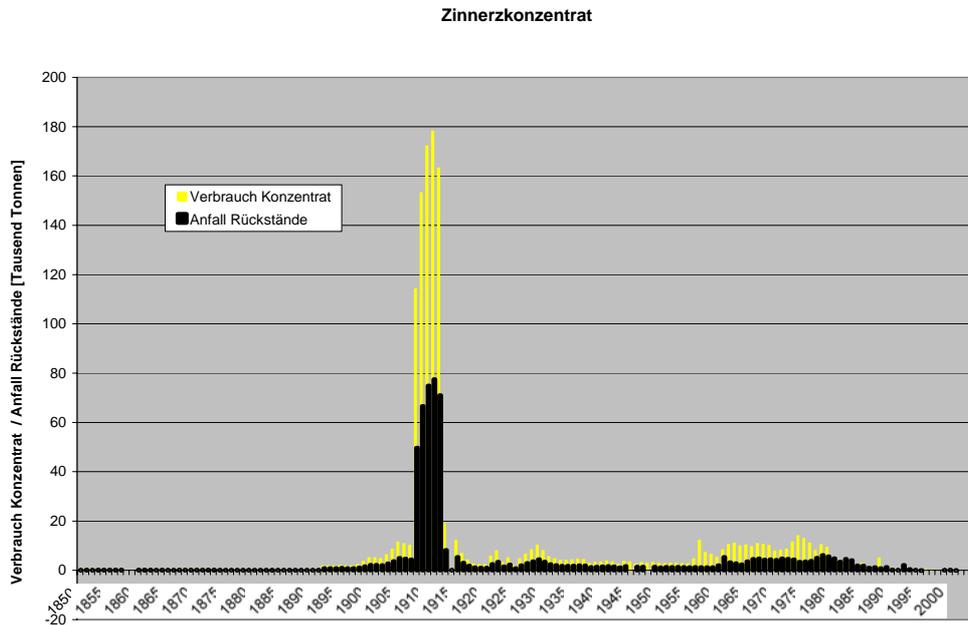


Abb. 33: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Zinnerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall

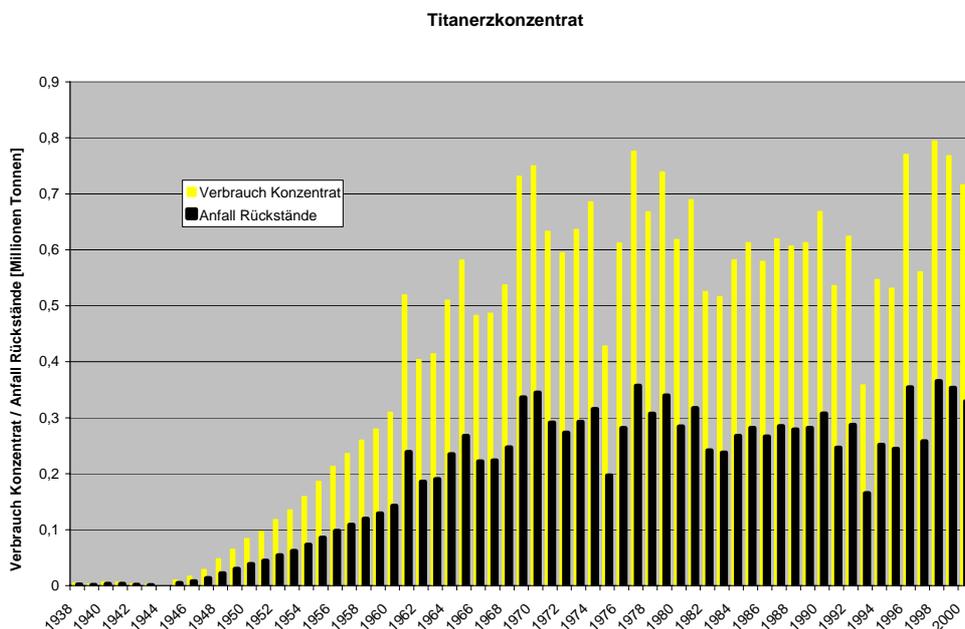


Abb. 34: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Titanerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall

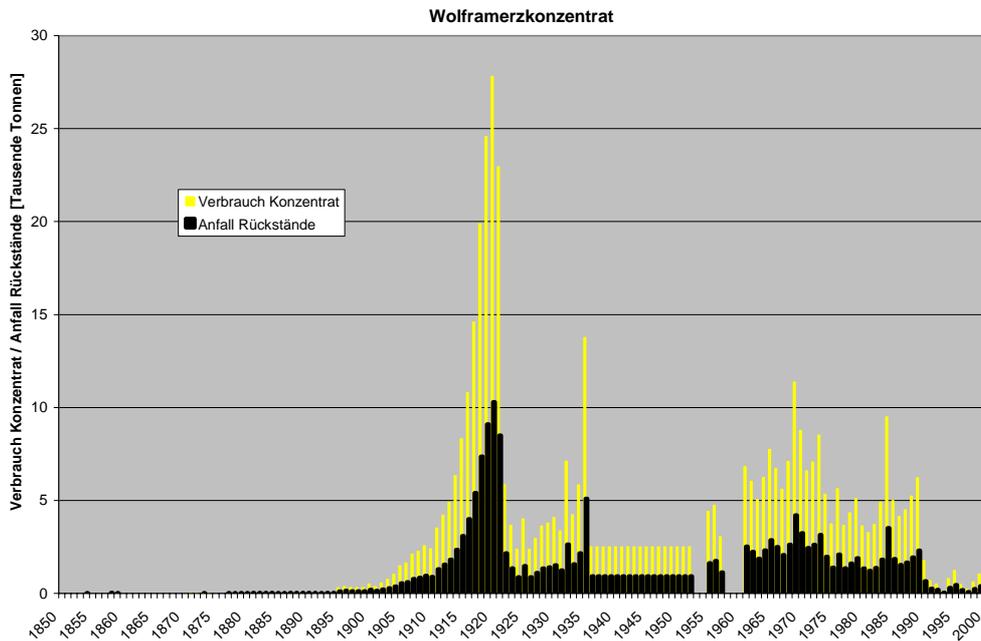


Abb. 35: Der aus historischen Detailrecherchen ermittelte Verbrauch (=Bedarf) an Wolframerz sowie der daraus sich ergebende Rückstandsanfall

3.2.3 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Die Auswertung der in Kap. 3.2.2 dargestellten Bedarfsdiagramme ergibt unter Zuhilfenahme der in den, den jeweiligen Metallen zugehörigen Einzelkapiteln „Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen“ für jedes Metall ermittelten Verhältnisse von Reststoffmenge je t aufgearbeitetes Erzkonzentrat die in Tab. 22 zusammengestellten Rückstandsmengen.

Bei Vergleich der durch historische Einzelrecherchen in der Regel bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts ermittelten Rückstandsmengen mit den mittels Abschätzung ermittelten Mengen (siehe Kap. „Gewinnungsprozesse und zu erwartende spezifische Reststoffmengen“ zu den einzelnen Metallen) zeigt sich, dass bis auf wenige Ausnahmen die Abschätzungen zu in etwa gleichen Werten führen wie die Detailrecherchen. Bei diesen Ausnahmen handelt es sich um Zink, Zinn und Nickel.

Tab. 22: Aufgrund historischer Einzelrecherchen ermittelte Rückstandsmengen

Erz	Rückstandsmenge [t]			
	Beginn der Datenaufzeichnung-1900	1901-1945	1946-jetzt	Gesamtsumme
Eisen	121494055	433419788	879194401	1434108244
Chrom	14800	2502840	29913667	32431307
Mangan	2629483	20679076	20679076	43987635
Molybdän	0	60676	1121818	1182494
Bauxit	1436266	8630558	66975340	77042164
Blei	2681532	2936568	1511859	7129959
Zink	12202834	8151767	4035875	24390476
Kobalt	35592	64632	296766	396990
Kupfer	354617	5656490	26454984	32466091
Nickel	86871	1258080	11164	1356115
Zinn	12960	437611	122287	572858
Titan	0	16637	12079218	12095855
Wolfram	1087	94356	77205	172648
Zirkonium	0	0	2202224	2202224

Für Zink unterschätzt der Schätzwert der Rückstandsmenge den Wert der historischen Detailrecherche um den Faktor 2,9. Der Grund hierin liegt nach Ansicht der Autoren in der Tatsache, dass Zinkerze in der Regel gemeinsam mit Bleierzen gefördert werden. Daher sind diese Erze in den früheren Statistiken (vor 1930) teils gemeinsam aufgeführt. Eine Aufspaltung der statistischen Daten in die Daten der jeweiligen Erze ist somit nicht mehr möglich. Mithin müssen auch im Fall der historischen Detailrecherche Annahmen getroffen werden, die eine hohe Unsicherheit besitzen. Aus dieser heraus lässt sich die vergleichsweise hohe Abweichung verstehen. Der Schätzwert liegt somit möglicherweise „näher an der Wahrheit“ als die Detailrecherche.

Im Fall von Zinn unterschätzt der Schätzwert der Rückstandsmenge den Wert der historischen Detailrecherche um den Faktor 2,3. Der Grund hierin liegt möglicherweise in einer Zusammenführung von verschiedenen Statistiken. Es fällt bei dem Studium der Abb. 33 auf, dass in den Jahren von 1910 bis 1914 ein sehr großer Bedarf an Zinnerzen ermittelt wurde, der den Bedarf der Jahre vorher und nachher um mehr als eine Größenordnung übertrifft. Dieser große Bedarf lässt sich im Rahmen der Möglichkeiten der vorliegenden Studie historisch nicht weiter identifizieren. Es ist aber denkbar, da in diesen Jahren Statistiken teils umgestellt wurden, bzw. verschiedene Quellsätze vorliegen, dass in diesen Jahren Unstimmigkeiten beispielsweise in den Maßbezügen oder in der Erfassung in die damalige Datenerhebung eingingen, die heute im Rahmen einer historischen Detailrecherche nicht mehr feststellbar sind.

Besonders eklatant stellt sich der Unterschied bei Nickel dar. Hier unterschätzt der Schätzwert der Rückstandsmenge den Wert der historischen Detailrecherche um den Faktor 140. Diese Differenz zeigt wohl wirklich die Grenzen des Schätzverfahrens auf, denn das Schätzverfahren legt u. a. den Nickelbedarf der Zeit von 1950 bis 2000 zugrunde. Dieser war durchaus gegeben, jedoch zeigen Untersuchungen der Technologiesgeschichte, dass die Nickelproduktion in der BRD bereits Ende der 40er Jahre eingestellt wurde. D. h., dass der gesamte Nickelbedarf durch Nickel- und nicht durch Nickelerzimporte gedeckt wurde. Dadurch ist eine Schätzung allein für die Jahre seit 1950 mit einer großen Unsicherheit behaftet, die sich durch die Extrapolation in die Vergangenheit noch entsprechend verstärkt.

Eine Zusammenfassung des Vergleichs der Ergebnisse des Schätzverfahrens mit den der historischen Detailrecherche zeigt Tab. 23.

Tab. 23: Vergleich der Ergebnisse aus dem Schätzverfahren und der historischen Detailrecherche

	Recherche- wert [1e+6 t]	Schätzwert [1e+6 t]	mittlerer Schätzwert [1e+6 t]	Verhältnis
Eisen	1400	160 bis 2300	1230	1,1
Chrom	32	22 bis 54	38	0,8
Mangan	44	35 bis 42	38,5	1,1
Molybdän	1,2	0,9 bis 1,1	1	1,2
Bauxit	77	78	78	1,0
Blei	7,1	3,2 bis 5,5	4,35	1,6
Zink	24	2,8 bis 13,5	8,15	2,9
Kobalt	0,4	0,25 bis 0,7	0,475	0,8
Kupfer	32	28 bis 42	35	0,9
Nickel	1,4	0,01	0,01	140,0
Zinn	0,57	0,14 bis 0,35	0,245	2,3
Titan	12	10,3	10,3	1,2
Wolfram	0,17	0,14	0,14	1,2
Zirkonium	2,2	1,7	1,7	1,3

Insgesamt zeigt sich somit, dass das oben vorgestellte und in den Einzelkapiteln zu den verschiedenen Metallen angewandte Schätzverfahren gute Ergebnisse liefert, die in den Fällen von Zink und Zinn möglicherweise sogar „näher an der Wahrheit“ liegen als historische Detailrecherchen. Im Fall von Nickel zeigt sich das Schätzverfahren allerdings als untauglich, da die Rahmenbedingungen, die durch den quantitativ vergleichsweise hohen Anteil an Import des Metalls bestimmt sind, durch das Schätzverfahren nicht abgedeckt sind.

Ergänzend ist festzustellen, dass auch die historischen Detailrecherchen nur scheinbar exaktes Zahlenmaterial liefern, da sich zeigte, dass ein geschlossener Datensatz für Förderung, Import und Export von Erzen, nach Möglichkeit bis zum Beginn der Erzförderung bzw. Metallgewinnung, nicht zu erhalten ist. Dies liegt zum Einen daran, dass die verschiedenen Statistiken Lücken aufweisen, zum Anderen an Veränderungen des Erhebungsgebietes oder der Erhebungszahlen oder auch Maßeinheiten. Daher müssen Inter- und Extrapolationen durchgeführt werden und Annahmen getroffen werden (z. B. bzgl. Mengenverhältnissen), die ihrerseits mit Unsicherheiten behaftet sind.

Die historische Detailrecherche zeigt allerdings, dass die Grundannahme des Schätzverfahrens, der Anteil der Erzaufbereitung vor 1850 hätte quantitativ verglichen mit dem seither keine große Rolle gespielt, richtig ist.

3.3 Bewertung der radiologischen Relevanz von NORM-Hinterlassenschaften aufgrund des in der Bundesrepublik Deutschland vorliegenden Massenaufkommens

Die historische Recherche der integralen (d. h. über die alle Zeiträume industriellen Handelns aufakkumulierten) Massenaufkommen an Reststoffen zeigt sowohl für Rückstände aus der Steinkohlegewinnung als auch für Rückstände aus der Metallgewinnung wie auch aus der Erdöl- und Erdgasförderung erhebliche Reststoffaufkommen.

Für die Steinkohle wurden im Rahmen des Teil 1 der vorliegenden Studie lediglich Förderzahlen ermittelt. Eine genaue Untersuchung der daraus entstehenden Rückstandsmengen erfolgt im Teil 3a. Die Ermittlung der Förderzahlen lässt aber bereits auf eine Gesamtmenge der auf der heutigen Fläche der Bundesrepublik Deutschland geförderten verwertbaren Steinkohle in der Größenordnung von $10 \cdot 10^9$ t. schließen (vgl. Tab. 10). Die Zahlen aus der Verbrennung von Kohle zur Stromerzeugung für das Jahr 1980 (vgl. Kap. 3.1.2) allein lässt auf eine Aschemenge von mehreren 100 Mio. t schließen. Wenn nun auch ein Teil der Kohle der Hausfeuerung diente und somit nicht einer zentralisierten Entsorgung zugeführt wurde, fand dennoch ein großer Anteil der Kohle großindustrielle Anwendung, z. B. bei der Metallverhüttung oder in der Stromgewinnung). Bei Rückständen aus diesen Anwendungsbereichen ist eine zentralisierte Entsorgung oder

Weiternutzung und somit das Vorhandensein von NORM-Hinterlassenschaften anzunehmen. Die radiologische Relevanz hinsichtlich des Massenaufkommens ist aufgrund der Förderzahlen als erheblich zu betrachten.

Für Rückstände aus der Metallgewinnung wurden konkrete Rückstandsmengen abgeschätzt. Diese liegen zwischen 1000 t für die Gewinnung von Nickel und maximal 2,3 Mrd. t für die Gewinnung von Eisen und Stahl. Die Rückstandsmengen sind mithin in jedem Fall erheblich. Die radiologische Relevanz hinsichtlich des Massenaufkommens ist somit gegeben.

Auch Rückstände aus der Erdöl- und Erdgas-Förderung sowie deren Transport konnten als erheblich ermittelt werden. Allein im Jahr 2002 entstanden bei der Demercurisierung von Erdgas 58,8 t Schlämme. Die radiologische Relevanz hinsichtlich des Massenaufkommens ist somit gegeben.

4. Konzepte und Methoden zur Identifizierung von NORM-Hinterlassenschaften

4.1 Überblick

Nachdem in Kap. 2 eine Liste von Industriezweigen erarbeitet wurde, deren potenzielle Hinterlassenschaften von radiologischer Relevanz sein können, bedarf es nun zum Auffinden konkreter NORM-Hinterlassenschaften geeigneter Konzepte. Das Ziel des folgenden Kapitels ist es, eine Grundlage für die Identifizierung und quantitative Erfassung von Hinterlassenschaften mit NORM-Rückständen zu schaffen.

Da es sich bei der vorliegenden Studie um Hinterlassenschaften aus **früheren** Arbeiten oder Tätigkeiten handelt, die in der Vergangenheit abgeschlossen wurden, ergeben sich im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie folgende zentrale Fragestellungen:

- *Ist es möglich, die in Deutschland existierenden Hinterlassenschaften mit **NORM-Materialien** aus früheren Arbeiten oder Tätigkeiten **lückenlos zu erfassen**?*
- *Was sind **geeignete Wege für die** möglichst lückenlose **Identifizierung** dieser Hinterlassenschaften?*

Ziel dabei ist es zunächst, die Hinterlassenschaften durch **historische Recherchen** (z. B. in Archiven) zu erfassen, zu katalogisieren und später vor Ort⁷ zu identifizieren (z. B. Luftbilddauswertung).

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden deshalb **Konzepte und Methoden** entwickelt, mit denen möglichst lückenlos die in Deutschland existierenden Hinterlassenschaften aus dem Bergbau und dem industriellen Bereich identifiziert werden können. Zu diesem Zweck wurden Recherchen in Lagerstätten-, Rohstoff- und Industrie- Archiven bei

- Bundesämtern, Bundesverbänden und Bundesorganisationen
- Umweltämtern
- Geologischen Landesämtern

⁷ Rückstandshalden aus dem Bergbau und der Erzaufbereitung sind beispielsweise oft als solche nicht mehr zu erkennen, da die Halden verfüllt, verwachsen, rekultiviert oder geflutet sind.

-
- Oberbergämtern
 - Industrie- und Handelskammern
 - Industrieverbänden
 - in Bibliotheken
 - im Internet und
 - in Museen

durchgeführt.

Die Recherchen wurden schriftlich, fernmündlich, über das Internet und z. T. persönlich vor Ort durchgeführt. Im Anhang A 5 ist eine Zusammenstellung der angefragten Behörden bzw. Archive mit Auskünften zur Weiterverwertbarkeit der Informationen aufgelistet.

Hauptgegenstand dieser Recherchen sollten gemäß der Aufgabenstellung Hinterlassenschaften mit radiologisch relevanten Rückständen sein. Da die Arbeiten für diese Recherche zeitlich parallel zu den Recherchen für Kap. 2 durchgeführt wurden, beschränkt sich der Inhalt des nun folgenden Kapitels nicht ausschließlich auf die radiologisch relevanten Rückstände, sondern hält sich allgemeiner.

Die grundlegenden Fragestellungen bei der Entwicklung der Methoden zur Identifizierung von Hinterlassenschaften sind in Abb. 36 graphisch dargestellt.



Abb. 36: Fragenkatalog bei der historischen Recherche in Archiven

Die Ergebnisse der Recherchen sind in den folgenden Kapiteln zusammenfassend dargestellt. Dabei wird unterschieden zwischen **bergbaulichen** Hinterlassenschaften (Kapitel 4.2) und **industriellen** Hinterlassenschaften (Kapitel 4.3).

Da es sich bei den durchgeführten Recherchen um eine Machbarkeitsstudie handelt, erheben sie keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

4.2 Identifizierung bergbaulicher Hinterlassenschaften

Im folgenden Kapitel werden Methoden und Konzepte für die Identifizierung von bergbaulichen Hinterlassenschaften aufgezeigt.

4.2.1 Allgemeine Methodik

Die wesentlichen Einrichtungen bzw. Instrumente für die Identifizierung bergbaulicher Hinterlassenschaften in der Bundesrepublik Deutschland sind

- die Archive der Oberbergämter bzw. Bergbaureferate der Länder
- die Archive der Geologischen Landesämter
- Landratsämter, Kreisämter, Städte und Gemeinden
- das Bergbau-Archiv des Deutschen Bergbau-Museums in Bochum
- diverse Literaturstellen und Fachzeitschriften
- geowissenschaftliche Verbände und Organisationen
- Hochschulen und Institute sowie
- die Auswertung von Luftbildern.

Die hier genannten Einrichtungen bzw. Instrumente werden im Folgenden kurz erläutert. Den ersten Hinweis zum Auffinden von bergbaulichen Hinterlassenschaften geben die Zuständigkeiten für das Aufsuchen, Gewinnen und Aufbereiten von Bodenschätzen in der Bundesrepublik Deutschland einschließlich des Verladens, Beförderns, Abladens, Lagerns und Ablagerns von Bodenschätzen, die im **Bundesberggesetz (BBergG)** vom 13. August 1980, BGBl. I S. 1310 (zuletzt geändert durch Artikel 38 des Gesetzes vom 21. August 2002, BGBl. I S. 3322) geregelt sind.

Die **grundeigenen Bodenschätze** fallen unter das Bergrecht und somit in den Zuständigkeitsbereich der jeweiligen **Oberbergämter der Länder**. Grundeigene Bodenschätze sind die in § 3 Abs. 4 BBergG aufgeführten Bodenschätze (vgl. Anhang A 2, Auszug aus dem BBergG). Insbesondere gelten als grundeigene Bodenschätze im Sinne des BBergG einige Steine und Erden sowie Industrieminerale wie

Basaltlava, Bentonit, Kaolin, Feldspat, Pegmatitsande, Speckstein, Kieselerde sowie Quarz, Quarzit und die feuerfesten Tone.

Die Oberbergämter der Länder verfügen in der Regel über umfangreiche Archive, in denen Unterlagen mit Informationen zu stillgelegten Betrieben in Form von Berichten, Karten, Bildern, Betriebsdokumenten u. ä. dokumentiert sind.

Die Zuständigkeiten für die **bergfreien Bodenschätze** liegen in Deutschland bei den **Kreisen, Städten und Gemeinden**. Zu den bergfreien Bodenschätzen zählen die in § 3 Abs. 3 BBergG aufgeführten volkswirtschaftlich besonders wertvollen Bodenschätze, wie z. B.

Stein- und Braunkohle, Stein- und Kalisalz, Sole, Erdöl und Erdgas, Graphit, Erze, Flussspat und Schwerspat, sowie Erdwärme und alle Bodenschätze im Bereich der Küstengewässer und des Festlandsockels.

Die Dokumentation und Archivierung von Informationen über bergfreie Bodenschätze ist zum Teil auch in den o. g. Oberbergämtern zu finden.

Die **Geologischen Landesämter** bzw. die **Geologischen Dienste der Länder** sind die zentralen geowissenschaftlichen Fachbehörden der Länder. Eine übersichtliche Darstellung der Geologischen Dienste mit Adressenlisten ist auf der Website⁸ der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe⁹ (BGR) zu finden (vgl. Abb. 37). Die Adressen und Ansprechpartner sind im Anhang A 6 aufgelistet.

⁸ www.bgr.de/geol_la/geol_la.htm

⁹ Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ist als Fachbehörde des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit die zentrale wissenschaftlich-technische Institution zur Beratung der Bundesregierung in allen geowissenschaftlichen Fragestellungen.

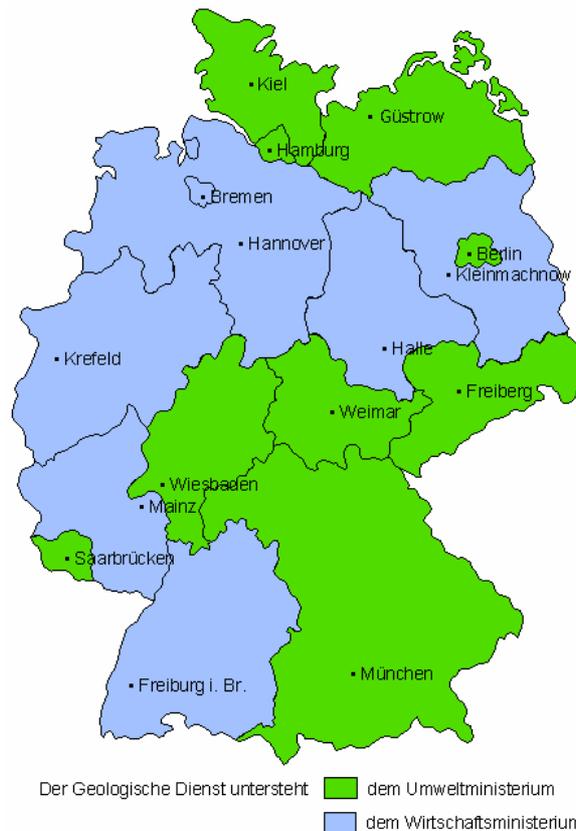


Abb. 37: Die Geologischen Dienste der Bundesrepublik Deutschland /BGR, 2003/

In der Bundesrepublik Deutschland wurden bereits früher umfassende **Bestandsaufnahmen und Dokumentationen von bergbaulichen Hinterlassenschaften** durchgeführt, die **in diversen Literaturstellen** beschrieben sind. Sehr detailliert wurden beispielsweise Untersuchungen an Rückstandshalden aus Bergbau und Erzaufbereitung in Baden-Württemberg (vgl. Kapitel 4.2.3.2) durchgeführt. Die wichtigsten Literaturstellen werden in der vorliegenden Studie genannt und teilweise detailliert dargestellt. Wichtige Hinweise auf Hinterlassenschaften können auch **Fachzeitschriften aus dem Bereich des Bergbaus** geben. Der Weg der Identifizierung über Fachzeitschriften wurde im Rahmen dieser Studie nicht verfolgt, sollte jedoch bei späteren Identifizierungen unbedingt als Ergänzung gewählt werden. Erwähnenswert ist hier die Fachzeitschrift „Glückauf – Die Fachzeitschrift für Rohstoff, Bergbau und Energie“, die im Jahr 1865 gegründet wurde. Weitere Fachzeitschriften¹⁰ sind im Anhang A 6 aufgelistet.

¹⁰ Ein guter Überblick über Fachzeitschriften des Bergbaus ist im Internet unter www.wv-bergbau.de/intro.html unter *Aktuelles* zu finden.

In Deutschland gibt es eine große Anzahl an **Verbänden und Organisationen**, die im Hinblick auf die Identifizierung von bergbaulichen Hinterlassenschaften anzusprechen sind. Die wichtigsten sind

- die Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.
- die Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoffe und Umwelttechnik e.V.
- und die Wirtschaftsvereinigung Bergbau e.V..

Die **Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.** (DGGT) mit Sitz in Essen wurde 1950 als Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. (DGEG) gegründet. Sie widmet sich der Wissenschaft und der Praxis in allen Fragen, die mit der Nutzung von Boden und Fels als Baugrund, Baustoff und Bauträger zusammenhängen. Neue geotechnische Aufgaben wie der Entwurf bzw. die Sanierung von Deponien sowie die Bewertung und Sanierung von Altlasten, das Bauen mit Geokunststoffen und die Erhaltung von historischen Bauwerken und Naturdenkmälern sind in den letzten Jahren hinzugekommen.

Der Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau - Umweltbeeinträchtigungen aus aufgelassenem Bergbau – Erkundung und Bewertung“¹¹ in der Fachsektion Ingenieurgeologie bei der DGGT erstellt derzeit die Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“. Die Mitglieder des Arbeitskreises aus Lehr- und Forschungseinrichtungen, Fachbehörden, Ingenieurbüros, Bergbau- und Sanierungsfirmen tragen ihre vielschichtigen Erfahrungen zur Lösung dieses interdisziplinären Themenkomplexes bei. Die Empfehlung wurde zwar im Hinblick auf geotechnische Fragestellungen erstellt, enthält jedoch auch wertvolle Hinweise zu Recherchen, Aufbereitung und Analyse von Informationsquellen.

Die **Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik (GDMB)** mit Sitz in Clausthal-Zellerfeld wurde 1912 als Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute gegründet. Als gemeinnützig anerkannter Verein befasst sich die technisch-wissenschaftliche Ingenieursvereinigung mit der Gewinnung, Verarbeitung und dem Recycling von Rohstoffen sowie den damit im Zusammenhang stehenden Fragen der Umwelttechnik. Im Jahr 1993 wurde der Fachaus-

¹¹ Der Entwurf dieser Empfehlung wurde auf dem 3. Altbergbaukolloquium im November 2003 an der TU Bergakademie Freiberg einem breiten Fachpublikum vorgestellt. Das Kolloquium wurde von den Instituten für Geotechnik, sowie Markscheidewesen und Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg, der DGGT, sowie des Institutes für Geotechnik und Markscheidewesen der TU Clausthal veranstaltet. Das 4. Altbergbaukolloquium findet im November 2004 an der Montanuniversität Leoben (Österreich) statt.

schuss „Abfallverwertung und –beseitigung im Bergbau“ gegründet, der sich u. a. mit der Sanierung bergbaulicher Altlasten oder der Rekultivierung von Halden und Teichen beschäftigt.

Die **Wirtschaftsvereinigung Bergbau e.V. (MWB)** ist eine Organisation des deutschen Bergbaus, die aus 14 fachlichen oder regionalen Verbänden aus den Bereichen Steinkohle und Braunkohle, Kali und Salz, Eisenerz, Schwerspat und Flussspat, Schiefer, Graphit, Kaolin, Quarz u. a. sowie aus den Arbeitsgebieten der Bergbauspezialgesellschaften, der bergbauverwandten Unternehmen und des bergbaulichen Umweltschutzes besteht. Die MVB ist ein Wirtschaftsverband.

Ein wichtiger Ansprechpartner für die Identifizierung von Hinterlassenschaften sind wissenschaftliche **Hochschulen und Institute**. Hier sind insbesondere das Institut für Bergbau an TU Bergakademie Freiberg in Sachsen und das Institut für Bergbau an der TU Clausthal zu erwähnen.

Ein weiteres wichtiges Instrument für die Erfassung von NORM-Hinterlassenschaften ist die **multitemporale Auswertung von Luftbildern**, die im Bereich der konventionellen Erhebung altlastenverdächtiger Flächen routinemäßig seit Jahren durchgeführt wird. Luftbilder sind besonders geeignet für die flächendeckende Erfassung von Abgrabungen, Aufhaldungen und die Veränderung natürlicher Geländeformen (z. B. Auffüllung von Talungen etc.).

Der Einsatz von Luftbildern konzentriert sich auf zwei Schwerpunkte, die **Historische Erkundung** und die **Feststellung der aktuellen Situation**. Unter der multitemporalen Auswertung von Luftbildern ist die Betrachtung desselben Luftbildausschnittes aus verschiedenen Befliegungsräumen zu verstehen. Damit ist eine Rekonstruktion von Veränderungen im Landschaftsbild und in der Landschaftsstruktur möglich. Um zeitliche Veränderungen erkennen zu können sollten mindestens zwei bis drei Befliegungsjahrgänge pro Standort ausgewertet werden.

Bei der **historischen Erkundung** mittels Luftbildern werden in der Regel vorhandene schwarz/weiß-Luftbildaufnahmen der alliierten Streitkräfte aus dem 2. Weltkrieg oder aus Regelbefliegungen für geodätische Fragestellungen (z. B. Landesvermessung u. ä.) benutzt. Luftbilder existieren rückwirkend bis in die Anfänge des zwanzigsten Jahrhunderts, insbesondere liegen umfangreiche Daten aus den 30er und 40er Jahren vor. Der Flächendeckungsgrad der Luftbilder in den alten Bundesländern ist im Bereich von Städten aus militärischen Gründen sehr gut, die ländlichen Bereiche dagegen sind in historischen Luftaufnahmen weniger gut erschlossen. Aktuelle flächendeckende Regelbefliegungen der Bundesrepublik Deutschland werden alle zwei Jahre durchgeführt. Aus der ehemaligen DDR existiert sehr umfangreiches Material.

Zur Feststellung der **aktuellen Situation** können bereits vorhandene Luftbilder neuesten Datums verwendet oder selbst Befliegungen in Auftrag gegeben werden. Dabei kommen immer häufiger Farbaufnahmen oder Color-Infrarot (CIR)-Luftbilder zur Auswertung. Von besonderer Bedeutung ist die genaue Erfassung der derzeitigen Lage- und Zustandsverhältnisse des Untersuchungsgegenstandes im Überblick sowie die Suche nach weiteren noch nicht bekannten Verdachtsflächen.

Die Beschaffung von Luftbildern ist z. B. bei Landesvermessungsämtern, photometrischen Firmen und der University of Keele möglich. Eine ausführliche Zusammenstellung von Bezugsquellen für Luftbilder ist u. a. im Internet im Sächsischen Altlastenfach-Informationssystem (Salfa Web)¹² zu finden. Exemplarisch sind im folgenden einige Bezugsquellen dargestellt:

- *Deutsche Luftbilder*: Bundesarchiv Abteilungen Potsdam, 14404 Potsdam, PF 600 447, × Bestand Bild 110 - Diapositive bis in die Anfänge des zwanzigsten Jahrh. (im Auftrag der Bildstelle des ehemaligen Preußischen Ministeriums für Handel und Gewerbe), Luftbilder aus dem Zeitraum der 30er - 40er Jahre, die Negativprovenienz ist mit Reichsluftfahrtministerium angegeben
- *Luftaufnahmen der Alliierten*: University of Keele, Department of Geography, Aerial Photography Keele, Staffordshire ST5 5BG, Great Britain (England) × Luftbilder von 1939 - 1949
- *Nachkriegsaufnahmen ehemalige DDR*: Bundesarchiv Abteilungen Potsdam, 14467 Potsdam, Berliner Str. 98-101 × Bestand Bild 180 - Luftaufnahmen von 1953-1983 (ehemalige DDR)

Luftbilder existieren in der Regel in einem Maßstab von 1:5000 bis 1:8000, man erhält sie beim Kauf meist in einer Größe von ca. 30cm*30cm, der Kaufpreis liegt etwa bei 30 € pro Stück. Die Auflösung der Luftbilder liegt im Meter-Bereich (Maximum: 1Meter). Die anschließende Auswertung der Luftbilder erfolgt mit einem Stereoskop, einer Stereolupe o. ä., gegebenenfalls werden Luftbilder mit Verdachtsflächen optisch entzerrt und die Ergebnisse werden in eine topographische Karte übertragen.

Unter der Voraussetzung, dass eine Verdachtsfläche gegeben bzw. bekannt ist, dauert die Auswertung eines Luftbildes in etwa eine Stunde. In diesem Zusammenhang zeigt sich der entscheidende Nachteil bei der multitemporalen Auswertung von Luftbildern: Luftbilder stellen nur dann ein effektives Instrument dar, wenn bereits der Verdacht auf eine Hinterlassenschaft besteht.

¹² www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lflug/lflug-internet/SalfaWeb/salfaweb-nt/

In den **folgenden Kapiteln** wird zunächst das Archiv des Deutschen Bergbau-Museums dargestellt und im Anschluss ist für die ausgewählten Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz/Saarland und Sachsen-Anhalt die Methodik für die möglichst lückenhafte Identifizierung von Hinterlassenschaften dargestellt. In diesem Zusammenhang werden zunächst allgemein die geeigneten Wege beschrieben (**Wegweiser zum Auffinden**) und im Anschluss dessen werden detaillierter die zugehörigen Archive, Bestände und Literaturen erläutert (**Struktur der Archive, Literatur**). Für ausgewählte Bundesländer wird exemplarisch eine Hinterlassenschaft identifiziert (**Identifizierung an Beispielen**).

Die Archive der Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg wurden im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens vor Ort besichtigt. Aus diesem Grund sind diese Archive detaillierter dargestellt als die Archive der restlichen Bundesländer.

Die unmittelbaren Ansprechpartner der dargestellten Behörden und Archive sind im Text mit Adresse, Telefon- und Faxnummer, Emailadresse und Webadresse aufgeführt (**Adressenliste**). Weiterführende Ansprechpartner und Adressen von Behörden und Anlaufstellen, die im Text nicht aufgeführt sind, sind im Anhang A 6 sortiert nach Bundesländern aufgelistet.

4.2.2 Das Deutsche Bergbau-Museum Bochum

4.2.2.1. Übersicht

Das **Deutsche Bergbau-Museum** Bochum (DBM) ist das bedeutendste Bergbaumuseum der Welt und zugleich ein renommiertes Forschungsinstitut für Montangeschichte. Es wurde im Jahre 1930 von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse und der Stadt Bochum gegründet und ist ein Zentrum der Montangeschichtsforschung. Forschungsschwerpunkte der Wissenschaftler sind „Geschichte und Technik des Montanwesens“, sowie „Dokumentation, Schutz und Erhaltung von Kulturgut vor allem des Montanwesens“. Die Forschung erstreckt sich dementsprechend nicht nur auf den Bergbau, sondern auch auf das Hüttenwesen.

Das DBM publiziert seine Forschungsergebnisse in in- und ausländischen Zeitschriften, in Monographien, Tagungsbänden sowie in seiner Schriftenreihe "Veröffentlichungen aus dem Deut-

schen Bergbau-Museum Bochum" (bislang 102 Bände) und in den beiden Periodika "Der Anschnitt" und "METALLA".

Als zentrale Einrichtungen für das eigene Haus, aber auch für externe Nutzer steht das **Montanhistorische Dokumentationszentrum** zur Verfügung, das über ein Bergbau-Archiv, eine Bibliothek bzw. Fotothek und Sammlungen (siehe Abb. 38) verfügt.

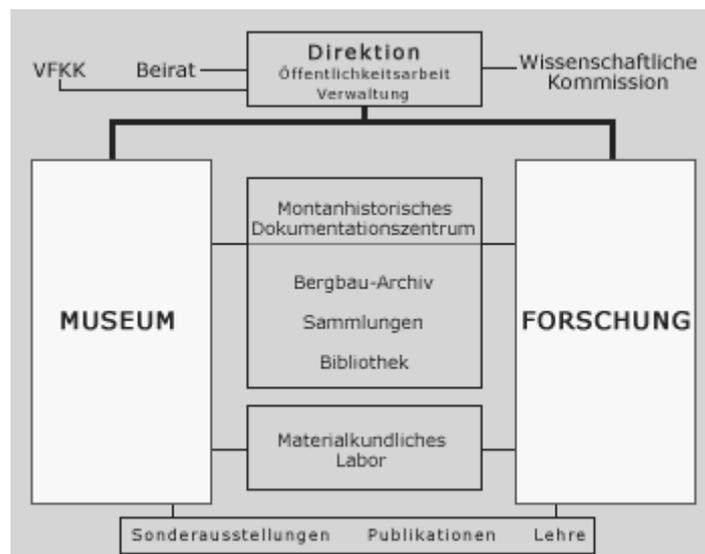


Abb. 38: Organigramm des Deutschen Bergbau-Museums Bochum /Kroker 2001/

Das **Bergbau-Archiv** (BBA) wurde am 1. Juli 1969 von der DMT-Gesellschaft für Lehre und Bildung mbH (damals WBK), der Wirtschaftsvereinigung Bergbau und dem Gesamtverband des deutschen Steinkohlenbergbaus gegründet, um die schriftliche Hinterlassenschaft von **stillgelegten Steinkohlezechen, Erzbergwerken und Kaligruben** als "Gedächtnis des deutschen Bergbaus" zu bewahren.

Eine Benutzung des BBA ist nach Voranmeldung möglich.

4.2.2.2. Struktur des Bergbau-Archivs Bochum

Das Archivgut des BBA umfasst zusammengerechnet mehr als 4000 Regalmeter. Darin enthalten sind 220 Bestände, unterteilt in vier Gruppen:

-
- Unternehmen des Steinkohlenbergbaus (2000 Meter),
 - Unternehmen des Erzbergbaus (1000 Meter),
 - Bergbauliche Verbände (600 Meter) und
 - Nachlässe (400 Meter).

Hinzu kommen 26 Sammlungen mit z. B. 2000 Plakaten und 2500 Filmen und Videos.

Die Bestände des BBA sind nach Branchen und Unternehmen geordnet, und geben Aufschluss über den Überlieferungszeitraum, den Bestandsumfang im [m], Informationen zum Unternehmen, Informationen über den Inhalt des Bestandes und Literaturhinweise. Das Bergbau-Archiv übernimmt nur die Unterlagen **stillgelegter Schachtanlagen**, lediglich bei den Verbänden und Organisationen und den Nachlässen werden Ausnahmen gemacht. Eine aktuelle Bestandsübersicht über das Bergbau-Archiv Bochum ist in /Kroker 2001/ zu finden. Einen Überblick kann man auch im Internet¹³ erhalten.

Die Bestände des BBA weisen umfangreiche Informationen auf, die für eine historische Recherche von Unternehmen des Erzbergbaus, des Steinkohlenbergbaus, des Braunkohlenbergbaus und des Kalibergbaus in der gesamten Bundesrepublik geeignet sind. Die Bestände sind jedoch hinsichtlich der hier gestellten Fragestellung nur z. T. aufbereitet. Im Rahmen einer Identifizierung von Hinterlassenschaften ist eine Einsichtnahme in die zahlreichen Archivbestände vor Ort erforderlich.

4.2.2.3. *Identifizierung an Beispielen*

Als Beispiel ist im Anhang A 3 eine Zusammenfassung über den Bestand der **Barbara Erzbergbau GmbH in Düsseldorf** (Unternehmens des Erzbergbaus, Bestand 7, Laufzeit: 1827-1970) dargestellt. Der Bestand enthält zahlreiche Informationen über stillgelegte Gruben (z. B. Verleihungsurkunden von 57 Eisenerzgruben in der Oberpfalz mit Karten/Plänen 1911-1916 und Betriebsberichte verschiedener Erzgruben im Siegerland und im Westerwald 1904-1965). Für detailliertere Informationen (z. B. Standorte der stillgelegten Gruben, Fördermengen etc.) ist eine Einsichtnahme in die zahlreichen Archivbestände vor Ort erforderlich.

¹³ www.archive.nrw.de/home.asp?bergbauarchiv

4.2.2.4. Adressenliste

Deutsches Bergbau-Museum Bochum

Am Bergbaumuseum 28
44791 Bochum

Ansprechpartner: Frau Gudrun Neumann
Tel.: 0234/ 58 77 154
Fax: 0234/ 58 77 111
Email: gudrun.neumann@bergbaumuseum.de

Web: <http://www.archive.nrw.de/home.asp?bergbauarchiv>

4.2.3 Spezifisches methodisches Vorgehen in ausgewählten Bundesländern

4.2.3.1. Bayern

4.2.3.1.1 Wegweiser zum Auffinden

Die wesentlichen Stellen für die Identifizierung von NORM-Hinterlassenschaften in **Bayern** sind

- das Archiv des Referates Bergbau, Mineralische Rohstoffe, Bergaufsicht (Bayerisches Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie)
- das Archiv des Bayerischen Geologischen Landesamtes
- Landratsämter und
- diverse Literaturen.

Die Zuständigkeiten und die Organisation für die Bergaufsicht in Bayern sind als Übersicht in der Abb. 39 dargestellt.

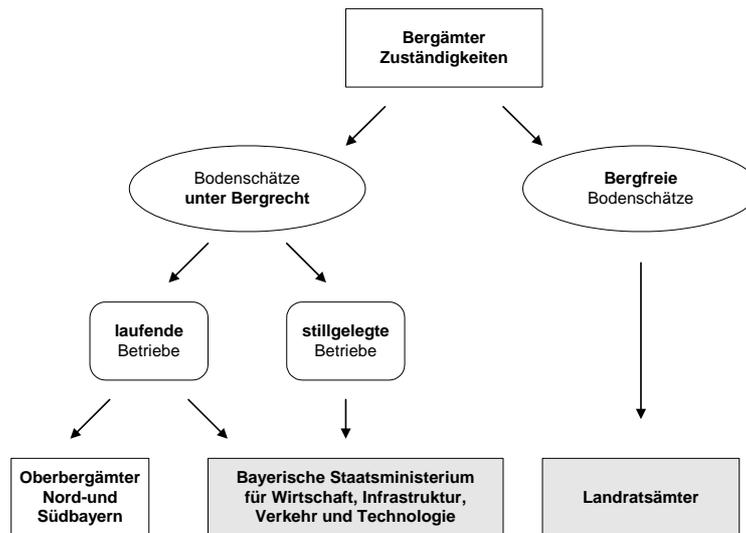


Abb. 39: Zuständigkeiten und Organisation der Bergaufsicht in Bayern

Die Zuständigkeiten für die bergfreien Bodenschätze liegen in Bayern bei den Landratsämtern. Die grundeigenen Bodenschätze, d.h. Bodenschätze, die unter Bergrecht stehen, fallen in den Zuständigkeitsbereich der beiden Oberbergämter Nord- und Südbayern, sowie des Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (Referat Bergbau, Mineralische Rohstoffe, Bergaufsicht). In Bayern unterlagen Ende 2000 ca. 10 % der Gesamtförderung der im Grundeigentum befindlichen Bodenschätze dem Bergrecht /BayStWVT, 2002/.

Die Recherchen bei den Landesämtern gestalten sich mühsam, da alte Unterlagen oft in Staatsarchive wanderten, dort jedoch nicht immer aufgehoben wurden¹⁴.

Die Zuständigkeit für die stillgelegten Betriebe und somit die für die NORM-Hinterlassenschaften relevanten Betriebe liegt ausschließlich beim **Referat Bergbau, Mineralische Rohstoffe, Bergaufsicht des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie**.

Das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie verfügt über ein umfangreiches Archiv, das ein sehr gutes Instrument für die Identifizierung von

¹⁴ Im Rahmen der historischen Recherche von NORM-Hinterlassenschaften haben wir uns auch an die **Regionalplaner** der sieben **Regierungen von Bayern** (Oberbayern, Niederbayern, Oberfranken, Mittelfranken, Unterfranken, Schwaben und Oberpfalz) gewandt. Dies hat sich jedoch als ein wenig geeigneter Weg erwiesen, da die Regierungen meist nicht über eigene Archive verfügen, sondern ihre Informationen von dem Geologischen Landesamt bzw. dem Industrieverband „Steine und Erden“ erhalten.

Hinterlassenschaften darstellt und im konkreten Fall nach der Bewilligung durch das Umweltministerium zugänglich ist.

Eine weitere geeignete Einrichtung zur Identifizierung von Hinterlassenschaften in Bayern ist das **Bayerische Geologische Landesamt (BayGLA)**. Das Bayerische Geologische Landesamt ist die zentrale geowissenschaftliche Fachbehörde des Freistaates. Es hat den gesetzlichen Auftrag, das Wissen über Böden, Gesteine und Untergrund zu vermehren und Informationen über deren Eigenschaften und Schätze, aber auch über Belastungen weiterzugeben. Das Geologische Landesamt verfügt über ein Lagerstättenarchiv, in dem sowohl bergfreie Rohstoffe als auch Rohstoffe, die unter Bergrecht stehen, dokumentiert sind.

Beim Bayerischen Geologischen Landesamt sind folgende Rohstoffe dokumentiert (* stehen unter Bergrecht):

Kalk, Mergel, Sandstein, Dolomit, Grauwacke, Quarzit, Dachschiefer, Nagelfluh, Flußspat, Ölschiefer*, Erze*, Schieferkohle*, Steinkohle*, Pechkohle*, Braunkohle*, Kiese, Sande, Zersatzsande, Lehm, Ton, Bentonit, Mergel, Granit, Diorit, Gneis, Metabasit, Graphit*, Uran*, Farberde, Kaolin, Speckstein, Schwerspat, Feldspat*, Salz und Kieselerde.

4.2.3.1.2 Struktur der Archive, Literatur

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie

Das Referat „**Bergbau, Mineralische Rohstoffe, Bergaufsicht**“ des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie verfügt über ein Archiv, in dem stillgelegte Untertage- und Übertagebetriebe im Freistaat Bayern dokumentiert sind.

Die Dokumentation der **stillgelegten Untertagebetriebe** liegt sortiert nach abgebautem Bodenschatz (z. B. Schwerspat, Eisenerz, Flußspat, Feldspat, Uranerz, Ton, Gips, Pegmatitsand) vor. Es handelt sich hierbei um **145 Untertagebetriebe** im Freistaat Bayern, die in dem Zeitraum von 1908 bis 1984 stillgelegt wurden. Die jeweiligen Standorte sind mit Informationen zum abgebauten Bodenschatz, dem Namen der Grube, dem ehemaligen Betreiber und dem Zeitpunkt der Stilllegung dargestellt. Die ehemaligen Betriebsstandorte sind in topographischen Karten dokumentiert.

Historische Informationen zu den stillgelegten **Übertagebetrieben** liegen nicht in der o. g. aufbereiteten Form (Listen) vor. Im Archiv des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie existieren jedoch umfangreiche Informationen in Form von Berichten, alten Karten etc.. Die Einsichtnahme in das Archiv war uns nicht gewährt worden.

Bayerisches Geologisches Landesamt

Das **BayGLA** besitzt ein **Lagerstättenarchiv**, in dem in analoger Form Rohstoffgewinnungsorte mit den zugehörigen Abraumhalden sortiert nach Rohstoffen nahezu flächendeckend für Bayern dokumentiert sind (vgl. Abb. 40). Es sind sowohl bergfreie als auch unter Bergrecht stehende Bodenschätze dokumentiert.



Abb. 40: Archivbestände des Bayerischen Geologischen Landesamtes

Die Gewinnungsstätten und Halden sind in ca. **1200 Kartenblättern** (topographisch, Maßstab 1:25.000, vgl. Abb. 40 links, sowohl alte als auch neue Karten) mit Buchstabenkürzel und Jahreszahlen über den Erfassungszeitraum von 1947 bis 2000 per Hand eingezeichnet. Die Daten basieren auf alten Baustoffkarten des Bergamtes und dem Vergleich von topographischen Karten und Luftbildkarten.

Für jede Gewinnungsstätte bzw. Halde existiert eine sogenannte „**Geodoc Aufschluss-Datei**“, die über die zugehörigen Gauß-Krüger Koordinaten im Archiv in analoger Form zu finden ist (vgl.

Abb. 40 rechts). Die Aufschluss-Datei enthält in stark unterschiedlichem Detaillierungsgrad folgende Informationen:

- Position, Standort, Maße
- Photos, Zeitungsausschnitte
- Geologie (z. B. Schichtenverzeichnis)
- Abbauzustand (laufender Abbau, verfüllt, teilverfüllt, verwachsen (passiv) , rekultiviert (aktiv), geflutet)
- Art der Verfüllung (geordnet, ungeordnet) bzw. Folgenutzung (Baustoffdeponie)
- Abbaumengen, Abraummengen
- Detailpläne, Zeichnungen
- Weiterverarbeitung des Rohstoffs
- Vorhandene Bohrungen und Analysen

Seit September 2003 wird der Datenbestand des BayGLA der Öffentlichkeit in der Form eines **Bodeninformationssystems**¹⁵ (BIS) im Internet zur Verfügung gestellt. Die bisherige zentrale Datenbank (ZDB: Objektdaten, Labordaten, Bilddaten, Rohstoffverbreitungskarten) wurde in das BIS implementiert, wobei über den externen Internetzugang ein Teil der Daten ausgeblendet werden. Der Zugang zu den kompletten Datensätzen ist über eine Anfrage beim BayGLA möglich. Da die analogen Datenbestände jedoch nur zu einem geringen Teil in digitaler Form vorliegen (nur die Region 10 Ingolstadt ist vollständig digitalisiert) ist dieses Bodeninformationssystem derzeit kein geeignetes Werkzeug, um NORM-Hinterlassenschaften zu identifizieren.

Das BayGLA verfügt über ein separates Archiv, in dem Berichte über die **Uranprospektion** in den 50er und 60er Jahren in Bayern und Anfang der 70er Jahre nach der Erdölkrise zu finden sind.

Ein wichtiges Werkzeug neben dem dargestellten Archiv ist die vom bayerischen Geologischen Landesamt herausgegebene **Literatur**. In diesem Zusammenhang sind insbesondere /BayGLA, 1978/ , /BayGLA, 1984/ und /BayGLA, 1987/ zu erwähnen.

¹⁵ www.bis.bayern.de

Die Literatur /BayGLA, 1978/ gibt einen Überblick über die Lagerstätten in Bayern. In Abhängigkeit von den Bodenschätzen (z. B. Bentonit, Uran) sind Verbreitungsgebiete und Abbaustellen der Rohstoffe dokumentiert. Die Literatur gibt u. a. Angaben zu den Koordinaten der Abbaustellen bzw. Gruben, Fördermengen, Betriebszuständen. Der Detaillierungsgrad der Angaben variiert sehr und es ist kein zusammenfassender Überblick über die Anzahl der Hinterlassenschaften enthalten.

Weitere Literaturhinweise auf NORM-Hinterlassenschaften in Bayern finden sich in /Schmitz et al., 1983/ (alte bekannte Halden aus der Uranexploration in NO Bayern, vgl. Baden-Württemberg Kapitel 4.2.3.2), /Schmitz et al., 1985-1/ (ehemalige Uranexplorationsgruben im Raum Mähring/Poppenreuth (Opf.))und /Schüttelkopf et al., 1982-2/ (Uranuntersuchungsgrube im Raum Großschloppen).

4.2.3.1.3 Identifizierung an Beispielen

Als Beispiel für Bayern ist in Abb. 41 der Umfang und die Verteilung der früheren und heutigen **Gewinnung von Flössenburger Granit** in der Oberpfalz dargestellt /BayGLA, 2001/.

In der Abbildung sind fünf **in Betrieb befindliche Steinbrüche (Nr. 1-5)** und 47 aufgelassene Steinbrüche bzw. Gewinnungsstellen (Nr. 6-42) dargestellt. Abraumhalden sind in der Abbildung nicht eingezeichnet, sie liegen jedoch meist in der Nähe der Gewinnungsstellen.

Die verschiedenen Hinterlassenschaften sind im Archiv des BayGLA in den **Kartenblättern TK 6239 (Neustadt a. d. Waldnaab) und TK 6240 (Flossenbürg)** eingezeichnet. Über die **Gauß-Krüger-Koordinaten** der jeweiligen Gewinnungsstelle ist die zugehörige **Geodoc-Aufschlussdatei** zu finden. Das konkrete Auffinden der Standorte erfolgt mittels **GPS vor Ort** und der **Auswertung von Luftbildern** (Maßstab 1:5000).



Abb. 41: Umfang und Verteilung der früheren und heutigen Gewinnung von Flossenbürger Granit (Oberpfalz) /BayGLA, 2001/

4.2.3.1.4 Adressenliste

<p>Bayerisches Geologisches Landesamt</p> <p>Abteilung 4 Angewandte Geologie Referat 42 Rohstoffgeologische Landesaufnahme Referat 43 Rohstoffgeologie für Wirtschaft und Planung</p> <p>Heßstraße 128 80797 München</p> <p>Ansprechpartner: Dr. Hermann Weinig Tel.: 089/9214-2719 Fax: 089/9214-2647</p>	<p>Bayerisches Geologisches Landesamt</p> <p>Außenstelle Marktredwitz</p> <p>Leopoldstr. 30 95615 Marktredwitz</p> <p>Ansprechpartner: Dr. Elmar Linhardt Tel.: 09231/951-122</p>
---	---

<p>Email: hermann.weinig@gla.bayern.de Web: www.geologie.bayern.de</p>	
<p>Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie</p> <p>Referat Bergbau, Mineralische Rohstoffe, Bergaufsicht</p> <p>Prinzregentenstraße 28 80538 München</p> <p>Ansprechpartner: Herr Zimmer Tel.: 089/2162-2451 Fax: 089/2162-3451</p> <p>Email: poststelle@stmwvt.bayern.de Web: www.stmwvt.bayern.de</p>	

4.2.3.2. *Baden-Württemberg*

4.2.3.2.1 *Wegweiser zum Auffinden*

Die wesentlichen Stellen für die Identifizierung von NORM-Hinterlassenschaften in **Baden-Württemberg** sind

- das Forschungszentrum Karlsruhe
- das Archiv des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (Freiburg)
- und die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Karlsruhe).

In Baden-Württemberg wurden bereits in früheren Jahren Bestandsaufnahmen von bergmännischen Rückstandshalden durchgeführt.

Im Jahre 1983 hat das **Kernforschungszentrum Karlsruhe** (jetzt Forschungszentrum Karlsruhe) Untersuchungen von bergmännischen Abraumhalden in Baden-Württemberg auf eine mögli-

che Freisetzung radioaktiver Elemente durchgeführt. Ziel dabei war es, die mögliche Freisetzung natürlicher radioaktiver Stoffe aus den Aufhaldungen von Rückständen aus Bergbau und Aufbereitung zu untersuchen, die zu einer Bevölkerungsexposition führen kann. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen stammten die Rückstandshalden aus dem ehemaligen und bestehenden Bergbau. Über 130 Halden wurden aufgenommen, radiometrisch vermessen, beurteilt und z. T. beprobt. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag bei alten, relativ kleinen Halden des Pb/Zn und Eisenerz Bergbaus. Darüber hinaus wurden alle bekannten Halden aus der Uranexploration in Baden-Württemberg und NO Bayern aufgenommen /Schmitz et al., 1983/.

Im Jahre 1996 hat das **Forschungszentrum Karlsruhe** im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg eine weitere, umfassende Bestandsaufnahme und Dokumentation von Rückstandshalden aus Bergbau und Erzaufbereitung durchgeführt. Der besondere Schwerpunkt lag dabei auf der Inventur der Halden des historischen Bergbaus. Die Ergebnisse sind in /Fritsche et al., 1996-1/, /Fritsche et al., 1996-2/ und /Fritsche et al., 1996-3/ beschrieben. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden etwa 220 Bergbau- und Aufbereitungsstandorte mit mehr als 400 Einzelhalden untersucht und der Einfluss des ehemaligen Bergbaus auf Boden, Sediment und Wasser beurteilt. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden nahezu lückenlos alle existierenden bergbaulichen Hinterlassenschaften des Landes Baden-Württemberg erfasst¹⁶.

Die drei genannten Berichte, zusammen mit den Ergebnissen der o.g. Untersuchungen stellen ein geeignetes Instrument für die lückenlose Identifizierung von NORM-Hinterlassenschaften in Baden-Württemberg dar. Weitere Hinweise auf Hinterlassenschaften im Schwarzwald (Wittichen) und im Raum Baden-Baden sind in den Berichten /Schüttelkopf et al., 1980 und 1982-1/ des Kernforschungszentrums Karlsruhe zu finden.

Ein weiterer Ansprechpartner für die Identifizierung bergbaulicher Hinterlassenschaften in Baden-Württemberg ist das **Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB)** mit Sitz in Freiburg im Breisgau. Das LGRB ist die zentrale geowissenschaftliche und bergbauliche Behörde des Landes. Sie erhebt, dokumentiert, verarbeitet und bewertet Informationen über den Untergrund einschließlich des Grundwassers und der mineralischen Rohstoffe. Schwerpunktaufgaben sind die geowissenschaftliche Landesaufnahme, die Hydrogeologie, die Bodenkunde, die technische Geologie, die Rohstoffsicherung und die Wahrnehmung des Erdbebendienstes sowie die Aufsicht über den Bergbau, die Bohr- und Speichertechnik, den Tun-

nelbau, die Gashochdruckleitungen, die Besucherbergwerke, die Schauhöhlen und die Seilbahnen. Das LGRB verfügt über ein Archiv, in dem Daten über Betriebsstandorte der letzten Jahrzehnte und Dokumentationen von Lagerstätten in analoger und digitaler Form vorliegen. Darüber hinaus gibt es eine Fülle allgemeiner und spezieller geologisch, lagerstättenkundlicher und bergbaubezogener Literatur.

Ein weiteres wichtiges Instrument für die Identifizierung von Hinterlassenschaften in Baden-Württemberg ist das **Altlasten-Fachinformationssystem AlfaWeb**, das von der **Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfUBW)** im Internet¹⁷ aufgebaut wurde. Ziel des Vorhabens AlfaWeb (Altlasten-Fachinformationen im World-Wide Web) ist es, von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) erstellte Arbeitshilfen für eine landeseinheitliche, systematische Altlastenbearbeitung mit den Mitteln moderner Informations- und Kommunikationstechnologien zu erschließen und den Altlasten-Sachbearbeitern über rechnergestützte Navigations- und Zugangshilfen eine effektive Informationsbeschaffung zu ermöglichen. Mittels dieser Arbeitshilfen (z. B. /LFUBW, 1992/) wurden seit dem Jahr 1992 **flächendeckend historische Erhebungen altlastenverdächtiger Flächen** in Baden-Württemberg durchgeführt. An dieser systematischen Erfassung von Altablagerungen und Altstandorten beteiligten sich alle Stadtkreise und Landratsämter. Die Ersterfassung altlastenverdächtiger Flächen wurde landesweit 2002 abgeschlossen. Im Rahmen dieser historischen Erhebung wurden z. B. Bergwerke erfasst. Das Alfaweb dient vor allem der Identifizierung von industriellen Hinterlassenschaften (vgl. Kapitel 4.3).

4.2.3.2.2 Struktur der Archive, Literatur

Forschungszentrum Karlsruhe, Berichte

Im Rahmen der in den **Berichten** des **Forschungszentrums Karlsruhe** dokumentierten Untersuchungen **aus dem Jahre 1983** wurden Blei/Zink-Halden, Eisen/Mangan-Halden und Buntmetall- bzw. Flussspat/Schwerspat-Halden aufgenommen, radiometrisch vermessen, beurteilt und z. T. beprobt. Hinzu kamen Steinbrüche, Beispiele für Gips, Zement und Salz, Rückstandshalden

¹⁶ Persönliche Mitteilung der Autoren.

¹⁷ www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de

aus Ölschiefer/Kohle Gewinnung und Einzelhalden mit Uranerzen (NO Bayern). Die Arten und die Anzahl der untersuchten Rückstandshalden sind in Tab. 24 zusammenfassend dargestellt.

Tab. 24: Art und Anzahl der im Rahmen der Studie des Forschungszentrums Karlsruhe untersuchten Rückstandshalden in Baden-Württemberg (tlw. auch NO Bayern) im Jahr 1983 /Schmitz et al., 1983/

Art der Hinterlassenschaft	Anzahl der untersuchten Halden
Blei/Zink-Halde	48
Eisen/Mangan-Halde	33
Buntmetall-Halde	12
Flussspat/Schwerspat-Halde	12
Steinbruch	10
Gips, Zement, Salz	7
Rückstandshalde aus der Ölschiefer/Kohle-Gewinnung	5
Halden mit Uranerzen (NO Bayern)	16

Die Haldengröße variiert dabei stark. Die Häufigkeitsverteilung der Haldengrößen der untersuchten Hinterlassenschaften ist in Abb. 42 dargestellt.

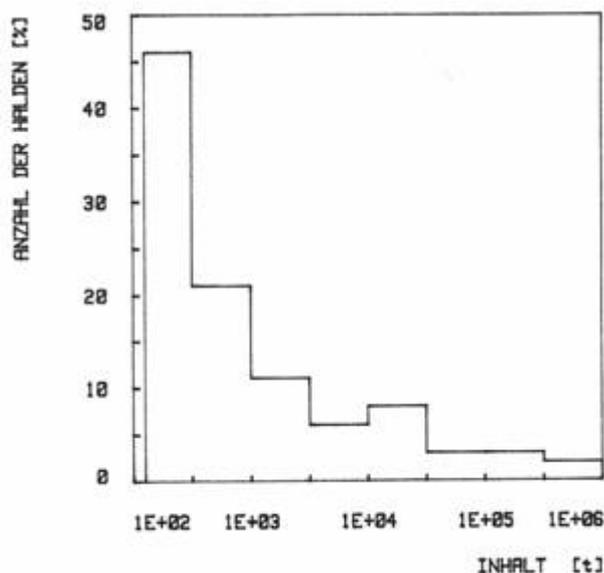


Abb. 42: Häufigkeitsverteilung der Haldengrößen der im Rahmen der Studie des Forschungszentrums Karlsruhe untersuchten Rückstandshalden in Baden-Württemberg im Jahr 1983 /Schmitz et al., 1983/

Für jeden einzelnen Standort liegen **Formblätter** vor, die Auskunft über die genaue topographische Lage, eine Beschreibung der Lokalität und – soweit bekannt – den Namen der Bergbaubetreibenden gibt. Neben einer Photodokumentation enthält der Bericht Kartenmaterial, wichtige mineralogische und lagerstättenspezifische Daten, Angaben über den mineralischen Abfallstoff, den Deponiezustand und die mögliche Nutzung sowie Mess- und Analysenergebnisse. Darüber hinaus enthält der Bericht weiterführende Literaturangaben und Hinweise auf die nächstgelegene, von der Halde möglicherweise beeinflusste Bebauung und die zugehörige „kritische Bevölkerungsgruppe“ /Schmitz et al., 1983/.

Im Rahmen der **Untersuchungen des Forschungszentrums Karlsruhe im Jahre 1996** wurden 220 Halden- bzw. Aufbereitungsstandorte in Einzelprotokollen umfassend dokumentiert. Kleinere Halden im Umfeld wurden ebenfalls berücksichtigt, so dass insgesamt ca. **400 Haldenpositionen** aufgeführt sind. Die Halden wurden auf der Basis einer eingehenden Literaturrecherche und eigenen Kenntnissen der Autoren identifiziert.

Analog zu den Untersuchungen im Jahr 1983 liegen für alle Standorte Formblätter vor, die u. a. Informationen über den Namen der Grube, die Koordinaten des Standortes, die Beschreibung der Lage, Abbauperiode, Größe, Volumen, Art der Oberflächenbedeckung und des Bewuchses, Nutzung der Halde und der angrenzenden Grundstücke und die Sekundärnutzung des Haldenmaterials enthalten. Die Halden wurden in topographischen Karten (1:25000, 1:5000) und zusätzlich photographisch dokumentiert. Für weitere 22 Positionen, in der Regel ehemalige Eisenwerke, wurden Kurzprotokolle erstellt. Der Schwerpunkt der Analytik lag auf der Bestimmung von toxischen Metallen, in einigen Fällen wurde auch der Gehalt der natürlichen Radionuklide U-238, Ra-226, Pb-210 und Th-232 bestimmt. Im Rahmen der Begehung der Halden und der Umgebung wurde die Dosisleistung gemessen und dokumentiert.

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB)

Im **Archiv des LGRB Baden-Württemberg** in Freiburg sind oberflächennahe Rohstoffe sowie Tiefenbodenschätze dokumentiert:

- Die Abbauflächen der oberflächennahen Rohstoffe sind in einer Aufschlusssdatenbank dokumentiert, in der laufende Betriebe und rückwirkend bis 1980 vollständig - sowie teilweise rückwirkend bis 1945 - alle stillgelegten Betriebe erfasst werden.
- Die Gewinnungsstellen von Tiefenbodenschätzen sind im Archiv des LGRB über alte topographische Karten zu identifizieren, in denen Bergbauberechtigungen rückwirkend

bis 1890¹⁸ eingezeichnet sind. Eine landesweite Dokumentation der Abbaustellen ist nicht vorhanden.

Detaillierte Informationen zu den Hinterlassenschaften sind in analoger Form in sogenannten **Einzelakten** dokumentiert (vgl. Abb. 43). Die Einzelakten sind nicht nach Rohstoffen, sondern nach Bergbauberechtigungen sortiert. Die Einzelakten enthalten in unterschiedlichem Detaillierungsgrad Unterlagen und Schriftwechsel des Unternehmens, Informationen zu den Abbaustellen hinsichtlich Lage, Geologie, Abbauzeitraum, wissenschaftliche Berichte und ähnliches.



Abb. 43: Archivbestände des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg in Freiburg (Auswahl)

¹⁸ 1890: Erlass des Badischen Berggesetzes

Die Archivstücke des LGRB in Baden-Württemberg weisen umfangreiche Informationen auf, sind jedoch hinsichtlich der hier gestellten Fragestellung nicht aufbereitet. Im Rahmen einer Identifizierung von Hinterlassenschaften ist eine zeitintensive Einsichtnahme in die Archivstücke vor Ort erforderlich. Das Archiv stellt eine sehr gute Ergänzung zu den oben dargestellten Untersuchungen des Forschungszentrums Karlsruhe dar.

4.2.3.2.3 Identifizierung an Beispielen

Als Beispiel ist im Anhang A 4 der „**Untere Antonstollen**“ im Heubachtal in Baden-Württemberg (mittlerer Teil) dargestellt. Die Daten sind der Literatur /Fritsche et al., 1996-2/ entnommen. Es handelt sich hierbei um eine **Hanganschüttung (Granit und Baryt)** mit einer Fläche von 3000 m² und einem Inhalt von 5000 m³, die mit Bäumen und Jungpflanzen bewachsen ist. Die Ergebnisse der gammaspektrometrischen Analyse zeigen erhöhte Aktivitätswerte für die Radionuklide U-238, Ra-226, Pb-210 und Th-232. Die Hinterlassenschaft ist vor Ort mittels der Koordinaten des Standortes (**Gauß-Krüger Koordinaten mit Rechts- und Hochwert**), der **photographischen Dokumentation** und der **topographischen Karten** eindeutig zu identifizieren.

4.2.3.2.4 Adressenliste

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg Abt. 5 Landesbergdirektion Ref. 51 Bergwirtschaft, Bergbauberechtigungen, Markscheidewesen Urachstraße 23 79102 Freiburg im Breisgau Ansprechpartner: Dipl. Ing. Holger Schick (Bergdirektor, Assessor des Markscheidefachs) Tel.: 0761/7040028 Fax: 0761/78969	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Referat 44 Altlasten, Schadensfälle Postfach 21 07 52 76157 Karlsruhe Ansprechpartner: Herr Dr. Hahn Tel.: 0721/983-1212 Fax: 0721/983-1456
--	--

Email: schick@lgrb.uni-freiburg.de Web: www.lgrb.uni-freiburg.de	Email: Poststelle@lfuka.lfu.bwl.de Web: www.lfu.baden-wuerttemberg.de
GeoMinConsult Birkenstraße 7 74924 Neckarbischofsheim Ansprechpartner: Dr. Reinhard Fritsche Tel.: 07263/961964 Fax: 07263/64654 Email: r.fritsche@geominconsult.de	Forschungszentrum Karlsruhe Postfach 3640 76021 Karlsruhe Hermann-von-Helmholtz-Platz 1 76344 Eggenstein-Leopoldshafen Tel.: 07247 / 82-0 Fax: 07247 / 82-5070 E-Mail: info@fzk.de Web: www.fzk.de

4.2.3.3. Hessen

4.2.3.3.1 Wegweiser zum Auffinden

Die wesentliche Stelle für die Identifizierung von NORM-Hinterlassenschaften in Hessen ist das **Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)** in Wiesbaden.

In Hessen sind nur wenige lokale kleinräumige Vorkommen von Uranerzungen mit lediglich mineralogischem Interesse bekannt, in Nordhessen in der Braunkohle (z. B. Dillich) und in Südhessen im Kristallin des Odenwaldes (Nieder-Ramstadt, Mackenheim). Diese Vorkommen wurden im Rahmen von Sonderprogrammen beprobt und analysiert. Bergbauversuche von relevanten NORM-Materialien in Hessen sind nicht bekannt¹⁹.

Das HLUG verfügt über ein **Archiv**, in dem rückwirkend bis in die 50er Jahre umfangreiche **Berichte zur Uran- und Thorium-Prospektion** dokumentiert sind. Exemplarisch seien folgende Beispiele genannt:

- Hentschel und Kutscher, 1957: Prospektionsarbeiten auf Uran- und Thoriumerze im Kreise Waldeck durch die Gewerkschaft Brunhilde

¹⁹ Mündliche Aussage des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie. Genauere Prüfung steht aus.

-
- Uranerzbergbau GmbH, 1969: Bericht über die Prospektion auf Uran- und Thoriumerze im Taunus vom 28.07.1969 – 13.09.1969

Die Berichte sind hinsichtlich der Fragestellung dieser Studie nicht aufbereitet, können jedoch wichtige Informationen über Hinterlassenschaften enthalten. Im Rahmen einer Identifizierung von Hinterlassenschaften ist eine Einsichtnahme in die Archivbestände vor Ort erforderlich.

4.2.3.3.2 Adressenliste

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Postfach 3209
55022 Wiesbaden

Ansprechpartner: Dr. Fred Rosenberg
Tel. 0611-6939-925
Fax 0611-6939-941
E-mail: f.rosenberg@hlug.de

Web: www.hlug.de
Ansprechpartner Archiv: Frau Freiling
Tel. 0611-6939-478

4.2.3.4. Niedersachsen

4.2.3.4.1 Wegweiser zum Auffinden

Die wesentlichen Stellen für die Identifizierung von NORM-Hinterlassenschaften in Niedersachsen sind²⁰

- das Archiv des Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (Hannover)
- das Landesbergamt Clausthal-Zellerfeld

²⁰ Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) – vgl. Fußnote 9 - hat ihren Sitz ebenfalls in Niedersachsen (Hannover). Als Bundesbehörde hat die BGR jedoch – gemäß eigenen Aussagen – keine Lagerstättendatei, die für die hier gestellte Zielsetzung umfangreich genug wäre. Aus diesem Grund wird sie hier nicht aufgeführt.

-
- verschiedene Industrien
 - und das Forschungszentrum Karlsruhe.

In Zusammenarbeit mit den oben genannten Stellen hat das damalige Kernforschungszentrum Karlsruhe (jetzt Forschungszentrum Karlsruhe) bereits 1985 Untersuchungen von bergmännischen und industriellen Rückstandshalden in Niedersachsen auf eine mögliche Freisetzung radioaktiver Elemente durchgeführt. Ziel der Untersuchungen war es, eine Bestandsaufnahme der Aufhaldungen in Niedersachsen aus ausgelassenem und umgebendem Bergbau, aus Mineralaufbereitung und Kohleverbrennung durchzuführen. Die Erhebungsmessungen sollten aufzeigen, ob durch die Gewinnung und Aufbereitung von Bodenschätzen eine Freisetzung natürlicher Radionuklide vorhanden oder zu erwarten ist. Außerdem sollten für den Fall der Nutzungseinschränkung im Sinne einer Grenzwertregelung statistische Daten vorhanden sein, die die tatsächliche Auswirkung und Folgen von Strahlenschutzauflagen voraussehen lassen /Schmitz et al., 1985-2/. Die Ergebnisse der Untersuchungen stellen ein geeignetes Instrument für die Identifizierung von NORM-Hinterlassenschaften dar.

4.2.3.4.2 Struktur der Archive, Literatur

Forschungszentrum Karlsruhe, Berichte

Im Rahmen der in den **Berichten** des **Forschungszentrums Karlsruhe** dokumentierten Untersuchungen wurden mehr als **230 Deponien** aus Bergbau, Aufbereitung und Kohleverbrennung in Niedersachsen begangen, radiometrisch vermessen, nach einem einheitlichen Schema beurteilt und teilweise beprobt. Die meisten bergmännischen Halden enthalten Nebengestein aus alten und kleinen Blei/Zink- und Eisenerzbergwerken, während die umfangreichsten Aufhaldungen aus den Abgängen moderner Aufbereitungsanlagen oder aus der Asche- und Schlackedeponien stammen. Nicht mit einbezogen wurden die Halden des Kalibergbaus. In Tab. 25 sind die Arten und die Anzahl der in der Studie untersuchten Rückstandshalden aufgelistet.

Tab. 25: Art und Anzahl der im Rahmen der Studie des Forschungszentrums Karlsruhe untersuchten Rückstandshalden in Niedersachsen im Jahr 1985 /Schmitz et al., 1985-2/

Art der Hinterlassenschaft	Anzahl der untersuchten Halden
Blei/Zink-Halde	75
Eisen-Halde	48
Buntmetall-Halde	20
Baryt/Fluorit-Halde	18
Nebengesteinsaufhaldungen und Steinbrüche	22
Halde aus dem Bereich der Kohlegewinnung und Aschedeponie	23
Schlackedeponie und Rückstände aus der Mineralaufbereitung	15

Die Haldengröße variiert dabei stark. Die Häufigkeitsverteilung der Haldengrößen der untersuchten Hinterlassenschaften ist in Abb. 44 dargestellt.

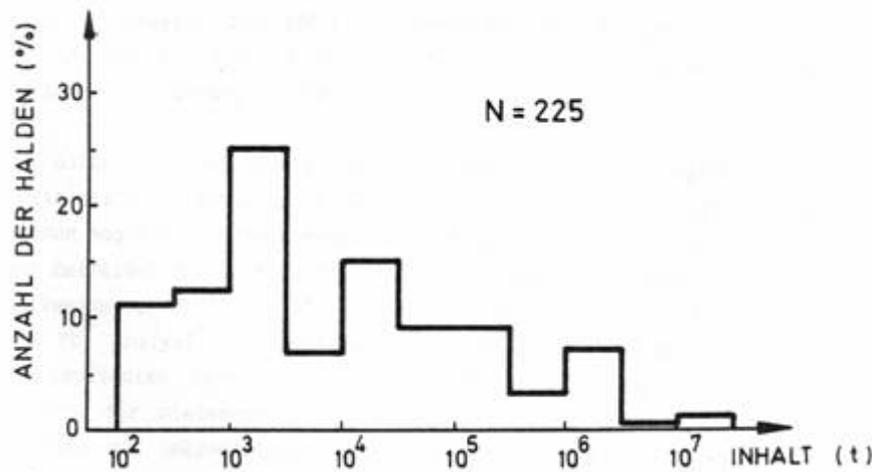


Abb. 44: Häufigkeitsverteilung der Haldengrößen der im Rahmen der Studie des Forschungszentrums Karlsruhe untersuchten Rückstandshalden in Niedersachsen im Jahr 1985 /Schmitz et al., 1985-2/

Für jeden einzelnen Standort liegen **Formblätter** vor, die Auskunft über die genaue topographische Lage, eine Beschreibung der Lokalität und – soweit bekannt – den Namen der Bergbautreibenden gibt. Neben einer Photodokumentation enthält der Bericht Kartenmaterial, wichtige mineralogische und lagerstättenspezifische Daten, Angaben über den mineralischen Abfallstoff, den Deponiezustand und die mögliche Nutzung und Mess- und Analysenergebnisse. Darüber

hinaus enthält der Bericht weiterführende Literaturangaben und Hinweise auf die nächstgelegene, von der Halde möglicherweise beeinflusste Bebauung und die zugehörige „kritische Bevölkerungsgruppe“.

4.2.3.4.3 Adressenliste

Niedersächsisches Landesamt für Bodenfor- schung Stilleweg 2 30665 Hannover Ansprechpartner: Dr. Alfred Langer Tel.: 0511-643-2471 Fax 0511-643-3668 E-mail: a.langer@nlfb.de Web: www.nlfb.de	Landesbergamt Clausthal-Zellerfeld (Bergbehörde für Niedersachsen, Schleswig- Holstein, Hamburg und Bremen) Postfach 1153 38669 Clausthal-Zellerfeld Tel.: 05323 / 72 - 3200 Fax: 05323 / 72 - 3258 E-mail: poststelle@lba.niedersachsen.de Web: www.lba.niedersachsen.de
---	---

4.2.3.5. Nordrhein-Westfalen

4.2.3.5.1 Wegweiser zum Auffinden

Die wesentlichen Stellen für die Identifizierung von NORM-Hinterlassenschaften in Nordrhein-Westfalen (NRW) sind

- die Abteilung Bergbau und Energie in NRW der Bezirksregierung Arnsberg und
- das Archiv des Geologischen Dienstes NRW.

In NRW haben das Landesumweltamt und das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Jahre 2001 eine Arbeitshilfe für flächendeckende Erhebungen über Altstandorte und Altablagerungen /LUA NRW, 2001/ herausgegeben. Die Arbeitshil-

fe soll eine flächendeckende Erhebung über Altstandorte und Altablagerungen ermöglichen, sowie Kriterien für die Identifizierung altlastverdächtiger Flächen schaffen.

Basierend auf dieser Arbeitshilfe wird derzeit bei der **Abteilung Bergbau und Energie in NRW** der Bezirksregierung Arnsberg ein Bergbau-Altlastenverdachtsflächen-Kataster (BAV-Kat) aufgebaut. Die Abteilung Bergbau und Energie in NRW ist aus dem zum 31.12.2000 aufgelösten Landesoberbergamt NRW hervorgegangen und hat die Zuständigkeiten und Aufgaben dieser ehemaligen oberen Landesbehörde übernommen. Im Rahmen der Erstellung des BAV-Kat werden Erhebungen über altlastverdächtige Flächen, die durch Aufsuchen, Gewinnen, Aufbereiten und Weiterverarbeiten von Bodenschätzen entstanden sind, durchgeführt und dokumentiert. Nach Abschluss der Arbeiten wird das BAV-Kat ein sehr gutes Instrument zur Identifizierung von bergbaulichen Hinterlassenschaften darstellen.

Der **Geologische Dienst NRW** mit Sitz in Krefeld ist die zentrale geowissenschaftliche Einrichtung des Landes Nordrhein-Westfalen. Er gehört zum Geschäftsbereich des Ministeriums für Verkehr, Energie und Landesplanung. Seine wesentlichen Aufgaben sind die Bewertung und Bereitstellung von Daten auf allen Gebieten der Geowissenschaften wie Geologie, Lagerstättenkunde, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie, Bodenkunde, Geochemie und Geophysik. Das Archiv des Geologischen Dienstes NRW stellt im Rahmen der Identifizierung von Hinterlassenschaften ein ergänzendes Instrument zu dem o.g. BAV-Kat dar.

4.2.3.5.2 Struktur der Archive, Literatur

Abteilung Bergbau und Energie in NRW der Bezirksregierung Arnsberg

Die Abteilung Bergbau und Energie in NRW der Bezirksregierung Arnsberg baut derzeit ein Bergbau-Altlastenverdachtsflächen-Kataster (BAV-Kat) auf. Die Bezirksregierung Arnsberg hat uns eine schriftliche Zusammenfassung des derzeitigen Projektstandes und Projektinhaltes zugesagt. Diese Zusammenfassung lag uns zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch nicht vor.

Archiv des Geologischen Dienstes NRW

Die **Archive des Geologischen Dienstes NRW** bewahren überwiegend unveröffentlichte Dokumente auf. Sie umfassen das Allgemeine Archiv, das Bohrarchiv und das Flözarchiv.

Im **Allgemeinen Archiv** werden ca. 65.000 Dokumente zu den Themen Boden, Baugrund, Grundwasser, Lagerstätten und Geologie von Nordrhein-Westfalen verwaltet, die nach gleichen Kriterien für das ganze Land gesammelt und dokumentiert wurden. Es handelt sich im Wesentlichen um Manuskriptkarten, Gutachten, Untersuchungsergebnisse und Berichte. Alle beschriebenen Unterlagen können im Rahmen einer Archiv-Einsichtnahme genutzt werden.

Im Archiv des Geologischen Dienstes befinden sich zahlreiche, z. T. **alte Berichte** zur Uran-Thorium-Exploration in NRW und Berichte über radiometrische Messungen im Rahmen der Landesaufnahme NRW. Beispiele hierfür sind der „Bericht über die mit Bundesmitteln geförderte und in der Zeit vom 01.04.1958 bis 31.03.1959 durchgeführte Uran- und Thoriumprospektion in Nordrhein-Westfalen“ (1959, 71 Seiten) oder die „Stellungnahme zur Radioaktivitätsbelastung der Lippe durch die Grubenwässer der Schachanlage Auguste Victoria und Waltrop“ (1981, 5 Seiten). Die Berichte sind z. T. als „vertraulich“ eingestuft.

Die Archivstücke des Geologischen Dienstes NRW weisen umfangreiche Informationen auf, sind jedoch hinsichtlich der hier gestellten Fragestellung nicht aufbereitet. Im Rahmen einer Identifizierung konkreter Hinterlassenschaften ist eine zeitintensive Einsichtnahme in die Archivstücke vor Ort erforderlich.

4.2.3.5.3 Adressenliste

Bezirksregierung Arnsberg Abteilung 8 Bergbau und Energie in NRW Goebenstr. 25 44135 Dortmund Ansprechpartner: Herr Kuschel	Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen –Landesbetrieb– Postfach 100763 47707 Krefeld De-Greiff-Str. 195 47803 Krefeld Ansprechpartner: Dr. Matthias Zeller
---	---

<p>Tel.: 0231-5410-218 Fax: 0231-5410-4-5082</p> <p>Email: heinz-helge.kuschel@bezreg-arnsberg.nrw.de Web: www.bezreg-arnsberg.nrw.de</p>	<p>Tel. 02151-897-465 Fax 02151-897-505 E-mail: Zeller@gd.nrw.de</p> <p>Ansprechpartner Archiv: Frau Lehmann Tel. 02151-897-593 Fax 02151-897-505 E-mail: franziska.lehmann@gd.nrw.de</p> <p>Web: www.gd.nrw.de</p>
---	---

4.2.3.6. Rheinland-Pfalz und Saarland

Die wesentlichen Stellen für die Identifizierung von NORM-Hinterlassenschaften in **Rheinland-Pfalz** und im Saarland sind

- das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz
- das Oberbergamt für das Saarland und das Land Rheinland-Pfalz
- das Archiv des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz und
- das Landesamt für Umweltschutz des Saarlandes.

Das **Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz** mit Sitz in Mainz ist die übergeordnete Behörde des Oberbergamtes für das Saarland und das Land Rheinland-Pfalz und des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz.

Das **Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGBRIP)** mit Sitz in Mainz übt die staatliche Aufsicht über den Bergbau aus. Der Aufsicht unterliegt das Aufsuchen, Gewinnen und Aufbereiten der im Bundesberggesetz (BBergG) abschließend aufgeführten bergfreien und grundeigenen Bodenschätze sowie bei untertägiger Gewinnung auch der übrigen Bodenschätze. Das LGBRIP verfügt über ein **Archiv**, in dem Daten zu Rohstoffvorkommen, Gewinnungsstellen analog **nach TK-Kartenblättern** geordnet dokumentiert sind. Die Dokumentationen gehen teilweise bis in die Anfänge des Bergbaus zurück. Für den nicht dem Bergrecht zugeordneten Komplex liegen hier keine Unterlagen vor.

In Rheinland-Pfalz sind jedoch keine historisch nennenswert relevanten Hinterlassenschaften bezüglich NORM-Materialien aus bergbaulichen Aktivitäten bekannt²¹. In den 50er und 60er Jahren wurde während einer Exploration einige kleinere Uranvorkommen festgestellt, die aber ohne bergbauliche Nutzung geblieben sind. Lediglich am Bühlskopf bei Ellweiler ging ein Abbau mit geringer Flächeninanspruchnahme um. Die Abbaustelle wurde vor einigen Jahren aus der Aufsicht der Bergbehörde entlassen. Strahlenschutzrechtliche Erfordernisse fanden im Rahmen der Wiedernutzbarmachung der Abbaufäche bereits Berücksichtigung.

Das **Oberbergamt für das Saarland und das Land Rheinland-Pfalz** mit Sitz in Saarbrücken führt **kein geeignetes Lagerstättenarchiv** für die Fragestellungen dieser Studie. Die Dokumentation über den Verwaltungsbezirk Rheinland-Pfalz liegt wie oben beschrieben beim LGBRIP. Für den saarländischen Teil sind lediglich Bergehalden des Steinkohlenbergbaus dokumentiert. Weitere Dokumentationen sind beim **Landesamt für Umweltschutz des Saarlandes** (Abteilung 2, Geologie, Boden, Grundwasser) in Saarbrücken zu finden.

4.2.3.6.1 Adressenliste

<p>Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz</p> <p>Stiftsstraße 9 55116 Mainz</p> <p>Ansprechpartner: Bergdirektor Werner Robrecht Tel. 06131 / 16-2520 Fax 06131 / 16-172520</p> <p>E-Mail: Werner.robrecht@mwvlw.rlp.de Web: www.mwvlw.rlp.de</p>	<p>Oberbergamt für das Saarland und das Land Rheinland-Pfalz</p> <p>Am Staden 17 66121 Saarbrücken</p> <p>Ansprechpartner: Thomas Adam Tel.: 0681 / 501-00 Fax: 0681 / 501-4876</p> <p>E-Mail: t.adam@bergverwaltung.saarland.de Internet:</p>
<p>Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz</p> <p>Postfach 10 02 55 55133 Mainz</p>	<p>Landesamt für Umweltschutz des Saarlandes Abteilung 2, Geologie, Boden, Grundwasser</p> <p>Don-Bosco-Str. 1 66119 Saarbrücken</p>

²¹ Aussage des Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz

<p>Emy-Roeder-Str. 5 55129 Mainz</p> <p>Ansprechpartner: Dr. Friedrich Häfner Tel. 06131 / 9254-362 Fax 06131 / 9254-124</p> <p>E-Mail: friedrich.haefner@lgb-rlp.de Web: www.lgb-rlp.de</p>	<p>Ansprechpartner: Dipl.-Geol. Hubert Thum Tel. 0681 / 8500-128 Fax 0681 / 8500-384</p> <p>E-Mail: h.thum@lfu.saarland.de Web: www.lfu.saarland.de</p>
--	--

4.2.3.7. Sachsen-Anhalt

4.2.3.7.1 Wegweiser zum Auffinden

Die wesentlichen Stellen für die Identifizierung von NORM-Hinterlassenschaften in **Sachsen-Anhalt** sind

- das Landesamt für Geologie und Bergwesen und
- das Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH.

Das **Landesamt für Geologie und Bergwesen (LABG)** mit Sitz in Halle ist aus der Verschmelzung des ehemaligen Geologischen Landesamtes mit den Bergämtern Halle und Staßfurt Anfang 2002 entstanden. Es verfügt über ein Lagerstättenarchiv, in dem die Daten in analoger und z. T. in digitaler Form vorliegen.

Das **Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH (UFZ)** - gegründet im Dezember 1991 - beschäftigt sich als erste und einzige Forschungseinrichtung der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren ausschließlich mit Umweltforschung. Die Gesellschaft sitzt in Leipzig mit Standorten in Halle, Magdeburg, Bad Lauchstädt (Versuchsstation), Falkenberg (Lysimeterstation). Das Forschungszentrum hat umfangreiche Untersuchungen zur Umweltradioaktivität und radiologischen Altlasten durchgeführt. Der Weg der Identifizierung von Hinterlassenschaften über das UFZ wurde im Rahmen des Vorhabens nicht detailliert erkundet, ist aber im Falle der späteren Identifizierung empfehlenswert. Im Folgenden ist deshalb nur die Archivstruktur des LABG in Halle dargestellt.

4.2.3.7.2 Struktur der Archive, Literatur

Das **Archiv des LAGB** in Sachsen-Anhalt besteht aus einem Berichts- und Kartenarchiv, sowie einem Bohrarchiv.

Das **Berichts- und Kartenarchiv** sammelt die unveröffentlichten, z. T. vertraulichen, geowissenschaftlich relevanten Berichte und Gutachten, sowie alle geologischen und bodenkundlichen Karten des Landes. Aus der langjährigen Erforschung des Landes stehen zur Zeit **12200 Berichte**, **22800 Gutachten** und **10000 Kartenblätter** den Nutzern zur Verfügung. Die Archivbestände sind in einem **Katalogsystem** erfasst und nach Fachgebieten, Autoren u. a. Kriterien erschlossen. Die systematische DV-gestützte Erschließung der vorhandenen geologischen Dokumentationen wurde begonnen. Der Dokumentenfond des Bohrarchives enthält bohrpunktbezogene Ergebnisse geowissenschaftlicher Untersuchungen, die für das Gebiet Sachsen-Anhalts relevant sind.

Für die Datenlage und Dokumentation von Lagerstätten, Altabbau und Halden gilt grundsätzlich:

- Alle aktiven Steine- und Erdenabbau, Lagerstätten und Vorkommen sind in der **Rohstoffdatenbank** des LAGB digital erfasst²² (vgl. auch /GLA Sachsen-Anhalt, 1999/, erster Rohstoffbericht für das Land Sachsen-Anhalt).
- Stillgelegte Tagebaue der Steine und Erden sind nicht vollständig in der Rohstoffdatenbank dokumentiert.
- Für die Halden des ehemaligen Kupferschiefer-Bergbaus und der Kupferschiefer-Verhüttung liegen die Daten auf **Erfassungsbögen des Rohstoffkataloges** 1973/1974 vor. Es handelt sich dabei um etwa **50 Berge- und Schlackehalden**, für die neben den geologisch-technischen Informationen auch chemische Analysedaten des Haldenmaterials erfasst sind. Diese Daten liegen in analoger Form vor.
- Lagerstätten der Erze, Salze, Spate und Braunkohle sind noch nicht in der Datenbank erfasst. Ein umfassender **Bericht zu den Erz- und Spat-Potenzialen** Sachsen-Anhalts mit einem historischen Abriss und einem Kapitel über Uran-Mineralisationen ist in /LAGB Sachsen-Anhalt, 2002/ zu finden.

²² Die Rohstoffdatenbank des LAGB in Sachsen-Anhalt gibt u. a. Auskunft über geologische, lagerstättengeologische, technische, qualitative und quantitative Angaben zum Rohstoff, sowie Gauß-Krüger Koordinaten zur Lage der Lagerstätte bzw. des Vorkommens.

4.2.3.7.3 Adressenliste

<p>Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB)</p> <p>Dezernatsgruppe 3 Angewandte Geologie</p> <p>Postfach 156 06035 Halle</p> <p>Köthener Str. 34 06118 Halle</p> <p>Ansprechpartner: Dr. Klaus Stedingk Tel. 0345-5212-128 Fax 0345-52 29 910 E-mail: Stedingk@lagb.mw.lsa-net.de</p> <p>Ansprechpartner: Herr P. Karpe Tel. 0345-5212-156 Fax 0345-52 29 910 E-mail: karpe@lagb.mw.lsa-net.de</p> <p>Web: www.mw.sachsen-anhalt.de/gla</p>	<p>Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB)</p> <p>Dezernat 53 Markscheide- und Berecht- samswesen, Altbergbau</p> <p>Postfach 156 06035 Halle</p> <p>Köthener Str. 34 06118 Halle</p> <p>Ansprechpartner: Herr Jost (ehemaliges Berg- amt Staßfurt) Tel. 0345-5212-0 Fax 0345- E-mail: Jost@lagb.mw.lsa-net.de</p> <p>Web: www.mw.sachsen-anhalt.de/gla</p>
<p>Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH Standort Leipzig</p> <p>Permoserstraße 15 D-04318 Leipzig</p> <p>Telefon: (0341) 235-2242 Telefax: (0341) 235-2791</p> <p><u>Versuchsstation Bad Lauchstädt</u> Hallesche Straße 44 D-06246 Bad Lauchstädt Telefon: (034635) 73-0</p>	

4.3 Identifizierung industrieller Hinterlassenschaften

4.3.1 Allgemeine Methodik

Unter industriellen Hinterlassenschaften werden im Folgenden NORM-Materialien verstanden, die aus dem in der Vergangenheit stattgefundenen **Prozess** der **Herstellung (Produktion)**, **Verteilung (Distribution)** und dem **Gebrauch/Anwendung (Applikation)** von Industrieprodukten hervorgehen.

Im Prozess der **Produktion-Distribution-Applikation** der Industrieprodukte entstehen verschiedene Arten von Hinterlassenschaften; die schematische Darstellung in Abb. 45 zeigt die wichtigsten.

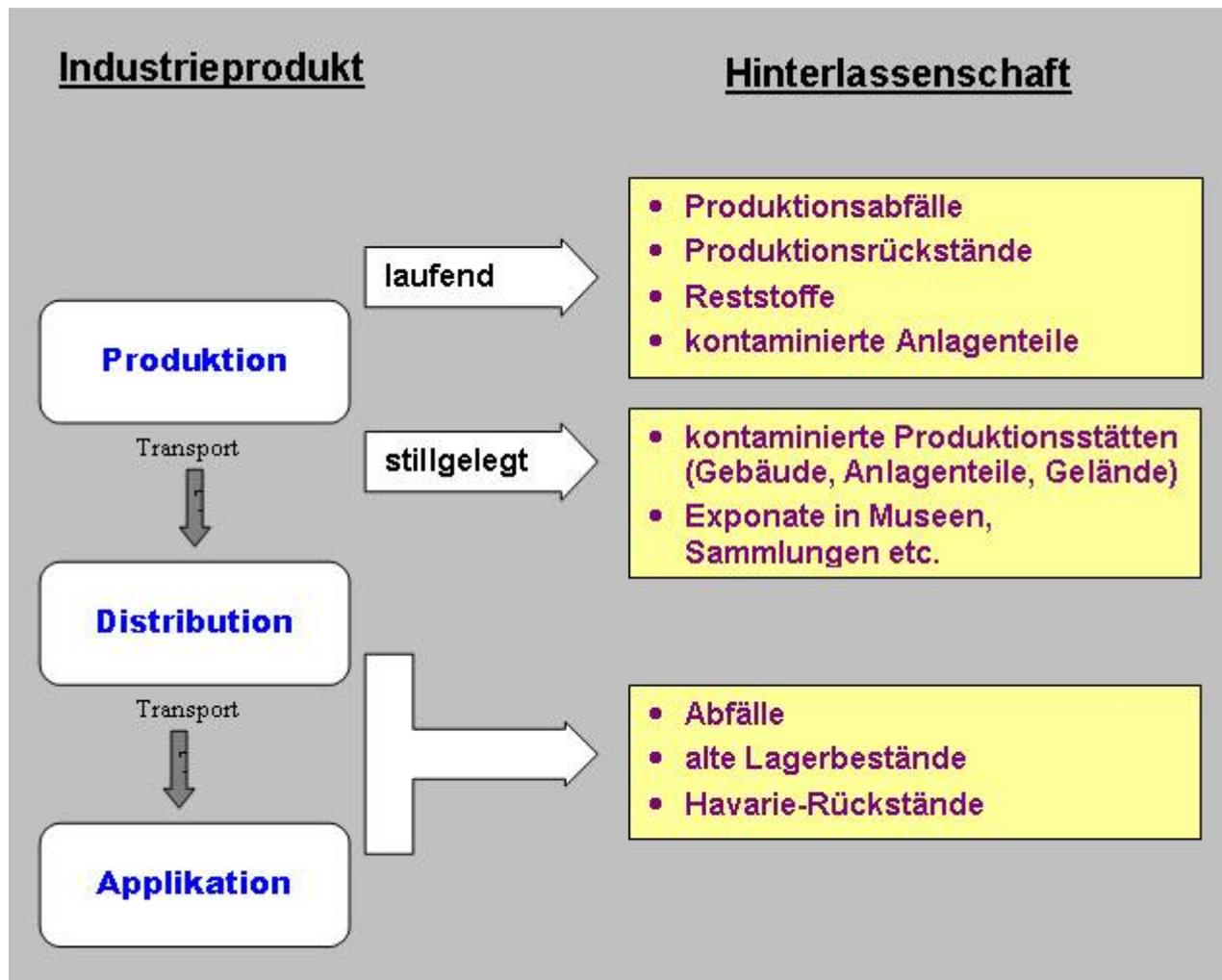


Abb. 45: Schematische Darstellung möglicher industrieller Hinterlassenschaften aus dem Prozess Herstellung-Verteilung-Anwendung

Am Beispiel der Herstellung von Gasglühkörpern zur Signalbeleuchtung bei der „Bahn“ sollen die in Abb. 45 dargestellten einzelnen Hinterlassenschaften verdeutlicht werden. Abb. 46 zeigt die Beispiele.

**Produktion
laufend**



Art der Hinterlassenschaft	Beispiel
Produktionsabfälle	mit $\text{Th}(\text{OH})_4$ imprägnierte Kunstseidewebereste, die bei den Arbeitsgängen Zuschneiden der Schlauchware und Stanzen anfallen
Produktionsrückstände	Rückstandsfraktionen aus der Abwasserreinigungsanlage für thoriumhaltige Lösungen
Reststoffe	Reste bei der Thoriumrückgewinnung aus gebrauchten Glühkörpern
kontaminierte Anlagenteile	Stammansatzbehälter, Schleuder, Rundstanze, Schneidemaschine, Brennofen

**Produktion
stillgelegt**



Art der Hinterlassenschaft	Beispiel
kontaminierte Produktionsstätten	durch thoriumhaltige Flüssigkeiten kontaminierte Gebäudeteile (Wände, Böden), Bodeneinläufe, Kanäle, Erdreich
Exponate in Museen,	Alte Signallaternen mit Gasbeleuchtung und thorierten

**Distribution/
Applikation**



Art der Hinterlassenschaft	Beispiel
Abfälle	aus Signallaternen entfernte gebrauchte Glühkörper (Wartungsraum des Propanwartungszuges)
Alte Lagerbestände.	übriggebliebene Glühkörper nach Umstellung auf elektrische Signalbeleuchtung in einem Lagerhaus
Havarie-Rückstände	Brandschutt nach Brand in Glühkörper-Lager

Abb. 46: Erläuterung der Arten von industriellen Hinterlassenschaften am Beispiel von Gasglühkörpern für die Signalbeleuchtung bei der „Bahn“

Die wesentlichen **Möglichkeiten zur Identifizierung** von **industriellen NORM-Hinterlassenschaften** sind schematisch in Abb. 47 dargestellt.

Wir haben die in Abb. 47 dargestellten „Recherche-Werkzeuge“ zur Identifizierung an folgenden Industrieprodukten „getestet“:

- thorierte Gasglühkörper
- thorierte Wolframelektroden
- radiolumineszierende Ziffernblätter und Zeiger in der Uhrenindustrie
- thoriumhaltige Katalysatoren bei der Fischer-Tropsch-Synthese

Die diesbezüglichen Recherche-Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln im Überblick dargestellt.

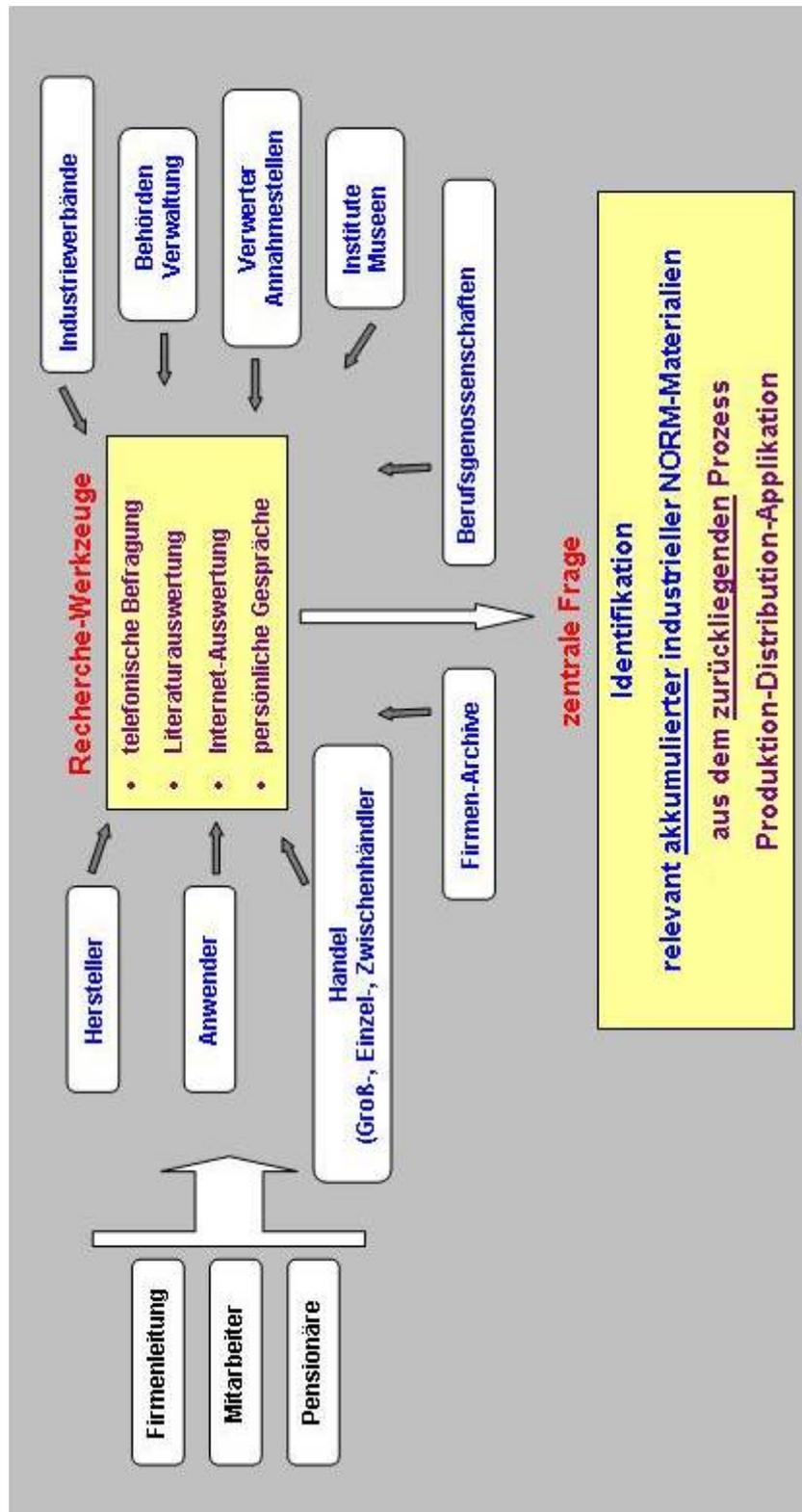


Abb. 47: Schematische Darstellung von Recherche-Möglichkeiten zur Identifizierung industrieller NORM-Hinterlassenschaften

4.3.2 Thorierte Gasglühkörper

4.3.2.1. *Produktion*

Allgemeine Informationen

Nach der Zerstörung der zur „Degussa“ gehörigen **Produktionsstätte für Glühstrümpfe/Glühkörper** in **Oranienburg** gegen Ende des 2. Weltkrieges wurden zwei neue Produktionsstätten gegründet; in der westlichen Besatzungszone am Standort **Berlin-Wedding** und in der ehemaligen DDR in **Bad-Liebenstein/Schweina** in der Nähe von Eisenach in Thüringen.

Die Westberliner Produktion zog Ende der siebziger Jahre nach **Neukölln** (Thiemannstraße) um, der Standort in Wedding (Fr.-Krause-Ufer) wurde saniert.

Die Produktion von knapp 1 Mill. Stück thoriertes Gasglühkörper für die Signalbeleuchtung an Bahnstrecken, die Seezeichenbeleuchtung in der Binnenschifffahrt, Straßenlaternen, Baustellenbeleuchtung und für den Campingbereich soll nach Dekontamination der Produktionsräume in naher Zukunft auf die Produktion auf thoriumfreie Glühkörper umgestellt werden.

In der ehemaligen DDR wurden am Standort Schweina bis 1985 Glühkörper zur Signalbeleuchtung an Bahnstrecken der „Deutschen Reichsbahn“ produziert, von 1984 bis 1988 im Nachbarort Bad-Liebenstein. Die Produktionsräume am Standort Bad Liebenstein wurden Mitte der neunziger Jahre saniert, das Produktionsgebäude in Schweina wurde 1998/99 dekontaminiert, der Gebäudeabriss erfolgte 2003. Die Sanierung des umliegenden Geländes steht noch aus.

Laufende Produktion

Reststoffe aus der laufenden Produktion existieren keine mehr, da die Rückgewinnung von Thorium aus gebrauchten Glühkörpern eingestellt wurde.

Produktionsabfälle und -Rückstände wurden bei der Westberliner Produktionsfirma von Mitte der siebziger Jahre bis 1985 der Landessammelstelle (Hahn.Meitner Institut in Wannsee) zugeführt. Ab 1985 werden diese Materialien von der Firma „AEA Technology“ in Braunschweig entsorgt.

Über den Verbleib der Abfälle und Rückstände vor dieser Zeit konnte nichts eruiert werden. Für den Zeitabschnitt von 1945 bis 1975 könnten eine Befragung pensionierter Angestellter und die Einsichtnahme in alte Firmenunterlagen (falls noch vorhanden) evtl. noch Informationen zu Tage fördern. Allerdings wurden am Standort Wedding nach Auskunft der Firma viele Unterlagen durch einen Hochwasserschaden vernichtet. Für den Zeitraum vor 1945 könnten nur Unterlagen im Industriearchiv der Fa. Degussa Auskunft geben, da der Standort Oranienburg durch die Kriegshandlungen stark zerstört wurde. Wir werden uns um eine Einsichtnahme in diese Unterlagen bemühen.

Stillgelegte Produktion

Der **Standort Oranienburg**, an dem auch Erze, wie Monazit, aufbereitet wurden, wird saniert.

An den noch nicht sanierten Geländeflächen am **Standort Schweina** finden sich Erdreichkontaminationen bis zu 15.000 Bq/kg pro Radionuklid der Th-Reihe, Schlämme aus dem Kanalsystem enthalten bis zu 60.000 Bq/kg.

4.3.2.2. *Distribution/Applikation*

Während der aktuelle Glühkörperbedarf für die Bereiche städtische Gasbeleuchtung (ca. 500.000 St.), Bahn (ca. 250.000 St.), Schifffahrt (ca. 3.000 St.) und Gartenhaus-/Berghütten-/Marktstand-/Campingbereich unter 1 Mill. Stück liegt, wurden früher allein bei der Bahn ca. 1 Mill. Glühkörper pro Jahr verbraucht.

Die **Deutsche Bundesbahn** entsorgt seit Ende der siebziger Jahre ihre **Glühkörper-Abfälle** bei der Landessammelstelle am Forschungszentrum Jülich. Vorher wurden diese an den jeweiligen Einsatzorten der Propanwartungszüge (wahrscheinlich direkt an den Signalmasten) „entsorgt“.

Bei der **Deutschen Reichsbahn** gab es eine **Rückführung** der Glühkörper zur Thorium-Rückgewinnung bzw. ebenfalls eine „**Entsorgung**“ vor Ort.

Im Bereich der **städtischen Gasbeleuchtung** (Berlin, Düsseldorf, Dresden, Baden-Baden, Mainz, Frankfurt etc.) erfolgt aktuell eine Sammlung und **Entsorgung der Glühkörper-Abfälle** (z. B. Düsseldorf seit ca. 1990 zurück an Hersteller; Baden-Baden seit 1989 zum Forschungszentrum Karlsruhe, Frankfurt seit Mitte der neunziger Jahre zu AEA Technology).

Vor den genannten Zeiträumen wurden die **Abfälle** mit dem **Hausmüll** entsorgt oder in den am Einsatzort nächstgelegenen Papierkorb geworfen. Dabei verblieben auch immer Glühkörperreste am Fuße der Gaslaternen (Bodenkontamination).

In allen befragten städtischen Betrieben, gab es keine Mitarbeiter mehr, die über die Sachverhalte aus eigener Anschauung Auskunft geben konnten. Es war aber die Bereitschaft vorhanden, im Bedarfsfall Pensionäre ausfindig zu machen, die über die damaligen Vorgänge aus eigenem Erleben berichten können. Die Hauptfrage wird dabei sein, ob sich an bestimmten Stellen nennenswerte Anhäufungen von Glühkörper-Abfällen befinden.

Bei der **Lagerung** von Glühkörpern/Glühstrümpfen wurden Stückzahlen von ca. 150 bis ca. 50.000 ermittelt (vgl. /Reichelt et al., 1993/). Bei einer neueren Begehung eines Lagerhauses (im Rahmen von Thoronmessungen) wurden für den Campingbereich vor allem importierte Glühstrümpfe aus China vorgefunden.

4.3.3 Thorierte Wolframelektroden

4.3.3.1. *Produktion*

Allgemeine Informationen

Der einzige deutsche **Hersteller** thoriierter Wolfram-Elektroden für das WIG-Schweißen hat seinen Firmensitz in **Traunstein** (Bayern). Die Firma setzt für ihre Elektroden-Produktion ca. 2000 kg ThO₂ ein und exportiert ihre Erzeugnisse zu einem Anteil von ca. 95 % weltweit in 42 Länder. Nur ca. 5 % der produzierten thorierten Elektroden verbleiben im Inland, vor allem in Bayern (Tendenz stark fallend, wegen der Substitution mit thoriumfreien Elektroden).

Die für Hochdruckentladungslampen benötigten Wolfram-Elektroden werden von den Lampenherstellern selbst produziert.

Laufende Produktion

Die jetzige Elektrodenproduktion erfolgt unter behördlicher Aufsicht. Über die Entsorgung von Produktionsabfällen und -Rückständen in der Vergangenheit liegen uns zur Zeit keine Informationen vor.

Stillgelegte Produktion

Der zweite **Produktionsstandort** in Bayern (**Dachau**), wurde zum Ende der achtziger Jahre aufgegeben und saniert. Er wies Bodenkontaminationen zwischen ca. (70-7.000) Bq/kg für Th-232, ca. (25-600) Bq/kg für Ra-228 und ca. (25-5600) Bq/kg für Th-228 auf.

4.3.3.2. *Distribution/Applikation*

In /Reichelt et al., 1993/ wird der jährliche Wolfram-Elektrodenverbrauch für Deutschland auf ca. 1,5 Mill. St. geschätzt. Die Tendenz ist wegen den thoriumfreien Alternativangeboten stark rückläufig.

Die **Abfälle** (Elektroden-Reste, Schleifstäube, Filterstäube) wurden in der Vergangenheit nicht geordnet entsorgt. Deshalb werden sich auf **Deponien** nur in Ausnahmefällen größere Anhäufungen dieser Abfälle befinden.

Nicht klassifizierte **Elektrodenabfälle** kommen als **Einzelfunde** immer wieder vor (Funde bei der DB, bei Annahmestationen der Abfallwirtschaft, bei Schrottaufarbeitungsfirmen). Wir hatten jüngst im Rahmen unserer Tätigkeiten eine gefundene „Mulde“ mit ca. 20 kg WIG-Schweiß-Elektroden-Resten (Ortsdosisleistung: 3 μ Sv/h in Kontakt zur Mulde) zu bewerten.

Die Recherchen beim **Elektroden-Handel** ergaben folgendes: ein großer Elektrodenimporteur bezieht aus China monatlich ca. 100.000 St. Wolframelektroden, davon sind ca. 40.000 St. thoriert. Von diesen werden ca. 20 % an Großhändler in Deutschland geliefert, 80 % werden exportiert (vor allem nach Frankreich, Großbritannien, Italien). Der Anteil der thorierten Elektroden nimmt ständig ab. Abfälle in relevanten Mengen entstehen beim Vertrieb der Elektroden nicht.

4.3.4 Radiolumineszierende Ziffernblätter und Zeiger in der Uhrenindustrie

4.3.4.1. *Produktion*

Allgemeine Informationen

Zur Erzeugung eines Selbstleuchtens von Uhrenzifferblättern, Instrumenten in Flugzeugen, Luftschutzmarken usw. wird u. a. der physikalische Effekt der **Radiolumineszenz** benutzt. Dabei wird die Emission sichtbaren Lichtes durch Anregung eines Szintillators mit energiereicher radioaktiver Strahlung erreicht. Als Radionuklide werden Pm-147 und H-3, früher vor allem Ra-226 benutzt. **Radiumleuchtfarben** wurden vor dem 2. Weltkrieg in Deutschland für verschiedene Zwecke im **häuslichen, industriellen und militärischen Bereich** verwendet. Nach dem 2. Weltkrieg wurde Radium für die Verwendung in Leuchtfarben durch die amerikanische Besatzungsmacht untersagt (ca. 1950). In Amerika wurden nach tragischen Erkrankungen von Zifferblattmalerinnen im Jahre 1924 und deren Klage gegen ihren Arbeitgeber umfassende Untersuchungen, unter dem wachsamen Auge der Öffentlichkeit und der Presse, hinsichtlich der Radiotoxizität von Radium durchgeführt /Cloutier, 1980/. Radiumfarben wurde durch die Verwendung von weit weniger toxischem Pr-147 und H-3 sukzessive ersetzt.

Stillgelegte Produktion

In der Uhrenregion **Schwarzwald** im Südwesten der BRD gab es mehrere Groß- und Kleinbetriebe in der Zifferblattmalerei und Uhrenkonstruktion. Einziger Lieferant für den Süd-Westen der BRD von Radium-Pulver war die Firma **Maier-Leuchtfarben, Villingen-Schwenningen**, die 1979 den alten Standort aufgegeben hat und entsprechend saniert wurde. Angaben zu Mengen konnten keine gefunden werden. In der Uhrenregion Schwarzwald gibt es keine ehem. Standorte der Zifferblattindustrie, oder Uhrenindustrie die bis heute noch nicht sach- und fachgerecht saniert wurden /Schüttelkopf, 2003/. Es wird davon ausgegangen, dass die Erfahrungen aus dem Schwarzwald auf das Gebiet der BRD übertragen werden können.

In **Thüringen** wurde in dem Zeitraum 1993 bis 1994 die **VEB Uhren- und Maschinenfabrik Ruhla** saniert. Im Rahmen der Produktion der Uhren wurde bis Anfang der 60er Jahre Ra-226, später Pm-147, verwendet. Bei der Sanierung wurde nur das Radionuklid Pm-147 gefunden. Bei Mitarbeitern der Fabrik sind Lippentumore durch das Ablecken der Pinsel aufgetreten.

In **Sachsen** wurde die **VEB Uhrenfabrik Glashütte** saniert. Im Rahmen der Produktion der Firma wurde bis Anfang 1970 Ra-226, später Pm-147, verwendet.

Die Reststoffe der **VEB Uhrenfabrik Glashütte** wurden nach **Lomen** (SAAS) entsorgt. Weitere Daten liegen nicht vor.

Die **Großindustrie** in der **ehemaligen DDR** ist bereits saniert. Da es in der Vergangenheit auch kleinere handwerkliche Produktionsstätten gab, können durchaus noch Ra-226-Funde auftreten.

In **Senden bei Ulm** gibt es eine Uhrenfabrik, in der von 1947 (Erbauung der Fabrik) bis 1950 (Ra-226 Verbot) mit Radium umgegangen wurde. Es handelt sich hierbei um ein 105.000 m² großes Grundstück mit einer Nutzfläche von 35.000 m². Die radiologisch relevanten Gebäude sind die Ziffernblatt-Montage, diverse Lagerräume und Abfalllager.

Beim **Max-Plank-Institut für Bio-Physik in Frankfurt** (Kennedy-Allee) wurde im Jahr 1980 durch Zufall entdeckt, dass die 3. Etage des Institutes (damals Kaiser-Wilhelm-Institut) von 1944-1946 an eine Firma mit kriegswichtiger Produktion vermietet wurde. Da die GSF in der 1. Etage des Gebäudes ein Labor (C-14, H-3) hat, wurden im Außenbereich Nulleffektmessungen durchgeführt. Im Rahmen dieser Messungen wurde an einer Position über einem Kanalschacht eine erhöhte Dosisleistung bemerkt. Durch den Verfolg der erhöhten Dosisleistung gelangte man in die ehemaligen Produktionsräume. Es stellte sich heraus, dass in den Räumen beim Bemalen von Zeigern mit Ra-226 umgegangen wurde. Einige Gebäudestrukturen, insbesondere der Kamin, waren stark kontaminiert. Im Jahr 1990 erfolgte die Sanierung der Gebäudestrukturen. Es zeigte sich, dass vorhandene Kontaminationen meist überstrichen bzw. vermauert waren.

Als **Fazit** ist zusammenfassend festzustellen, dass **Hinterlassenschaften** in dem Industriezweig „Radiolumineszierende Ziffernblätter und Zeiger in der Uhrenindustrie“ sehr wahrscheinlich sind.

4.3.4.2. *Distribution/Applikation*

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Messungen an Ziffernblättern aus einem **Uhrenmuseum** im Schwarzwald durchgeführt. Die Messungen ergaben Dosisleistungen auf Kontakt mit einem ESM FH 40 GL an Zifferblättern von bis zu 10 µSv/h (B-Uhr aus dem 2. Weltkrieg). Desweiteren wurden in dem Uhrenmuseum zwei kleine Töpfe mit Resten von Radium-Farbe (eingetrocknet) gefunden. Diese hatten eine maximale Dosisleistung auf Kontakt von ca. 10 µSv/h. Eine

Luftschutzmarke aus dem 2. Weltkrieg (Erkennungsmarke bei Dunkelheit) mit einer Dosisleistung von ca. $50 \mu\text{Sv/h}$ auf Kontakt wurde ebenso gemessen. In den folgenden Abbildungen sind einige Museumsstücke dargestellt.



Abb. 48: Glastöpfe mit eingetrockneter Radiumfarbe



Abb. 49: Beobachtungs-Uhr aus dem 2. Weltkrieg



Abb. 50: Luftschutzmarke aus dem 2. Weltkrieg

4.3.5 Thoriumhaltige Katalysatoren bei der Fischer-Tropsch-Synthese

4.3.5.1. Produktion

Allgemeine Informationen

Nach dem ersten Weltkrieg versuchte Deutschland sich aus der Abhängigkeit von Rohöl für Treibstoffe aus dem Ausland zu befreien, indem sie versuchten **aus dem Rohstoff Kohle**, der für die damaligen Verhältnisse ausreichend zur Verfügung stand, **Treibstoffe für Verbrennungsmotoren** herzustellen. Friedrich Bergius (1884-1949) startete dieses Programm, Franz Fischer (1877-1947) und Hans Tropsch setzten dieses technisch mit der heute bekannten Fischer-Tropsch-Synthese um. IG Farben, Ruhrchemie und andere Firmen industrialisierten das Deutsche Energie Programm mit der Entwicklung des Bergius-Prozesses und der Fischer-Tropsch-Synthese von 1920 an bis zum Ende des 2. Weltkrieges.

Stillgelegte Produktion

Das Verfahren wurde an **9 Standorten** erfolgreich großtechnisch durchgeführt, ein Standort befand sich im Aufbau und der Erprobungsphase. Die verwendeten Katalysatoren waren an allen Standorten identisch in ihrer Zusammensetzung: 100 Co:18 ThO₂: 100 Kieselgur. In einigen späteren Dokumentationen findet man Angaben zu Katalysatoren nach 1938 mit der Zusammensetzung 100 Co: 5 ThO₂: 8 Mg: 180-200 Kieselgur. Dies erscheint aber nicht repräsentativ, da diese Zusammensetzung lediglich in einer Probenentnahme durch die Alliierten aus einem Transportkessel mit Katalysator am Standort Gewerkschaft Rheinpreussen festgestellt wurde. Alle Standorte wurde durch die Luftangriffe der Alliierten so beschädigt, das eine weitere Produktion nicht mehr möglich war.

An den 9 Standorten waren alle Synthesenanlagen mit Katalysatoren bestückt, teilweise waren Katalysatoren vorgehalten. Die Katalysatoren wurden in **Rheinpreussen** regeneriert. Die Angaben zur Betriebsstundenzahl ist an allen Standorten unterschiedlich, teilweise schwanken die Verwendungszeiten an den einzelnen Standorten stark. Dies ist bedingt durch die Reinheit des verwendeten Synthesegases. Je höher der Anteil von Schwefel in dem Synthesegas, umso schneller wurde der Katalysator verbraucht. Eine Abschätzung der Gesamtmenge an Katalysatoren mit ThO₂ gestaltet sich schwierig. Als konservative Abschätzung wird angenommen, dass für jede Fabrik die doppelte Menge der Gesamtbeladung an Katalysatormaterial vorliegt, eine Beladung für den Be-

trieb, eine zur Regeneration in Rheinpreussen. In der Tab. 26 werden die Massen der Beladungen der einzelnen Standorte aufgelistet.

Tab. 26: Produktionszahlen der Fischer-Tropsch-Synthese und Katalysatormengen am Standort

Standort	Produktionsbeginn Jahr	Produktion 1944 Mg ²	Katalysatormenge am Standort
Ruhrbenzin AG, Oberhausen-Holden ⁴	1938	10.000- 25.000	7 m ³
Steinkohle-Bergwerk Rheinpreussen, Moers-Meerbeck	1936	19.700 (75.000)*	252 Mg
Gewerkschaft Viktor, Klocknerwerke- Wintershall AG, Castrop-Rauxel	1936	40.380 (80.000)*	330 Mg
BRABAG ³ , Schwarzheide	1937	158.500 (210.000)*	K.A.
Mitteldeutsche Treibstoff und Öl Werke, Lützkendorf	1938	29.300	K.A.
Krupp Treibstoffwerk, Wanne-Eickel	1938	39.802	198 Mg
Chemische Werke Essener Steinkohle AG, Bergkamen	1939	86.580 (75.000)*	240 Mg
Hoesch-Benzin GmbH, Dortmund	1939	51.000	K.A.
Schaffgotsch Benzin GmbH, Odertal	1941	39.200	60 m ³

* Angaben Prof. Wolfgang A. Hermann (TUTI), ²)Anthony Stranges (TexasA&M University) Department of History,
³)saniert 1996, ⁴)nicht im Produktionsbetrieb gewesen

5. Zusammenfassung der im Rahmen von Teil 1 gewonnenen Ergebnisse

Die Aufgabe des vorliegenden Forschungsvorhabens ist die Schaffung von Grundlagen zur radiologischen Bewertung von NORM-Hinterlassenschaften aus früheren Tätigkeiten. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis von konkreten Hinterlassenschaften. Dazu wurde zunächst eine Liste der radiologisch relevanten Hinterlassenschaften erarbeitet und im Weiteren die Kenntnisträger ermittelt, mit deren Hilfe man NORM-Hinterlassenschaften auffinden kann. Damit lassen sich für eine Vielzahl technischer Prozesse die radiologisch relevanten NORM-Hinterlassenschaften in der Bundesrepublik Deutschland eruieren.

5.1 Ermittlung von radiologisch relevanten NORM-Hinterlassenschaften

Zur radiologischen Relevanz von NORM-Hinterlassenschaften tragen im Wesentlichen zwei Eigenschaften bei: die massenbezogene Aktivität der Hinterlassenschaften und ihr Massenaufkommen in der Bundesrepublik Deutschland.

Zur Ermittlung der massenbezogenen Aktivitäten einer weiten Vielfalt von Rückständen aus technischen Prozessen, aber auch von Produkten, in denen natürliche Radioaktivität angereichert ist, wurde eine breit angelegte Literaturstudie in der einschlägigen Strahlenschutzliteratur durchgeführt. Als technologische Prozesse, die sich durch Rückstände auszeichnen, deren massenbezogene Aktivität das eingangs definierte Kriterium von 200 Bq/kg sprengt, wurden u. a. folgende ermittelt:

- Gewinnung von Kohle
- Gewinnung von Metallen aus ihren Erzen
- Förderung von Erdöl und Erdgas
- Verarbeitung von Rohphosphaten

Alle Produkte, in denen Stoffe mit natürlichen Radionukliden aufgrund ihrer speziellen physikalisch-chemischen Eigenschaften Verwendung finden, zeigten höhere Aktivitäten als 200 Bq/kg. Jedoch aufgrund der Tatsache, dass sie in der Regel nach ihrer Verwendung keinen Monodeponien zugeführt wurden und heute nur noch in Ausnahmen verwendet werden, kann die radiologische Relevanz der Produkte selbst ausgeschlossen werden, nicht aber die der Rückstände aus der Herstellung der entsprechenden Produkte.

Zur Ermittlung des Masseaufkommens der NORM-Hinterlassenschaften wurden umfangreiche historische Recherchen vor allem zur Förderung, Import und Export von Rohstoffen betrieben, aus deren Aufbereitung NORM-Hinterlassenschaften resultieren. Es wurden dabei technologische Prozesse bis ins 19. Jahrhundert betrachtet. Bei den Recherchen zeigte sich, dass mit erheblichen NORM-Hinterlassenschaften aus dem Bereich der

- Gewinnung von Kohle
- Gewinnung von Metallen aus ihren Erzen

zu rechnen ist.

5.2 Identifikation von NORM-Hinterlassenschaften

Mit Kenntnis der potenziellen NORM-Hinterlassenschaften von radiologischer Relevanz lassen sich Standorte, in der Regel in Form von Halden oder Deponien, identifizieren. Allerdings benötigt dieser Schritt die Kenntnis der Wissensträger. Diese wurde im vorliegenden Vorhaben, nach Bundesländern geordnet, ermittelt. Ein Konzept zur Auffindung konkreter NORM-Hinterlassenschaften sowie Adressen und Ansprechpartner sind in Kap. 4 zusammengeführt.

6. Literatur

AOS-Stade, 2004: Internet-Information der Fa. Aluminium Oxid Stade GmbH, Johann-Rathje-Köser-Straße, D-21683 Stade-Bützfleth,
<http://www.aos-stade.de/pages/produktion/main-produktionsverfahren.html>

Barthel et al., 1999: Barthel, R., Goldammer, W., Kistingner, S., Kugeler, E., Nüsser, A., Thierfeldt, S., Ableitung von Überwachungsgrenzen für Reststoffe mit erhöhten Konzentrationen natürlicher Radioaktivität, einschließlich Anhänge A und B, Brenk Systemplanung, BS-Bearb. Nr. 9410-2, erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Aachen, 31. Mai 1999 und 24. August 1999 (Anhänge A und B)

Barthel et al., 2000: Barthel, R., Goldammer, W., Hake, E., Kugeler, E., Eingrenzung und Bewertung der von den vorgesehenen NORM-Regelungen der Novelle StrlSchV betroffenen Bereiche, Brenk Systemplanung, BS-Bearb. Nr. 9410/2, erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Aachen, Januar 2000

BayGLA, 1978: Bayerisches Geologisches Landesamt, Geologica Bavarica 77, Lagerstätten in Bayern, München 1978

BayGLA, 1984: Bayerisches Geologisches Landesamt, Geologica Bavarica 86, Oberflächennahe mineralische Rohstoffe von Bayern, München 1984

BayGLA, 1987: Bayerisches Geologisches Landesamt, Geologica Bavarica 91, Der Bergbau in Bayern, München 1987

BayGLA, 2001: Bayerisches Geologisches Landesamt, Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6239 Neustadt a. d. Waldnaab, München 2001

BayStWVT, 2002: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, Rohstoffe in Bayern, Situation Prognosen Programm, München, 2002

Becker und Reichelt, 1991: Becker, D. E.; Reichelt, A. Anthropogene Stoffe und Produkte mit natürlichen Radionukliden, Teil 1: Überblick über die wichtigsten Expositionspfade, Studie

des TÜV Bayern e. V. im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, München, Juni 1991

- Becker et al., 1992:** D. E. Becker, O. Mugrauer, K.-H. Lehmann, Strahlenexposition durch den Umgang mit Reststoffen aus der Kohleverbrennung, Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben des BMU StSch. 1132, TÜV Bayern Sachsen, München 1992
(Zweitveröffentlichung: Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU-1994-407, ISSN 0724-3316)
- BfS, 1996:** Umweltradioaktivität im Ostthüringer Bergbauggebiet, Bundesamt für Strahlenschutz, BfS-ST-9/96
- BGR, 1996:** Rohstoffsituation 1995, Deutschland, Veröffentlichung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
- BGR, 2003:** www.bgr.de/geol_la/geol_la.htm
- BMU, 1998:** Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 1997, Deutscher Bundestag, 13. Wahlperiode, Unterrichtung durch die Bundesregierung, zugeleitet durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Drucksache 13/11462 v. 30.09.1998
- Brockhaus, 1989:** Brockhaus, Naturwissenschaften und Technik, Brockhaus, Mannheim
- Buckley et al., 1980:** Buckley, D. W., Belanger, R., Martin, P. E., Nicholaw, K. M., Swenson, J. B., Ophthalmic Lenses, in: Environmental Assessment of Consumer Products Containing Radioactive Material, NRC Report NUREG/CR-1775, (Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.), 1980
- Buckley et al.:** D. W. Buckley et al., Report on Fire Detectors, Referred to in: W. Buckley et al., NUREG/CR-1729: Environmental Assessment of Consumer Products Containing Radioactive Material
- Cloutier, 1980:** Cloutier, R.J. Florence Kelley and the Radium Dial Painters, Health Physics Vol.39, pp. 711-716 Pergamon Press Ltd., U.S.A , 1980
- Congo Mining Holding, 2004:** Internet-Information der Congo Mining Holding Ltd., Dr. Karl Lueger Ring 10, A-1010 Wien, Österreich,
<http://www.niob.cc/html/gr/main.html>

Destatis, FS 4: Fachserie 4, Reihe 3.1: Fachserie 4, Reihe 3.1, Produktion im Produzierenden Gewerbe, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, versch. Jahrgänge

Destatis, FS 7: Fachserie 2, Reihe 3: Außenhandel nach Waren und Ländern (Spezialhandel), Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, versch. Jahrgänge

Elmer, 1985: Strahlenexposition beim Gebrauch von Camping-Gaslampen, 18. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V., Lübeck-Travemünde, 1985

Fenster, 2000: Verteufelt, verachtet, begehrt... Vor 250 Jahren wurde das Element Nickel entdeckt in „Das Fenster“, Monatl. Erscheinende Veröffentlichung der Kreissparkasse Köln, Ausgabe November 2000

Fischer, 1995: Fischer, W., Statistik der Montanproduktion Deutschlands 1915 – 1985, Scripta Mercature Verlag, St. Katharinen

Flegel, 1915: Flegel, Kurt, Die Entwicklung der deutschen Montanindustrie von 1860 – 1912, (Montanstatistik des Deutschen Reiches), Hrsg. von der Königlich-preußischen Geologischen Landesanstalt, 623 S., Berlin, 1915

Fritsche et al., 1996-1: Fritsche, R., Schmitz, J. Bestandsaufnahme von Rückstandshalden aus Bergbau und Erzaufbereitung in Baden-Württemberg, Band I: Nördlicher Teil, Bericht des Forschungszentrums Karlsruhe im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, FZKA-Bericht 5768B, Karlsruhe, 1996

Fritsche et al., 1996-2: Fritsche, R., Schmitz, J. Bestandsaufnahme von Rückstandshalden aus Bergbau und Erzaufbereitung in Baden-Württemberg, Band II: Mittlerer Teil, Bericht des Forschungszentrums Karlsruhe im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, FZKA-Bericht 5769B, Karlsruhe, 1996

Fritsche et al., 1996-3: Fritsche, R., Schmitz, J. Bestandsaufnahme von Rückstandshalden aus Bergbau und Erzaufbereitung in Baden-Württemberg, Band III: Südlicher Teil, Bericht des Forschungszentrums Karlsruhe im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, FZKA-Bericht 5770B, Karlsruhe, 1996

-
- Gellermann et al., 2003:** Gellermann, R. (HGN), Schulz, H. (IAF), Küppers, Ch. (Öko-Institut), Mengenaufkommen an NORM-Rückständen für das deutsche Entsorgungskonzept, Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben des Bundesamtes für Strahlenschutz SR 2416, HGN Hydrogeologie GmbH, Magdeburg; IAF-Radioökologie GmbH, Dresden; Öko Institut e.V., Darmstadt; Entwurf, Stand: 30.08.2003
- GLA Sachsen-Anhalt, 1999:** Geologisches Landesamt, Rohstoffbericht 1998 – Steine und Erden, Industriemineralien, Mitteilungen zur Geologie von Sachsen-Anhalt, Beiheft 2, Halle, 1999
- Guthrie und Kleeman, 1986:** Guthrie, V.A., Kleeman, J.D., Changing Uranium Distributions during Weathering of Granite, Chemical Geology 54; 113-126, 1986
- Halbach et al., 1980:** Halbach, P., von Borstel, D., Gundermann, K.-D., The Uptake by Organic Substances in a Peat Bog Environment on a Granitic Bedrock, Chemical Geology 29; 117-138, 1980
- Heier und Adams, 1964:** Heier, K. S., Adams, J. A. S., Concentration of Radioactive Elements in Deep Crustal Material, Geochimica et Cosmochimica Acta 1965, Vol. 29, pp 53-61, 1965
- Heinrich, 2000:** Heinrich, W., Erfassung der Radonsituation in hessischen Wasserwerken, Diplomarbeit im Fachbereich Energie- und Wärmetechnik der Fachhochschule Gießen-Friedberg, Bereich Gießen, Betreuer: H. Hingmann
- Kolb et al., 1985:** Kolb, W., Wojcik, M., Strahlenschutzprobleme bei der Gewinnung und Nutzung von Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland, PTB-Bericht, PTB-Ra-17, 1985
- Kroker, 2001:** Kroker, E Das Bergbau-Archiv und seine Bestände, Bochum, 2001
- LAGB Sachsen-Anhalt, 2002:** Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Rohstoffbericht 2002, Verbreitung, Gewinnung und Sicherung mineralischer Rohstoffe in Sachsen-Anhalt, Mitteilungen zur Geologie von Sachsen-Anhalt, Beiheft 5, Halle, 2002
- Lawatscheck, 1990:** Lawatscheck, J., Mengen und Wertbetrachtung der 50 wichtigsten mineralischen Rohstoffe der Welt, Dissertation an den Naturwissenschaftlichen Fakultäten der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

-
- LFUBW, 1992:** Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Handbuch Historische Erhebung altlastenverdächtiger Flächen; Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 9, Karlsruhe, 1992
- LUA NRW, 2001:** Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Arbeitshilfe für flächendeckende Erhebungen über Altlastenstandorte und Altablagerungen, Band 15, Essen, 2001
- Meltzer, 1978:** Meltzer, A., Radioaktive Stoffe in Gebrauchsgütern, Gesellschaft für Reaktorsicherheit, GRS-A-118, Köln, 1978
- Michel, 1984:** Michel, J., Redistribution of uranium and thorium series isotopes during isovolumetric weathering of granite, *Geochimica et Cosmochimica Acta* Vol. 48, pp 1249-1255, 1984
- NCRP, 1987:** National Council on Radiation Protection (NCRP), Report 95: Radiation Exposure of the US Population from Consumer Products and Miscellaneous Sources, NCRP Report 95, Bethesda, USA, 1987
- NEA, 1985:** Nuclear Energy Agency, A Guide for Controlling Consumer Products Containing Radioactive Substances, OECD, Paris, 1985
- NRPB:** Documents of the NRPB, Board Statement on Approval of Consumer Goods Containing Radioactive Substances, National Radiological Protection Board, Great Britain
- Radiation Protection 68, 1995:** Study on consumer products containing radioactive substances in the EU Member States, Report EUR 15846 EN, 1995
- Reichelt, 1993:** Reichelt, A., Thorium - Anwendung und Umgang, in: Thorium, Probleme der Inkorporations-Überwachung -Anwendung, Messung, Interpretation-, Bundesamt für Strahlenschutz, Institut für Strahlenhygiene, BfS-ISH-161/93
- Reichelt et al., 1993:** Reichelt, A.; Lehmann, K.-H. Anthropogene Stoffe und Produkte mit natürlichen Radionukliden, Teil 2: Untersuchungen zur Strahlenexposition beim beruflichen Umgang, Studie des TÜV Bayern Sachsen im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, München, November 1993;

- Reichelt und Lehmann, 1994:** Reichelt, A.; Lehmann, K.-H. Anthropogene Stoffe und Produkte mit natürlichen Radionukliden, Teil 2a: Detail- und Langzeitmessungen in einer Trinkwasseraufbereitungsanlage, Studie des TÜV Bayern Sachsen im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, München, Oktober 1994
- Reichelt et al., 1994_1:** Reichelt, A.; Rauh, H.-J.; Riepl, S.; Lehmann, K.-H. Anthropogene Stoffe und Produkte mit natürlichen Radionukliden, Teil 3: Untersuchungen zur Strahlenexposition der Bevölkerung, Studie des TÜV Bayern Sachsen im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, München, November 1994
- Reichelt et al., 1994_2:** Reichelt, A.; Röhrer, J.; Lehmann, K.-H. Anthropogene Stoffe und Produkte mit natürlichen Radionukliden, Teil 1a: Strahlungseigenschaften von Roh- und Reststoffen - Literaturrecherche -, Studie des TÜV Bayern Sachsen im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, München, Dezember 1994
- Reichelt et al., 1994_3:** Reichelt, A.; Lehmann, K.-H.; Röhrer J., Anthropogene Stoffe und Produkte mit natürlichen Radionukliden, Teil 1b: Strahlungseigenschaften von Produkten zur industriellen und häuslichen Verwendung - Literaturzusammenstellung -, Studie des TÜV Bayern Sachsen im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, München, Dezember 1994
- Reichelt et al., 2003:** Reichelt, A.; Reineking, A., Lehmann, K.-H. Anthropogene Stoffe und Produkte mit natürlichen Radionukliden, Teil 4: Untersuchungen zur Strahlenexposition, Schwerminerale, Katalysatoren, Wolframelektroden, Studie des TÜV Süddeutschland im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, München, November 1996, überarbeitet und ergänzt im Juni 2003
- Robert Cooke Mineral Consultants, 2000:** Geologisches Gutachten über ein Tantalit Projekt in Namibia und Südafrika, Robert Cooke Mineral Consultants, P.O. Box 10, Rondebosch 7701, South Africa (2000)
- Safety Series Document, 1990:** Safety Series Document on the Code of Practice on Regulatory Control of Consumer Products Containing Radioactive Substances, Final Draft, 3178t, 06.04.1990
- Sauer, 2004:** Sauer, U., Deutsche Geschichte seit 1815: Daten, Fakten, Dokumente, Bd. 1: Daten und Fakten, A. Francke Verlag, Tübingen und Basel
- Schmitz et al., 1983:** Schmitz, J., Klein, H. Untersuchungen einer repräsentativen Zahl bergmännischer Abraumhalden in Baden-Württemberg auf eine mögliche Freisetzung radioaktiver

Elemente, Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Hauptabteilung Sicherheit, KfK-Bericht 3577 B, Karlsruhe, Juli 1983

Schmitz et al., 1985-1: Schmitz, J., Olkis, A., Klenk, H., Bächmann, K. Radioökologische Untersuchungen im Raum Mähring/Poppenreuth (Opf.), Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe, KfK-Bericht 3940 B, Karlsruhe, Mai 1985

Schmitz et al., 1985-2: Schmitz, J., Klein, H. Untersuchungen bergmännischer und industrieller Rückstandshalden in Niedersachsen auf eine mögliche Freisetzung radioaktiver Elemente, Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Hauptabteilung Sicherheit, KfK-Bericht 3981 B, Karlsruhe, September 1985

Schüttelkopf et al., 1980: Schüttelkopf, H., Kiefer, H. Die Dosisbelastung der Umgebungsbevölkerung durch natürliches und aus einer Uranuntersuchungsgrube emittiertes Ra-226 – Radioökologische Untersuchungen im Raum Baden-Baden - Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Hauptabteilung Sicherheit, KfK-Bericht 2994, Karlsruhe, August 1980

Schüttelkopf et al., 1982-1: Schüttelkopf, H., Kiefer, H. Die Dosisexposition der Umgebungsbevölkerung durch natürliches und aus einer uranhaltigen Halde emittiertes Ra-226 und Pb-210 – Radioökologische Untersuchungen in Wittichen - Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Hauptabteilung Sicherheit, KfK-Bericht 3282, Karlsruhe, März 1982

Schüttelkopf et al., 1982-2: Schüttelkopf, H., Kiefer, H. Die Dosisexposition der Umgebungsbevölkerung durch natürliches und aus einer Uranuntersuchungsgrube emittiertes Ra-226 und Pb-210 – Radioökologische Untersuchungen Raum Großschloppen, Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Hauptabteilung Sicherheit, KfK-Bericht 3367, Karlsruhe, August 1982

Schüttelkopf, 2003: Telefonat am 11.11.2003 12:30 mit Herrn Dr. H. Schüttelkopf, pens., ehemals Forschungszentrum Karlsruhe, ehem. Abteilung HS, 2003

Schulz, 2003: IAF Radioökologie GmbH Dresden, Strahlenexposition bei der Demercurisierung und Deponierung von Rückständen aus der (Erdöl-) Erdgasgewinnung, Vortrag, SSK A3 Klausurtagung, Eltville, 25/26.11.2003

SJBRD: Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, versch. Jahrgänge

SJDDR: Statistisches Jahrbuch der Deutschen Demokratischen Republik, versch. Jahrgänge

SMJDKR: Monatshefte zur Statistik des Deutschen Reichs, versch. Jahrgänge

SVJDKR: Vierteljahreshefte zur Statistik des Deutschen Reichs, versch. Jahrgänge

SVJDR: Vierteljahreshefte zur Statistik des Deutschen Reichs, versch. Jahrgänge

StaJbIndustrieDDR: Statistisches Jahrbuch der Industrie der Deutschen Demokratischen Republik, Ministerrat der Deutschen Demokratischen Republik, Staatliche Zentralverwaltung für Statistik, Abteilung Berichtswesen Industrie und Außenhandel, Vertrauliche Verschlusssache, verschiedene Jahrgänge

StrlSchV 2001: Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001, § 3, §§ 97 – 102

TÜV Bayern Sachsen, 1994: TÜV Bayern Sachsen, Gutachterliche Stellungnahme, Auswirkungen der Radioaktivität der Flugasche am Deponiestandort Tönningstedt, München, Dezember 1994

TÜV Süddeutschland, 2003: Ergebnisse gammaspektrometrische Aktivitätsbestimmungen, TÜV Süddeutschland, Akkreditiertes Strahlenmesslabor, München, 2003

Ullmann, 1982: Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim, Deerfield Beach und Basel

UNSCEAR, 1977: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR Report, New York, 1977

UNSCEAR, 1982: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Ionizing Radiation Sources and Biological effects, 1982 Report to the General Assembly, with annexes, UN, New York, 1982

Weber, 2001: Weber, J. H., Radonmessungen in hessischen Wasserwerken, Diplomarbeit im Fachbereich Energie- und Wärmetechnik der Fachhochschule Gießen-Friedberg, Bereich Gießen, Fachbetreuung: H. Hingmann

Winnacker und Küchler 1986: Winnacker, K., Küchler, E., Chemische Technologie, Bd. 4: Metalle, Carl Hanser Verlag, München und Wien

Anhang

A 1. Bedarfskennzahlen verschiedener Metalle für die Bundesrepublik Deutschland

A 1.1. Eisenerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	k.A.	0,0	47577927,8	5575,3	47572352,5	47572352,5
1999	k.A.	0,0	38891794,3	2540,4	38889253,9	38889253,9
1998	k.A.	0,0	53681947,3	14124,2	53667823,1	53667823,1
1997	k.A.	0,0	41781523,4	7148,0	41774375,4	41774375,4
1996	k.A.	0,0	39376248,4	21419,0	39354829,4	39354829,4
1995	k.A.	0,0	43316230,4	23035,4	43293195,0	43293195,0
1994	k.A.	0,0	42772850,9	63786,2	42709064,7	42709064,7
1993	k.A.	0,0	35504716,6	110922,2	35393794,4	35393794,4
1992	k.A.	0,0	41474453,9	86551,0	41387902,9	41387902,9
1991	k.A.	0,0	43439634,1	107266,5	43332367,6	43332367,6
1990	k.A.	0,0	43890332,9	23352,2	43866980,7	43866980,7
1989	k.A.	0,0	47282893,8	46985,6	47246751,0	61420776,3
1988	k.A.	0,0	45271799,8	49045,6	45234072,4	58804294,1
1987	k.A.	0,0	39649799,0	24836,0	39624963,0	51512451,9
1986	k.A.	0,0	41710437,0	21172,0	41689265,0	54196044,5
1985	k.A.	0,0	45083636,0	19486,0	45064150,0	58583395,0
1984	k.A.	977000,0	42657242,0	35500,0	43598742,0	56678364,6
1983	k.A.	976000,0	35585405,0	47368,0	36514037,0	47468248,1
1982	k.A.	1304000,0	39339917,0	57016,0	40586901,0	52762971,3
1981	k.A.	1594000,0	44828589,0	82524,0	46340065,0	60242084,5
1980	k.A.	1945000,0	50394741,0	160661,0	52179080,0	67832804,0
1979	k.A.	1654000,0	52329135,0	240233,0	53742902,0	69865772,6
1978	k.A.	1608000,0	42665812,0	191394,0	44082418,0	57307143,4
1977	k.A.	3545000,0	40570594,0	248080,0	43867514,0	57027768,2
1976	k.A.	3034000,0	47680957,0	110590,0	50604367,0	65785677,1



1975	k.A.	4273000,0	45164331,0	143749,0	49293582,0	64081656,6
1974	k.A.	5671000,0	58511373,0	631970,0	63550403,0	82615523,9
1973	k.A.	6429000,0	51076614,0	198149,0	57307465,0	74499704,5
1972	k.A.	6117000,0	41864124,0	51620,0	47929504,0	62308355,2
1971	k.A.	6391000,0	41505969,0	37231,0	47859738,0	62217659,4
1970	k.A.	6762000,0	49380794,0	21434,0	56121360,0	72957768,0
1969	k.A.	7451000,0	45056063,0	29500,0	52477563,0	68220831,9
1968	k.A.	7714000,0	41433659,0	40310,0	49107349,0	63839553,7
1967	k.A.	8553000,0	33473622,0	383638,0	41642984,0	54135879,2
1966	k.A.	9467000,0	33010898,0	362075,0	42115823,0	54750569,9
1965	k.A.	10847000,0	37359616,0	316697,0	47889919,0	62256894,7
1964	k.A.	11613000,0	36972541,0	304135,0	48281406,0	62765827,8
1963	k.A.	12898000,0	28915607,0	288702,0	41524905,0	53982376,5
1962	k.A.	16643000,0	30932963,0	286798,0	47289165,0	61475914,5
1961	k.A.	18866000,0	35108603,0	262637,0	53711966,0	69825555,8
1960	k.A.	18869000,0	36653976,0	261566,0	55261410,0	71839833,0
1959	k.A.	18063000,0	21731433,0	303729,0	39490704,0	51337915,2
1958	k.A.	17984000,0	18568908,0	332095,0	36220813,0	47087056,9
1957	k.A.	18320000,0	21208159,0	382046,0	39146113,0	50889946,9
1956	k.A.	16928000,0	20229051,0	359849,0	36797202,0	47836362,6
1955	k.A.	15684000,0	15989590,0	310428,0	31363162,0	40772110,6
1954	k.A.	13036000,0	0,0	0,0	13036000,0	16946800,0
1953	k.A.	14619000,0	0,0	0,0	14619000,0	19004700,0
1952	k.A.	15404000,0	0,0	0,0	15404000,0	20025200,0

A 1.2. Chromerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0,0	0,0	119869,3	14675,3	105194,0	105194,0
1999	0,0	0,0	101699,8	16098,5	85601,3	85601,3
1998	0,0	0,0	201727,8	16478,2	185249,6	185249,6
1997	0,0	0,0	180311,7	9372,4	170939,3	170939,3
1996	0,0	0,0	178463,4	7129,5	171333,9	171333,9
1995	0,0	0,0	159792,5	8040,5	151752,0	151752,0
1994	0,0	0,0	172534,3	9542,5	162991,8	162991,8
1993	0,0	0,0	205765,3	11496,8	194268,5	194268,5
1992	0,0	0,0	231150,9	19064,0	212086,9	212086,9
1991	0,0	0,0	276511,0	18220,6	258290,4	258290,4
1990	0,0	0,0	245513,2	13456,2	232057,0	232057,0
1989	0,0	0,0	343779,3	16237,1	327542,2	425804,9
1988	0,0	0,0	272540,7	14418,9	258121,8	335558,3
1987	0,0	0,0	258912,3	11391,8	247520,5	321776,7
1986	0,0	0,0	275307,4	12060,7	263246,7	342220,7
1985	0,0	0,0	384472,9	8909,0	375563,9	488233,1
1984	0,0	0,0	337906,9	8877,0	329029,9	427738,9
1983	0,0	0,0	247186,5	8694,1	238492,4	310040,1
1982	0,0	0,0	244279,4	12959,1	231320,3	300716,4
1981	0,0	0,0	268236,7	3458,7	264778,0	344211,4
1980	0,0	0,0	328847,0	5412,1	323434,9	420465,4
1979	0,0	0,0	546785,5	8806,8	537978,7	699372,3
1978	0,0	0,0	371737,6	3211,5	368526,1	479083,9
1977	0,0	0,0	415593,4	3930,6	411662,8	535161,6
1976	0,0	0,0	547293,0	13550,5	533742,5	693865,3
1975	0,0	0,0	561035,1	3013,9	558021,2	725427,6
1974	0,0	0,0	386544,6	3677,8	382866,8	497726,8
1973	0,0	0,0	508692,4	3336,5	505355,9	656962,7
1972	0,0	0,0	372044,6	7721,8	364322,8	473619,6
1971	0,0	0,0	483488,0	5590,4	477897,6	621266,9
1970	0,0	0,0	491454,6	2900,3	488554,3	635120,6
1969	0,0	0,0	488585,2	3309,9	485275,3	630857,9
1968	0,0	0,0	361328,9	1316,1	360012,8	468016,6
1967	0,0	0,0	284660,1	1404,0	283256,1	368232,9
1966	0,0	0,0	308328,3	1197,1	307131,2	399270,6
1965	0,0	0,0	305560,1	1746,0	303814,1	394958,3
1964	0,0	0,0	236692,6	1521,4	235171,2	305722,6
1963	0,0	0,0	174496,2	1468,5	173027,7	224936,0
1962	0,0	0,0	228122,4	790,6	227331,8	295531,3
1961	0,0	0,0	324159,3	7305,0	316854,3	411910,6
1960	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1959	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1958	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



1957	0,0	0,0	176499,9	586,7	175913,2	228687,2
1956	0,0	0,0	221932,3	4250,4	217681,9	282986,5
1955	0,0	0,0	238080,0	416,4	237663,6	308962,7
1954	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1953	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1952	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A 1.3. Manganerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geforderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0,0	0,0	8644,2	356,0	8288,2	8288,2
1999	0,0	0,0	21711,4	213,3	21498,1	21498,1
1998	0,0	0,0	23108,2	161,8	22946,4	22946,4
1997	0,0	0,0	26234,5	738,2	25496,3	25496,3
1996	0,0	0,0	12717,7	430,4	12287,3	12287,3
1995	0,0	0,0	11355,4	202,1	11153,3	11153,3
1994	0,0	0,0	10926,1	12586,9	-1660,8	-1660,8
1993	0,0	0,0	101069,8	36531,2	64538,6	64538,6
1992	0,0	0,0	285849,4	17564,8	268284,6	268284,6
1991	0,0	0,0	252536,5	6807,1	245729,4	245729,4
1990	0,0	0,0	368591,4	11066,4	357525,0	357525,0
1989	0,0	0,0	546350,5	5978,0	540372,5	702484,3
1988	0,0	0,0	514446,0	2933,8	511512,2	664965,9
1987	0,0	0,0	378627,3	2171,4	376455,9	489392,7
1986	0,0	0,0	473125,7	999,6	472126,1	613763,9
1985	0,0	0,0	377783,8	1143,6	376640,2	489632,3
1984	0,0	0,0	535842,7	756,9	535085,8	695611,5
1983	0,0	0,0	434271,4	4020,3	430251,1	559326,4
1982	0,0	0,0	393546,1	1496,8	392049,3	509664,1
1981	0,0	0,0	606851,4	2173,5	604677,9	786081,3
1980	0,0	0,0	489547,7	1405,0	488142,7	634585,5
1979	0,0	0,0	716780,1	1946,5	714833,6	929283,7
1978	0,0	0,0	672977,4	2088,4	670889,0	872155,7
1977	0,0	0,0	453242,7	6983,4	446259,3	580137,1
1976	0,0	0,0	610495,9	4918,7	605577,2	787250,4
1975	0,0	0,0	733478,9	3473,7	730005,2	949006,8
1974	0,0	0,0	828397,3	1295,4	827101,9	1075232,5
1973	0,0	0,0	716337,0	4023,3	712313,7	926007,8
1972	0,0	0,0	475925,5	20524,2	455401,3	592021,7
1971	0,0	0,0	820753,4	4624,5	816128,9	1060967,6
1970	0,0	0,0	712900,6	402,4	712498,2	926247,7
1969	0,0	0,0	710546,2	4422,0	706124,2	917961,5
1968	0,0	0,0	961752,1	5904,7	955847,4	1242601,6
1967	0,0	0,0	672353,0	611,0	671742,0	873264,6
1966	0,0	0,0	867397,9	5899,9	861498,0	1119947,4
1965	0,0	0,0	731709,1	9146,2	722562,9	939331,8
1964	0,0	0,0	763720,0	7326,0	756394,0	983312,2
1963	0,0	0,0	730684,0	6705,3	723978,7	941172,3
1962	0,0	0,0	518313,9	5999,0	512314,9	666009,4
1961	0,0	0,0	553897,6	6721,2	547176,4	711329,3
1960	0,0	0,0	356500,6	5094,1	351406,5	456828,5
1959	0,0	0,0	317149,4	5159,6	311989,8	405586,7
1958	0,0	0,0	341077,0	4571,3	336505,7	437457,4



1957	0,0	0,0	493893,3	2456,1	491437,2	638868,4
1956	0,0	0,0	423561,6	867,0	422694,6	549503,0
1955	0,0	0,0	325516,1	6699,9	318816,2	414461,1
1954	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1953	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1952	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A 1.4. Molybdänerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0	0	10866,3	38,7	10827,6	10827,6
1999	0	0	10331,4	206,2	10125,2	10125,2
1998	0	0	12976,4	35,6	12940,8	12940,8
1997	0	0	8437,2	110,7	8326,5	8326,5
1996	0	0	9186,3	365	8821,3	8821,3
1995	0	0	13572,3	107,5	13464,8	13464,8
1994	0	0	10412,2	148,2	10264	10264
1993	0	0	7416	151,2	7264,8	7264,8
1992	0	0	10196,6	1078,9	9117,7	9117,7
1991	0	0	14733,5	2195,2	12538,3	12538,3
1990	0	0	15929,1	2498,7	13430,4	13430,4
1989	0	0	16450	2057,4	14392,6	18710,38
1988	0	0	17328,6	2212,7	15115,9	19650,67
1987	0	0	16305	3416,7	12888,3	16754,79
1986	0	0	17817	4045,4	13771,6	17903,08
1985	0	0	17599,6	3525,8	14073,8	18295,94
1984	0	0	18596,5	5290,8	13305,7	17297,41
1983	0	0	19060,6	6898	12162,6	15811,38
1982	0	0	21524,3	7442,2	14082,1	18306,73
1981	0	0	18137,8	5428,4	12709,4	16522,22
1980	0	0	18087,3	6983,6	11103,7	14434,81
1979	0	0	22064,9	6668,5	15396,4	20015,32
1978	0	0	19203,4	1116,8	18086,6	23512,58
1977	0	0	17987,1	1172,5	16814,6	21858,98
1976	0	0	41673,6	631	41042,6	53355,38
1975	0	0	14736,1	654,4	14081,7	18306,21
1974	0	0	17555,8	327,1	17228,7	22397,31
1973	0	0	18794,8	239,6	18555,2	24121,76
1972	0	0	14191,8	928,9	13262,9	17241,77
1971	0	0	12453,1	447,9	12005,2	15606,76
1970	0	0	15976,3	764,5	15211,8	19775,34
1969	0	0	19030,8	106,3	18924,5	24601,85
1968	0	0	11959,2	3,1	11956,1	15542,93
1967	0	0	9570,9	25,1	9545,8	12409,54
1966	0	0	9958,9	36	9922,9	12899,77
1965	0	0	0	0	0	0
1964	0	0	0	0	0	0
1963	0	0	0	0	0	0
1962	0	0	0	0	0	0
1961	0	0	0	0	0	0
1960	0	0	0	0	0	0
1959	0	0	0	0	0	0
1958	0	0	0	0	0	0



1957	0	0	0	0	0	0	0
1956	0	0	0	0	0	0	0
1955	0	0	0	0	0	0	0
1954	0	0	0	0	0	0	0
1953	0	0	0	0	0	0	0
1952	0	0	0	0	0	0	0

A 1.5. Aluminiumerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0,0	0,0	2170064,3	35361,5	2134702,8	2134702,8
1999	0,0	0,0	2200973,4	32398,9	2168574,5	2168574,5
1998	0,0	0,0	1531026,6	35758,9	1495267,7	1495267,7
1997	0,0	0,0	2181017,8	27655,2	2153362,6	2153362,6
1996	0,0	0,0	1382376,2	26551,6	1355824,6	1355824,6
1995	0,0	0,0	2011488,9	30231,7	1981257,2	1981257,2
1994	0,0	0,0	2275915,7	29163,9	2246751,8	2246751,8
1993	0,0	0,0	2243061,9	34096,9	2208965,0	2208965,0
1992	0,0	0,0	2616678,4	39818,1	2576860,3	2576860,3
1991	0,0	0,0	2549118,3	198494,9	2350623,4	2350623,4
1990	0,0	0,0	3076543,6	86018,7	2990524,9	2990524,9
1989	0,0	0,0	2879674,9	60981,8	2818693,1	3664301,0
1988	0,0	0,0	2576992,1	55377,6	2521614,5	3278098,9
1987	0,0	0,0	2879377,0	32378,0	2846999,0	3701098,7
1986	0,0	0,0	3658891,0	25144,0	3633747,0	4723871,1
1985	0,0	0,0	4033965,0	41393,0	3992572,0	5190343,6
1984	0,0	0,0	4055547,0	43426,0	4012121,0	5215757,3
1983	0,0	0,0	3156141,0	40561,0	3115580,0	4050254,0
1982	0,0	0,0	3532830,0	30682,0	3502148,0	4552792,4
1981	0,0	0,0	3910619,0	21134,0	3889485,0	5056330,5
1980	0,0	0,0	4177043,0	21713,0	4155330,0	5401929,0
1979	0,0	0,0	3694216,0	21621,0	3672595,0	4774373,5
1978	0,0	0,0	3613821,0	12260,0	3601561,0	4682029,3
1977	0,0	0,0	4090450,0	9327,0	4081123,0	5305459,9
1976	0,0	0,0	4086997,0	4615,0	4082382,0	5307096,6
1975	0,0	0,0	4213076,0	10178,0	4202898,0	5463767,4
1974	0,0	0,0	4340342,0	12548,0	4327794,0	5626132,2
1973	0,0	0,0	2748634,0	6360,0	2742274,0	3564956,2
1972	0,0	0,0	2330177,0	5960,0	2324217,0	3021482,1
1971	0,0	0,0	2831011,0	3020,0	2827991,0	3676388,3
1970	0,0	0,0	2627310,0	6493,0	2620817,0	3407062,1
1969	0,0	0,0	2019092,0	2332,0	2016760,0	2621788,0
1968	0,0	0,0	1978264,0	2187,0	1976077,0	2568900,1
1967	0,0	0,0	1802025,0	2526,0	1799499,0	2339348,7
1966	0,0	0,0	1882452,0	4437,0	1878015,0	2441419,5
1965	0,0	0,0	1636117,0	1344,0	1634773,0	2125204,9
1964	0,0	0,0	1622228,0	846,0	1621382,0	2107796,6
1963	0,0	0,0	1508017,0	744,0	1507273,0	1959454,9
1962	0,0	0,0	1391418,0	632,0	1390786,0	1808021,8
1961	0,0	0,0	1563287,0	465,0	1562822,0	2031668,6
1960	0,0	0,0	1343301,0	413,0	1342888,0	1745754,4
1959	0,0	0,0	912000,0	679,0	911321,0	1184717,3
1958	0,0	0,0	1072167,0	168,0	1071999,0	1393598,7



1957	0,0	0,0	1256410,0	75,1	1256334,9	1633235,4
1956	0,0	0,0	1312132,4	21,0	1312111,4	1705744,8
1955	0,0	0,0	1129462,1	60,0	1129402,1	1468222,7
1954	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1953	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1952	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A 1.6. Bleierze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0,0	0,0	209757,8	27765,0	181992,8	181992,8
1999	0,0	0,0	191177,7	15443,3	175734,4	175734,4
1998	0,0	0,0	135270,1	5170,1	130100,0	130100,0
1997	0,0	0,0	60804,5	0,0	60804,5	60804,5
1996	0,0	0,0	83093,5	0,0	83093,5	83093,5
1995	0,0	0,0	103230,8	1,9	103228,9	103228,9
1994	0,0	0,0	123466,7	0,0	123466,7	123466,7
1993	0,0	0,0	191499,9	2672,6	188827,3	188827,3
1992	0,0	0,0	199795,3	27,5	199767,8	199767,8
1991	0,0	0,0	175820,5	4,3	175816,2	175816,2
1990	0,0	0,0	205979,1	0,0	205979,1	205979,1
1989	0,0	0,0	222361,4	236,9	222124,5	288761,9
1988	0,0	0,0	235441,5	4729,0	230712,5	299926,3
1987	0,0	0,0	226010,1	10770,2	215239,9	279811,9
1986	0,0	0,0	194053,9	9821,9	184232,0	239501,6
1985	0,0	0,0	236490,0	9990,6	226499,4	294449,2
1984	0,0	0,0	206723,4	3,0	206720,4	268736,5
1983	0,0	0,0	217752,6	740,6	217012,0	282115,6
1982	0,0	0,0	192371,0	55,3	192315,7	250010,4
1981	0,0	0,0	214800,1	300,1	214500,0	278850,0
1980	0,0	0,0	181679,3	2000,0	179679,3	233583,1
1979	0,0	0,0	191178,8	2577,0	188601,8	245182,3
1978	22374,0	34421,5	170054,9	10,0	204466,4	265806,4
1977	31132,0	47895,4	195019,5	6639,1	236275,8	307158,5
1976	31667,0	48718,5	190104,3	7093,7	231729,1	301247,8
1975	32343,0	49758,5	208978,1	3433,5	255303,1	331894,0
1974	30514,0	46944,6	184036,5	3689,2	227291,9	295479,5
1973	34496,0	53070,8	162265,4	644,8	214691,4	279098,8
1972	38458,0	59166,2	200858,5	1548,1	258476,6	336019,5
1971	41101,0	63232,3	223008,6	2805,7	283435,2	368465,8
1970	40509,0	62321,5	283306,8	1883,5	343744,8	446868,3
1969	39313,0	60481,5	231747,2	7598,0	284630,7	370020,0
1968	52496,0	80763,1	249914,2	5397,7	325279,6	422863,5
1967	59379,0	91352,3	223211,9	5636,9	308927,3	401605,5
1966	55428,0	85273,8	188589,0	3931,9	269930,9	350910,2
1965	48469,0	74567,7	139496,7	7028,6	207035,8	269146,5
1964	48937,0	75287,7	109055,8	955,8	183387,7	238404,0
1963	52837,0	81287,7	109198,1	10215,5	180270,3	234351,4
1962	49754,0	76544,6	144748,2	5,2	221287,6	287673,9
1961	49576,0	76270,8	146711,1	0,0	222981,9	289876,4
1960	49894,0	76760,0	154185,9	0,0	230945,9	300229,7
1959	52552,0	80849,2	142964,5	26,1	223787,6	290923,9
1958	60975,0	93807,7	129872,4	178,8	223501,3	290551,7



1957	71119,0	109413,8	97457,0	6816,7	200054,1	260070,4
1956	65482,0	100741,5	84770,1	0,0	185511,6	241165,1
1955	67324,0	103575,4	73620,6	226,9	176969,1	230059,8
1954	67287,0	103518,5	0,0	0,0	103518,5	134574,0
1953	62673,0	96420,0	0,0	0,0	96420,0	125346,0
1952	51265,0	78869,2	0,0	0,0	78869,2	102530,0

A 1.7. Kupfererze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0,0	0,0	708614,2	25022,9	683591,3	683591,3
1999	0,0	0,0	839574,1	14897,7	824676,4	824676,4
1998	0,0	0,0	605690,6	11896,0	593794,6	593794,6
1997	0,0	0,0	640855,8	24727,0	616128,8	616128,8
1996	0,0	0,0	689054,7	14897,9	674156,8	674156,8
1995	0,0	0,0	663299,3	22030,6	641268,7	641268,7
1994	0,0	0,0	652833,0	66,9	652766,1	652766,1
1993	0,0	0,0	506447,4	3126,9	503320,5	503320,5
1992	0,0	0,0	576813,0	8285,0	568528,0	568528,0
1991	0,0	0,0	523294,9	70,4	523224,5	523224,5
1990	0,0	0,0	487450,6	129,7	487320,9	487320,9
1989	0,0	0,0	621618,8	149,2	621469,6	807910,5
1988	0,0	0,0	553600,1	5943,8	547656,3	711953,2
1987	0,0	0,0	467958,6	0,0	467958,6	608346,2
1986	0,0	0,0	627383,6	0,0	627383,6	815598,7
1985	0,0	0,0	589932,3	46,9	589885,4	766851,0
1984	0,0	0,0	588420,4	10,7	588409,7	764932,6
1983	0,0	0,0	522053,7	2662,4	519391,3	675208,7
1982	0,0	0,0	964096,5	47,1	964049,4	1253264,2
1981	0,0	0,0	992311,2	1,5	992309,7	1290002,6
1980	0,0	0,0	1084144,3	962,0	1083182,3	1408137,0
1979	0,0	0,0	1094854,6	10732,0	1084122,6	1409359,4
1978	0,0	0,0	1042064,1	172,0	1041892,1	1354459,7
1977	0,0	0,0	1394774,1	2973,0	1391801,1	1809341,4
1976	0,0	0,0	1504149,9	221,2	1503928,7	1955107,3
1975	1961,0	7844,0	1406420,0	19769,0	1394495,0	1812843,5
1974	1734,0	6936,0	1356881,7	484073,1	879744,6	1143668,0
1973	1436,0	5744,0	1261805,0	61677,7	1205871,3	1567632,7
1972	1321,0	5284,0	1543381,3	4003,0	1544662,3	2008061,0
1971	1383,0	5532,0	1209374,5	1100,4	1213806,1	1577947,9
1970	1274,0	5096,0	1494067,8	351,4	1498812,4	1948456,1
1969	1444,0	5776,0	1472035,5	0,0	1477811,5	1921155,0
1968	1338,0	5352,0	1542766,9	0,0	1548118,9	2012554,6
1967	1190,0	4760,0	1383740,5	583,1	1387917,4	1804292,6
1966	1170,0	4680,0	1401755,5	2244,7	1404190,8	1825448,0
1965	977,0	3908,0	1418418,6	4004,7	1418321,9	1843818,5
1964	1582,0	6328,0	1279782,9	279,0	1285831,9	1671581,5
1963	2282,0	9128,0	1154053,1	0,0	1163181,1	1512135,4
1962	1844,0	7376,0	1246429,8	1666,0	1252139,8	1627781,7
1961	1647,0	6588,0	1358761,0	878,2	1364470,8	1773812,0
1960	1778,0	7112,0	1506944,2	1622,0	1512434,2	1966164,5
1959	1781,0	7124,0	1354891,2	1509,0	1360506,2	1768658,1
1958	1346,0	5384,0	1257952,9	1006,0	1262330,9	1641030,2



1957	1381,0	5524,0	1146376,0	30,0	1151870,0	1497431,0
1956	1354,0	5416,0	1253217,8	4539,4	1254094,4	1630322,7
1955	1557,0	6228,0	1012598,4	0,0	1018826,4	1324474,3
1954	2360,0	9440,0	0,0	0,0	9440,0	12272,0
1953	2196,0	8784,0	0,0	0,0	8784,0	11419,2
1952	2327,0	9308,0	0,0	0,0	9308,0	12100,4

A 1.8. Nickelerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0,0	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
1999	0,0	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
1998	0,0	0,0	0,0	30,5	-30,5	-30,5
1997	0,0	0,0	4,3	26,4	-22,1	-22,1
1996	0,0	0,0	1,9	4,2	-2,3	-2,3
1995	0,0	0,0	61,9	5,2	56,7	56,7
1994	0,0	0,0	421,2	3,6	417,6	417,6
1993	0,0	0,0	4,1	0,0	4,1	4,1
1992	0,0	0,0	5,7	4,1	1,6	1,6
1991	0,0	0,0	22,9	2,3	20,6	20,6
1990	0,0	0,0	27,5	12,4	15,1	15,1
1989	0,0	0,0	201,8	47,6	154,2	200,5
1988	0,0	0,0	88,4	77,2	11,2	14,6
1987	0,0	0,0	56,6	10,7	45,9	59,7
1986	0,0	0,0	5,1	0,0	5,1	6,6
1985	0,0	0,0	24,0	0,5	23,5	30,6
1984	0,0	0,0	73,9	0,1	73,8	95,9
1983	0,0	0,0	114,7	0,0	114,7	149,1
1982	0,0	0,0	571,1	0,0	571,1	742,4
1981	0,0	0,0	69,5	0,0	69,5	90,4
1980	0,0	0,0	39,3	0,9	38,4	49,9
1979	0,0	0,0	34,3	0,0	34,3	44,6
1978	0,0	0,0	9,7	0,0	9,7	12,6
1977	0,0	0,0	0,0	0,9	-0,9	-1,2
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1974	0,0	0,0	0,0	3,6	-3,6	-4,7
1973	0,0	0,0	20,2	0,0	20,2	26,3
1972	0,0	0,0	4,0	9,5	-5,5	-7,2
1971	0,0	0,0	120,2	1,2	119,0	154,7
1970	0,0	0,0	229,5	0,0	229,5	298,4
1969	0,0	0,0	186,6	0,0	186,6	242,6
1968	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,3
1967	0,0	0,0	243,0	0,0	243,0	315,9
1966	0,0	0,0	4,8	0,0	4,8	6,2
1965	0,0	0,0	529,7	0,0	529,7	688,6
1964	0,0	0,0	121,2	0,0	121,2	157,6
1963	0,0	0,0	693,1	0,0	693,1	901,0
1962	0,0	0,0	20,0	0,0	20,0	26,0
1961	0,0	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
1960	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1959	0,0	0,0	35,4	4,1	31,3	40,7
1958	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,3



1957	0,0	0,0	412,8	0,0	412,8	536,6
1956	0,0	0,0	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
1955	0,0	0,0	55,1	0,0	55,1	71,6
1954	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1953	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1952	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A 1.9. Zinkerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0,0	0,0	282565,9	5810,5	276755,4	276755,4
1999	0,0	0,0	208729,3	64298,9	144430,4	144430,4
1998	0,0	0,0	378135,3	56509,4	321625,9	321625,9
1997	0,0	0,0	323615,8	41710,4	281905,4	281905,4
1996	0,0	0,0	439314,6	46030,8	393283,8	393283,8
1995	0,0	0,0	588844,9	43317,7	545527,2	545527,2
1994	0,0	0,0	612293,3	29539,3	582754,0	582754,0
1993	0,0	0,0	697968,8	5181,0	692787,8	692787,8
1992	0,0	0,0	640414,3	50182,4	590231,9	590231,9
1991	0,0	0,0	624813,6	35456,3	589357,3	589357,3
1990	0,0	0,0	592603,6	31476,0	561127,6	561127,6
1989	0,0	0,0	595493,5	73103,8	522389,7	679106,6
1988	0,0	0,0	604455,2	72065,6	532389,6	692106,5
1987	0,0	0,0	664023,4	103005,6	561017,8	729323,1
1986	0,0	0,0	620810,2	96603,5	524206,7	681468,7
1985	0,0	0,0	592708,5	120704,6	472003,9	613605,1
1984	0,0	0,0	594352,1	116591,0	477761,1	621089,4
1983	0,0	0,0	542405,8	97375,7	445030,1	578539,1
1982	0,0	0,0	556902,6	93213,0	463689,6	602796,5
1981	0,0	0,0	506148,0	61565,7	444582,3	577957,0
1980	0,0	0,0	618983,5	88132,1	530851,4	690106,8
1979	0,0	0,0	502950,7	70592,4	432358,3	562065,8
1978	88863,0	169262,9	498930,1	72494,7	595698,3	774407,7
1977	115638,0	220262,9	562455,5	76822,8	705895,6	917664,2
1976	115345,0	219704,8	601349,0	79178,9	741874,9	964437,3
1975	116072,0	221089,5	550887,3	64158,5	707818,3	920163,8
1974	116044,0	221036,2	640055,6	76116,4	784975,4	1020468,0
1973	122804,0	233912,4	622593,0	82187,0	774318,4	1006613,9
1972	120977,0	230432,4	501415,0	43973,8	687873,6	894235,7
1971	130578,0	248720,0	355230,8	55186,8	548764,0	713393,2
1970	122676,0	233668,6	363757,9	49852,2	547574,3	711846,6
1969	110607,0	210680,0	350588,1	60326,8	500941,3	651223,7
1968	110198,0	209901,0	236022,7	116841,5	329082,2	427806,8
1967	106348,0	202567,6	149951,6	90395,0	262124,2	340761,5
1966	98484,0	187588,6	164682,2	50794,8	301476,0	391918,8
1965	94576,0	180144,8	120747,5	46285,9	254606,4	330988,3
1964	95832,0	182537,1	145841,9	44201,5	284177,5	369430,8
1963	92240,0	175695,2	124648,2	33096,6	267246,8	347420,9
1962	87082,0	165870,5	133603,7	12941,0	286533,2	372493,1
1961	87211,0	166116,2	138433,3	19169,7	285379,8	370993,7
1960	86327,0	164432,4	160886,7	16926,3	308392,8	400910,6
1959	82160,0	156495,2	144366,7	17209,4	283652,5	368748,3
1958	85486,0	162830,5	180141,9	9335,4	333637,0	433728,1



1957	94360,0	179733,3	110874,4	842,0	289765,7	376695,5
1956	92440,0	176076,2	116364,1	5172,0	287268,3	373448,8
1955	92070,0	175371,4	103671,6	7374,7	271668,3	353168,8
1954	94227,0	179480,0	0,0	0,0	179480,0	233324,0
1953	91178,0	173672,4	0,0	0,0	173672,4	225774,1
1952	80700,0	153714,3	0,0	0,0	153714,3	199828,6

A 1.10. Zinnerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0	0	0	68	-68	-68
1999	0	0	5,2	0	5,2	5,2
1998	0	0	10,7	0	10,7	10,7
1997	0	0	0,8	101,6	-100,8	-100,8
1996	0	0	173,3	6,4	166,9	166,9
1995	0	0	50,3	0	50,3	50,3
1994	0	0	0	24,6	-24,6	-24,6
1993	0	0	0	1,1	-1,1	-1,1
1992	0	0	62,5	30,8	31,7	31,7
1991	0	0	44,7	358,2	-313,5	-313,5
1990	0	0	114,5	0,5	114	114
1989	0	0	695,1	20,1	877,5	877,5
1988	0	0	3780,3	0	4914,39	4914,39
1987	0	0	144,4	0	144,4	187,72
1986	0	0	503,5	137,6	365,9	475,67
1985	0	0	2350,6	109,8	2240,8	2913,04
1984	0	0	1364,8	7,6	1357,2	1764,36
1983	0	0	2165,5	0	2165,5	2815,15
1982	0	0	1765,8	0	1765,8	2295,54
1981	0	0	3228,8	0,1	3228,7	4197,31
1980	0	0	3342,6	0	3342,6	4345,38
1979	0	0	7158,3	0,1	7158,2	9305,66
1978	0	0	7988,6	0,5	7988,1	10384,53
1977	0	0	6282,1	148,7	6133,4	7973,42
1976	0	0	9550	1013,8	8536,2	11097,06
1975	0	0	9882,6	0	9882,6	12847,38
1974	0	0	10815,6	7,1	10808,5	14051,05
1973	0	0	8817,1	0	8817,1	11462,23
1972	0	0	6607,8	0,2	6607,6	8589,88
1971	0	0	6282,7	6,4	6276,3	8159,19
1970	0	0	5985,1	23,6	5961,5	7749,95
1969	0	0	7777,5	56,7	7720,8	10037,04
1968	0	0	8116,6	43,2	8073,4	10495,42
1967	0	0	8382	47,1	8334,9	10835,37
1966	0	0	7490,9	59,5	7431,4	9660,82
1965	0	0	7941,3	66,9	7874,4	10236,72
1964	0	0	7660,4	82,8	7577,6	9850,88
1963	0	0	8498,9	82,1	8416,8	10941,84
1962	0	0	8104,7	85,1	8019,6	10425,48
1961	0	0	6385,8	0	6385,8	8301,54
1960	0	0	4056,6	0	4056,6	5273,58
1959	0	0	5023	0	5023	6529,9
1958	0	0	5602,7	0	5602,7	7283,51



1957	0	0	9366,7	0	9366,7	12176,71
1956	0	0	3509,5	0	3509,5	4562,35
1955	0	0	2054,5	0	2054,5	2670,85
1954	0	0	0	0	0	0
1953	0	0	0	0	0	0
1952	0	0	0	0	0	0

A 1.11. Niob- und Tantalzerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt [t]	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat [t]	Importmenge in die BRD [t]	Exportmenge aus der BRD [t]	Bedarf in der BRD [t]	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR [t]
1987	0,0	0,0	1141,7	6,0	1135,7	1476,4
1986	0,0	0,0	1088,8	83,6	1005,2	1306,8
1985	0,0	0,0	506,4	1895,4	-1389,0	-1805,7
1984	0,0	0,0	641,4	1347,4	-706,0	-917,8
1983	0,0	0,0	369,7	1327,9	-958,2	-1245,7
1982	0,0	0,0	185,1	1424,3	-1239,2	-1611,0
1981	0,0	0,0	552,6	1862,2	-1309,6	-1702,5
1980	0,0	0,0	1341,3	2210,5	-869,2	-1130,0
1979	0,0	0,0	1458,0	1275,9	182,1	236,7
1978	0,0	0,0	870,4	1040,5	-170,1	-221,1
1977	0,0	0,0	1557,0	940,0	617,0	802,1
1976	0,0	0,0	1651,1	921,3	729,8	948,7
1975	0,0	0,0	2096,8	776,4	1320,4	1716,5
1974	0,0	0,0	2985,1	675,0	2310,1	3003,1
1973	0,0	0,0	3356,8	651,3	2705,5	3517,2
1972	0,0	0,0	2295,7	365,3	1930,4	2509,5

A 1.12. Titanerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geforderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0	0	551088,2	164,1	550924,1	550924,1
1999	0	0	591332,7	670,2	590662,5	590662,5
1998	0	0	622382	11251,1	611130,9	611130,9
1997	0	0	431883,8	588,2	431295,6	431295,6
1996	0	0	593299,9	969,9	592330	592330
1995	0	0	409937,8	1140,7	408797,1	408797,1
1994	0	0	421721,5	1118,9	420602,6	420602,6
1993	0	0	277414,9	1608,6	275806,3	275806,3
1992	0	0	481868,5	1762,1	480106,4	480106,4
1991	0	0	415122,6	2897,1	412225,5	412225,5
1990	0	0	517142,5	3116,1	514026,4	514026,4
1989	0	0	475971,6	4847,1	471124,5	612461,85
1988	0	0	470349,5	3745,9	466603,6	606584,68
1987	0	0	480428,3	3842,1	476586,2	619562,06
1986	0	0	450604,1	5062,8	445541,3	579203,69
1985	0	0	486361,8	15075,9	471285,9	612671,67
1984	0	0	455686,1	8338	447348,1	581552,53
1983	0	0	403731,9	6651,1	397080,8	516205,04
1982	0	0	409412,2	5376,6	404035,6	525246,28
1981	0	0	538967,7	8730,8	530236,9	689307,97
1980	0	0	484901,9	9262,5	475639,4	618331,22
1979	0	0	574005,2	5602,5	568402,7	738923,51
1978	0	0	519561,8	6195,1	513366,7	667376,71
1977	0	0	599361,6	2361,3	597000,3	776100,39
1976	0	0	472733,1	2067,6	470665,5	611865,15
1975	0	0	330191,1	946,4	329244,7	428018,11
1974	0	0	528438,8	1043,6	527395,2	685613,76
1973	0	0	489923,9	565,2	489358,7	636166,31
1972	0	0	457498,9	299,2	457199,7	594359,61
1971	0	0	487209,1	312,3	486896,8	632965,84
1970	0	0	576902,3	146,6	576755,7	749782,41
1969	0	0	563003,1	528	562475,1	731217,63
1968	0	0	413978,9	691,9	413287	537273,1
1967	0	0	374394,1	165,1	374229	486497,7
1966	0	0	371636,6	629,4	371007,2	482309,36
1965	0	0	447426,2	111,6	447314,6	581508,98
1964	0	0	394703,3	2416,6	392286,7	509972,71
1963	0	0	319387,1	845,8	318541,3	414103,69
1962	0	0	311200,6	808,7	310391,9	403509,47
1961	0	0	400208,9	825,7	399383,2	519198,16
1960	0	0	0	0	0	0
1959	0	0	0	0	0	0
1958	0	0	0	0	0	0



1957	0	0	0	0	0	0	0
1956	0	0	0	0	0	0	0
1955	0	0	0	0	0	0	0
1954	0	0	0	0	0	0	0
1953	0	0	0	0	0	0	0
1952	0	0	0	0	0	0	0

A 1.13. Wolframerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0	0	77,3	0	77,3	77,3
1999	0	0	805,3	0	805,3	805,3
1998	0	0	479,1	0	479,1	479,1
1997	0	0	271,8	114,6	157,2	157,2
1996	0	0	378,4	0	378,4	378,4
1995	0	0	947	0	947	947
1994	0	0	603,7	0,1	603,6	603,6
1993	0	0	106,6	23,7	82,9	82,9
1992	0	0	396,2	11,7	384,5	384,5
1991	0	0	566	36,6	529,4	529,4
1990	0	0	1394,2	26,1	1368,1	1368,1
1989	0	0	4818,6	34,5	4784,1	6219,33
1988	0	0	4105	79,2	4025,8	5233,54
1987	0	0	3454	0	3454	4490,2
1986	0	0	3183,9	0	3183,9	4139,07
1985	0	0	3843,2	1,9	3841,3	4993,69
1984	0	0	7296,3	0	7296,3	9485,19
1983	0	0	3840,6	76,4	3764,2	4893,46
1982	0	0	2855,4	0	2855,4	3712,02
1981	0	0	2698,4	182,4	2516	3270,8
1980	0	0	2930,6	138,9	2791,7	3629,21
1979	0	0	4097,4	174,4	3923	5099,9
1978	0	0	3421,6	87,4	3334,2	4334,46
1977	0	0	2980,5	171,7	2808,8	3651,44
1976	0	0	4361,9	29,9	4332	5631,6
1975	0	0	3365,4	494,2	2871,2	3732,56
1974	0	0	4246,2	140,5	4105,7	5337,41
1973	0	0	6886	334,7	6551,3	8516,69
1972	0	0	6225,8	798,6	5427,2	7055,36
1971	0	0	5431,9	362,1	5069,8	6590,74
1970	0	0	6946	207,8	6738,2	8759,66
1969	0	0	8943	205,9	8737,1	11358,23
1968	0	0	5574	122,7	5451,3	7086,69
1967	0	0	4482,2	178,2	4304	5595,2
1966	0	0	5311,7	141	5170,7	6721,91
1965	0	0	6120,3	161,4	5958,9	7746,57
1964	0	0	4908,4	110	4798,4	6237,92
1963	0	0	3975,4	91	3884,4	5049,72
1962	0	0	4756,1	116,3	4639,8	6031,74
1961	0	0	5324	79,8	5244,2	6817,46
1960	0	0	0	0	0	0
1959	0	0	0	0	0	0
1958	0	0	0	0	0	0



1957	0	0	2383,4	38,4	2345	3048,5
1956	0	0	3791,1	150	3641,1	4733,43
1955	0	0	3428,2	41,6	3386,6	4402,58
1954	0	0	0	0	0	0
1953	0	0	0	0	0	0
1952	0	0	0	0	0	0

A 1.14. Zirkoniumerze

Jahr	Fördermenge (BRD) Metall- inhalt	In der BRD geförderte Menge an Erzkonzentrat	Importmenge in die BRD	Exportmenge aus der BRD	Bedarf in der BRD	Geschätzter Gesamtbedarf in der BRD und der DDR
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2000	0	0	74441,7	5428	69013,7	69013,7
1999	0	0	72471,2	5703,6	66767,6	66767,6
1998	0	0	75069,5	6174	68895,5	68895,5
1997	0	0	60265	4460,6	55804,4	55804,4
1996	0	0	65176	4357,4	60818,6	60818,6
1995	0	0	65238,9	3606,8	61632,1	61632,1
1994	0	0	52285,6	3110,4	49175,2	49175,2
1993	0	0	51027,3	2379,4	48647,9	48647,9
1992	0	0	46777,5	1015,8	45761,7	45761,7
1991	0	0	44120,3	1879,2	42241,1	42241,1
1990	0	0	51527,5	2820,7	48706,8	48706,8
1989	0	0	64804,9	5138,9	59666	77565,8
1988	0	0	57237,2	7913,3	49323,9	64121,07
1987	0	0	58894,9	15286,8	43608,1	56690,53
1986	0	0	83001,7	15621,4	67380,3	87594,39
1985	0	0	78929,2	15050,5	63878,7	83042,31
1984	0	0	75485,8	18885,2	56600,6	73580,78
1983	0	0	68622,3	14460,6	54161,7	70410,21
1982	0	0	67647,7	16378,9	51268,8	66649,44
1981	0	0	69443,8	12371,5	57072,3	74193,99
1980	0	0	56085,7	11487,4	44598,3	57977,79
1979	0	0	50185	8204,8	41980,2	54574,26
1978	0	0	36816,7	6885,1	29931,6	38911,08
1977	0	0	29455,9	7099,5	22356,4	29063,32
1976	0	0	41673,6	3790,9	37882,7	49247,51
1975	0	0	24761	4177,4	20583,6	26758,68
1974	0	0	23551,5	2269,6	21281,9	27666,47
1973	0	0	40081,3	2405,2	37676,1	48978,93
1972	0	0	34818	1595,8	33222,2	43188,86
1971	0	0	39278,9	1492,4	37786,5	49122,45
1970	0	0	44310	1609,1	42700,9	55511,17
1969	0	0	34091,5	1814,8	32276,7	41959,71
1968	0	0	29797,8	1264	28533,8	37093,94
1967	0	0	22585,3	720,9	21864,4	28423,72
1966	0	0	26706,3	789,8	25916,5	33691,45
1965	0	0	0	0	0	0
1964	0	0	0	0	0	0
1963	0	0	0	0	0	0
1962	0	0	0	0	0	0
1961	0	0	0	0	0	0
1960	0	0	0	0	0	0
1959	0	0	0	0	0	0
1958	0	0	0	0	0	0



1957	0	0	0	0	0	0	0
1956	0	0	0	0	0	0	0
1955	0	0	0	0	0	0	0
1954	0	0	0	0	0	0	0
1953	0	0	0	0	0	0	0
1952	0	0	0	0	0	0	0

A 2. Bundesberggesetz (Auszug)

Auszug aus dem Bundesberggesetz (BBergG) vom 13. August 1980, BGBl. I S. 1310, zuletzt geändert durch Artikel 38 des Gesetzes vom 21. August 2002, BGBl. I S. 3322

§ 3 Bergfreie und grundeigene Bodenschätze

- (1) Bodenschätze sind mit Ausnahme von Wasser alle mineralischen Rohstoffe in festem oder flüssigem Zustand und Gase, die in natürlichen Ablagerungen oder Ansammlungen (Lagerstätten) in oder auf der Erde, auf dem Meeresgrund, im Meeresuntergrund oder im Meerwasser vorkommen.
- (2) Grundeigene Bodenschätze stehen im Eigentum des Grundeigentümers. Auf bergfreie Bodenschätze erstreckt sich das Eigentum an einem Grundstück nicht.
- (3) Bergfreie Bodenschätze sind, soweit sich aus aufrechterhaltenen alten Rechten (§§ 149 bis 159) oder aus Absatz 4 nichts anderes ergibt:

Actinium und die Actiniden, Aluminium, Antimon, Arsen, Beryllium, Blei, Bor, Caesium, Chrom, Eisen, Francium, Gallium, Germanium, Gold, Hafnium, Indium, Iridium, Kadmium, Kobalt, Kupfer, Lanthan und die Lanthaniden, Lithium, Mangan, Molybdän, Nickel, Niob, Osmium, Palladium, Phosphor, Platin, Polonium, Quecksilber, Radium, Rhenium, Rhodium, Rubidium, Ruthenium, Scandium, Schwefel, Selen, Silber, Strontium, Tantal, Tellur, Thallium, Titan, Vanadium, Wismut, Wolfram, Yttrium, Zink, Zinn, Zirkonium - gediegen und als Erze außer in Raseneisen-, Alaun- und Vitriolerzen -;

Kohlenwasserstoffe nebst den bei ihrer Gewinnung anfallenden Gasen;

Stein- und Braunkohle nebst den im Zusammenhang mit ihrer Gewinnung auftretenden Gasen; Graphit;

Stein-, Kali-, Magnesia- und Borsalze nebst den mit diesen Salzen in der gleichen Lagerstätte auftretenden Salzen; Sole;

Flußspat und Schwerspat.

Als bergfreie Bodenschätze gelten:

-
1. alle Bodenschätze im Bereich des Festlandssockels und,
 2. soweit sich aus aufrechterhaltenen alten Rechten (§§ 149 bis 159) nichts anderes ergibt,
 - a) alle Bodenschätze im Bereich der Küstengewässer sowie
 - b) Erdwärme und die im Zusammenhang mit ihrer Gewinnung auftretenden anderen Energien (Erdwärme).
- (4) Grundeigene Bodenschätze im Sinne dieses Gesetzes sind nur, soweit sich aus aufrechterhaltenen alten Rechten (§§ 149 bis 159) nichts anderes ergibt:
1. Basaltlava mit Ausnahme des Säulenbasaltes; Bauxit; Bentonit und andere montmorillonitreiche Tone; Dachschiefer; Feldspat, Kaolin, Pegmatitsand; Glimmer; Kieselgur; Quarz und Quarzit, soweit sie sich zur Herstellung von feuerfesten Erzeugnissen oder Ferrosilizium eignen; Speckstein, Talkum; Ton, soweit er sich zur Herstellung von feuerfesten, säurefesten oder nicht als Ziegeleierzeugnisse anzusehenden keramischen Erzeugnissen oder zur Herstellung von Aluminium eignet; Traß;
 2. alle anderen nicht unter Absatz 3 oder Nummer 1 fallenden Bodenschätze, soweit sie unternünftig aufgesucht oder gewonnen werden.

A 3. Bestand des Deutschen Bergbau-Archivs Bochum (Beispiel)²³

Bestand 7 Barbara Erzbergbau GmbH, Düsseldorf

Laufzeit: 1827 - 1970

Die Barbara Erzbergbau AG mit Sitz in Siegen wurde am 18. März 1953 im Zuge der Neuordnung des deutschen Eisenerzbergbaus als Nachfolgesellschaft der Rohstoffbetriebe der Vereinigte Stahlwerke GmbH (VSt) gegründet, der Rechtsnachfolgerin der Vereinigte Stahlwerke AG, Abteilung Rohstoffbetriebe, welche den gesamten Besitz an auf Erze verliehenen Grubenfeldern, Erzgruben und anderen Rohstoffbetrieben der Gründerwerke der VSt verwaltet und betrieben hatte.

Bei der Gründung der VSt im Jahr 1926 brachten die Gründerwerke einen umfangreichen Besitz an bergrechtlichen Gewerkschaften ein. Im Zuge der Ordnung der Stahlwerke wurden die Gewerkschaften, so weit sie als Bergwerk betrieben wurden, Bergverwaltungen zugeteilt. Die Verwaltung der nicht betriebenen Gewerkschaften erfolgte von der Zentralmarkscheiderei bzw. der Abteilung Rohstoffbetriebe der VSt.

In dieser Verwaltung erwuchs der vorliegende Teil des Bestandes, der von der Hauptverwaltung der Barbara übernommen wurde. Insgesamt sind von der VSt über 5 000 Berechtigte verwaltet worden, von denen sich etwa 500 Erzvorkommen im Siegerland befanden. Zahlreiche Bergwerke oder Gewerkschaften sind offensichtlich im Laufe der wechselnden Konjunkturen Spekulationsobjekte geworden.

Auf Grund des neuen Vermögenssteuergesetzes (5. Juli 1934, § 6, Abs. 1) - die Reichsregierung wünschte die Beseitigung der anonymen Gesellschaften - war zu erwarten, dass die Finanzbehörde alle Gewerkschaften nach dem Mindestsatz von 50 000 Reichsmark Kapital mit 250 Reichsmark/Jahr Vermögenssteuer veranlagten würde. Um diese Belastung zu vermeiden, wurde in den folgenden Jahren für die nicht betriebenen Gewerkschaften die Auflösung oder Umwandlung, in einzelnen Fällen das Konkursverfahren, durchgeführt. Soweit sich die Gewerkschaften nicht vollständig im Besitz der VSt befanden, war es bei diesen Verfahren notwendig, die Mitgewerken bzw. deren Erben zu ermitteln, um mit diesen über die Überlassung der Kuxe oder etwaige Zubu-

²³ Quelle: www.archive.nrw.de/home.asp?bergbauarchiv

ßen zu verhandeln. Daraus entstand ein teilweise recht umfangreicher Schriftwechsel. Bei einzelnen Gewerkschaften hatte sich im Laufe der Jahre durch Besitzwechsel von Kuxen eine komplizierte Verflechtung und Verzahnung ergeben.

Bei den Umwandlungsverfahren für Gewerkschaften alten Rechts in solche neuen Rechts ist jeweils ein geologisches Gutachten über den Wert des Bergwerks beigelegt. Aus diesem Gutachten gewinnt man schnell einen Überblick über Lage, Geschichte und Wert des Bergwerks. Daraus ist auch ersichtlich, dass zu den einzelnen Bergwerken weitere umfangreiche Akten bestanden haben müssen, aus denen der Werdegang der Berechtsame zusammengestellt wurde, die jedoch nicht erhalten sind.

Nach 1953 unterstand der Barbara Erzbergbau auch die Bergverwaltung Süddeutschland, die 1965 ihren Sitz von Freiburg-St. Georgen nach Ringsheim (Kreis Lahr) verlegte. Die Bergverwaltung Süddeutschland betrieb die Eisenerzgrube Kahlenberg (Doggererz) in Ringsheim (31. März 1969 stillgelegt) und die Flußspatgrube Teufelsgrund im Untermünstertal (30. September 1958 stillgelegt). Die ihr ebenfalls unterstehende Eisenerzgrube Schönberg in Freiburg-St. Georgen war seit Kriegsende außer Betrieb.

Die Gruben Kahlenberg und Schönberg hatten 1938 die Erzförderung aufgenommen. In Kahlenberg wurde sowohl im Tagebau als auch im Stollenbetrieb abgebaut. Der Stollen Herbolzheim war eine Betriebsabteilung der Grube Kahlenberg, er wurde am 29. Februar 1964 stillgelegt. So bestand die Bergverwaltung im letzten Jahrzehnt vor ihrer Auflösung (1969) ausschließlich aus der Grube Kahlenberg, von wo aus sie den stillliegenden Bergwerksbesitz mitverwaltete.

Der aus der Bergverwaltung Süddeutschland stammende Bestand an Akten zeichnet sich aus durch eine relative Geschlossenheit der Überlieferung. Sowohl der Umfang der Investitionstätigkeit einschließlich durchgeführter Prospektionen wie der jahrzehntelange Betriebsablauf im Verwaltungs- und im technischen Bereich sind dokumentiert. Das Produktionsprogramm, die schwierige ökonomische Lage durch eisenarme Erze und hohe Transportkosten zu den Hütten im Ruhrgebiet und - in begrenztem Umfang - die Belegschaftsentwicklung werden für einen regional begrenzten, strukturschwachen Wirtschaftsraum, der traditionell vom Metallerzbergbau geprägt war, deutlich. Fotos, Karten und Pläne dokumentieren die baulichen Anlagen. Erwähnenswert sind zahlreiche statistische Unterlagen.

Die Barbara Erzbergbau AG selbst wurde 1963 in eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung umgewandelt und ist am 3. Dezember 1974 erloschen, nachdem sie ihren Namen in Barbara Roh-

stoffbetriebe GmbH geändert und ihren Sitz von Düsseldorf nach Wülfrath verlegt hatte. Der Aktenbestand wurde 1972 an das Bergbau-Archiv abgegeben.

Umfang: 7,6 m

Rohstoffbetriebe der Vereinigte Stahlwerke GmbH

Umschreibung/Löschung/Liquidation/Verkauf von bergrechtlichen Gewerkschaften 1924-1964 (13)

Zentralmarkscheiderei/Lagerstättenarchiv Inland (Länder Thüringen und Sachsen) 1906-1947 (10)

Bergrechtliche Gewerkschaften alten und neuen Rechts (Unterlagen über mehr als 508 Gewerkschaften in alphabetischer Reihenfolge) 1859-1964 (515)

Barbara Erzbergbau Hauptverwaltung 1953-1963 (10)

Barbara Erzbergbau Bergverwaltung Süddeutschland

Allgemeine Verwaltung 1937-1970 (24)

Grube Kahlenberg 1953-1969 (118)

Grube Schönberg 1937-1943 (151)

Grube Teufelsgrund 1955-1966 (6)

Gewerkschaft Finstergrund 1945 (4)

Verleihungsurkunden von 57 Eisenerzgruben in der Oberpfalz mit Karten/Plänen 1911-1916 (48)

Betriebsberichte verschiedener Erzgruben im Siegerland und im Westerwald 1904-1965 (42)

Verweis:

Ergänzungsüberlieferung im Bergbau-Archiv: Erzbergbau Porta-Damme GmbH (Bestand 6)

Ergänzungsüberlieferung im ThyssenKrupp Konzernarchiv, Duisburg: Exploration und Bergbau GmbH (Bestand Exp)

Literatur:

Jahrbuch für den Ruhrkohlenbezirk, 1938, S. 260 f.

Alfred Pretor: Die Neuordnung im Eisenerzbergbau, in: Jahrbuch des deutschen Bergbaus, 1953, S. 43-47.

Erich Böhne: Der deutsche Eisenerzbergbau, in: Jahrbuch des deutschen Bergbaus, 1960, S. 15-39.

Alfred Pretor/Ilse Rinn: Bergbau in der Bundesrepublik Deutschland, Essen 1964.

A 4. Identifizierung von Hinterlassenschaften in Baden-Württemberg (Beispiel)²⁴

Lfd.Nr.: 106

Lokalität

Ort:	Heubachtal	TK 25:	7615 Wolfach
Name:	unterer Antonstollen	Koordinaten r:	3449840
Lage:	Ostseite des Heubachtals zw. Sekundenhof u. Whs. Auerbahn	h:	5354900
		Flurst.Nr.:	155

Technik/Mineralogie/Geologie/Literatur

x Bergbau	Betreiber:	Kinzigtäler Bergwerksverein, Erzbergbau Wildschapbach
Aufbereitung	Zeitraum:	1766-1850; 1950-1953

Nebengest.:	Granit	Literatur:	BL 86, SC 83 (Nr. 6), MA 90
Gangart:	Baryt, Karbonate		
Erzführung:	Co-Ni-Bi-Ag-U (As)	Analysen aus der Literatur:	SC 83
Geologie:	Gang (Erzparagenese vergleichbar mit der des Wittichener Reviers)	Nebengest.:	DE 56
		Erzführung:	HO 79
		Rückstände:	SC 83
		Wasser:	UM 95a

Zu erwartende toxische Elemente/Stoffe: As, U

Topographie/Morphologie/Zustand

Beschreibung:	Hanganschlüpfung	Oberfl.abdeckg.:	Birumendecke, wenig Boden unbewachsen	unbebaut
Fläche:	3 000 m ²			
Inhalt:	5 000 m ³	x bewachsen mit:	Bäumen, Jungpflanzungen	
Hangneigung:	30°, Halde 40°	x bebaut mit:	Bürogebäude aus Holz	
Material:	Granit, Baryt	Nutzung:	Laboratorium	
Korngröße:	mm bis mehrere cm (Block)	Flurst.Nr.:	angr. Grünstücke, Nutzung	
sek. Verwend.:	nein	361/2, 154	Wohngebäude, Wohnhaus	
Sickerwasser:	nein	360	Wald	

Bemerkungen Haldenkopf und Grubengebäude ist Standort der seismologischen Station der Universität Karlsruhe, ein Garten beim Wohnhaus liegt vermutlich noch auf Haldenmaterial.
 106/1 oberer Antonstollen, 200 m², 300 m³, meist nicht überdeckt, Granit, beim Schägel & Eisen Zeichen weiter nördlich auf TK 25: Pingel mit Halde, 30 m², 20 m³, überwachsen oberhalb des Weges
 106/2 Katharina im Drillinggrund, 200 m², 250 m³, Waldboden, Bäume, Unterholz
 106/3 Fröhlich Glückauf im Heubach, 2 überwachsene Halden an Schächten, je 70 m², 100 m³.
 Im hinteren Heubachtal zwischen Ochsengrund und Denkmal z.T. durch Wegebau zerstörte kleinere Halden.
 Karte: 1:25000, 1:5000 Photo: 94-G2-22, 94-K3-21

Aufnahme: 11/94, Fri FZK/HS/PSA

²⁴ Quelle: / Fritsche et al., 1996-2/

Altablagerungen Bergbau/Aufbereitung, Baden Württemberg

Lfd.Nr.: 106

Lokalität

Ort: Heubachtal TK 25: 7615 Wolfach
 Name: unterer Antonstollen Koordinaten r: 3449840
 Lage: Ostseite des Heubachtales zw. h: 5354900
 Sekundenhof u. Whs. Auerbahn Flurstk.Nr.: 155

Untersuchungen / Ergebnisse

Dosisleistung		Wasserprobe				
	µSv/h	Pr.Nr.	Entnahmestelle	Farbe	Geruch	pH
Halde	0,17	106	Stollenwasser	farblos	geruchlos	6,5
Umgebung	0,10					

Wasserprobe												
Pr.Nr.	Sb	Cd	Pb	As	Bi	Tl	Hg	Zn	Cu	Ni	Co	Cr
106	< 10	< 5	< 40	21	< 10	< 50	< 0,5	< 50	< 5	< 50	< 10	< 50

Haldenprobe											
Pr.Nr.	Entnahmest.	Profilbeschr.	Probenbeschr.	Pr.Menge	Korn	Farbe	% - Gehalt an			pH	
	Beschreibung Entn.-Tiefe	cm	Hori- zont	Hauptbestand	Einzelpr. Mischpr.	>4 mm <2 mm	Hum.	Carb.	Ton		
106	Haldenfuß 10m Traverse 10 cm	00-02 02-10	A Halde	alterierter Granit, Baryt	7 7 kg	53 % 39 %	7,5YR 3/3 dkl.br.	0	0	05- 10	4,8

RFA: Röntgenfluoreszenzanalyse KW: Königswasseraufschluß NH4: Ammoniumnitratextraktion
 %: mit Ammoniumnitrat gelöster Anteil des mit Königswasser gelösten Gehalts

[mg/kg]												
106	Sb	Cd	Pb	As	Bi	Tl	Hg	Zn	Cu	Ni	Co	Cr
KW	0,28	< 0,01	28,0	13,2	< 1	0,02	0,51	26,0	70,0	366	1700	30
NH4	< 0,01	< 0,01	1,75	0,13		< 0,01	0,02	1,88	0,23	31,5	107	0,35
%			6,3	1,0			4,0	7,23	0,3	8,6	6,3	1,2

[Bq/kg]				
	U-238	Ra-226	Pb-210	Th-232
	368	252	254	76
NH4	25	43,7	< 73	12
%	0,7	17		16

Haldenprobe aus SC 83

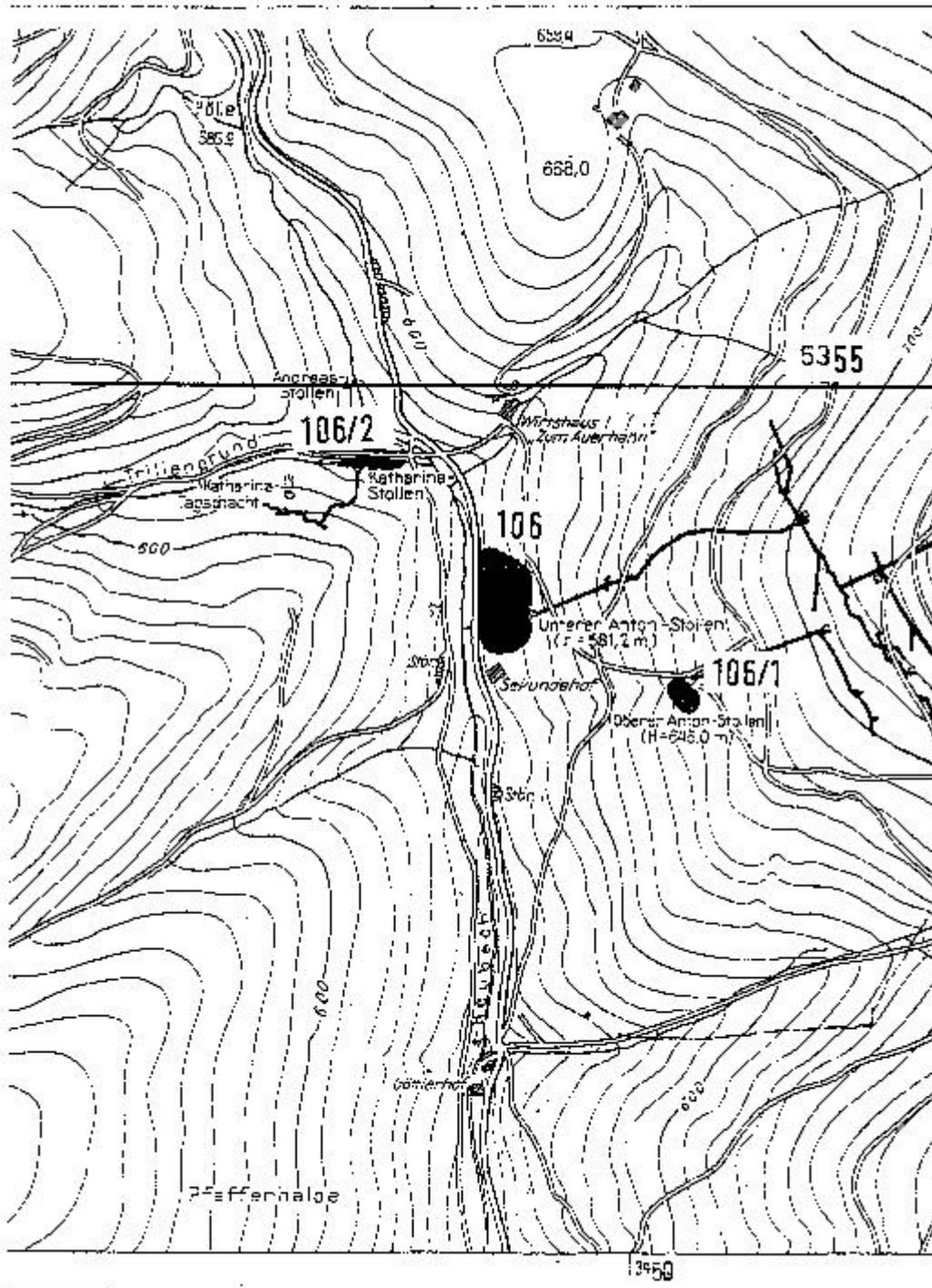
Ba	2,4 %	As	180 ppm
Sr	0,1 %	U	24 ppm
Cu	40 ppm	Ra-226	5,5 pCi/g
Zn	30 ppm	Pb-210	12,8 pCi/g
Pb	250 ppm		

PbS Analyse aus HO 79 (ppm)

Ag	3000	4500
Sb	5000	9000
Tl	70	100

Stollenwasser: 10 pCi/l Ra-226

Lfd.Nr.: 106



sog. Gangkarte "Wittichen"

M: 1:5000

KFK/HS/PSA

A 5. Zusammenstellung der angefragten Behörden und Archive

Anschrift	Art der Anfrage	Antwort		Antwort verwertbar? Bundesland	
		ja	nein	ja	nein
Behörden / Institute		ja	nein	ja	nein
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover	E-Mail	X		X	
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden- Württemberg Freiburg	E-Mail Fernmündlich Postalisch Vor-Ort-Termin	X		X	
Forschungszentrum Karlsruhe Eggenstein-Leopoldshafen	E-Mail Fernmündlich	X		X	
Bayerisches Geologisches Landesamt München	E-Mail Fernmündlich Postalisch Vor-Ort-Termin	X		X	
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie Referat Bergbau, Mineralische Rohstoffe, Bergaufsicht München	Fernmündlich Postalisch Vor-Ort-Termin (steht aus)	X		X	
Regierung von Oberbayern München	Fernmündlich	X			X
Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (LfStaD) SG 34 AG 10 Abfallwirtschaft - Luftreinhaltung München	E-Mail Postalisch Vor-Ort-Termin	X		X	

Bayrisches Landesamt für Umweltschutz Nord-Bayern Kulmbach	fernmündlich		X		X
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie Berlin	E-Mail	X			X
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Berlin	E-Mail Fernmündlich	X		X	
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg Kleinmachnow	E-Mail		X		X
Landesbergamt Brandenburg Cottbus	E-Mail		X		X
Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg Geologisches Landesamt Hamburg	E-Mail		X		X
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie Abt. Geologie und Boden, Geolog. Landesdienst Wiesbaden	E-Mail Fernmündlich	X		X	
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung Geologie Güstrow	E-Mail		X		X
Bergamt Stralsund Stralsund	E-Mail	X			X
Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung Hannover	E-Mail Fernmündlich	X		X	

Landesbergamt Clausthal-Zellerfeld (Bergbehörde für Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen) Clausthal-Zellerfeld	E-Mail		X		X
Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen Krefeld	E-Mail Fernmündlich	X		X	
Bezirksregierung Arnsberg Bergbau und Energie in NRW Dortmund	E-Mail Fernmündlich	X		X	
Bergamt Düren	E-Mail	X			X
Bergamt Gelsenkirchen	E-Mail	X			X
Bergamt Kamen	E-Mail	X			X
Bergamt Moers	E-Mail	X			X
Bergamt Recklinghausen	E-Mail	X			X
Deutsches Bergbau-Museum Bochum Bergbau-Archiv	E-Mail	X		X	
Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz Mainz	Postalisch	X		X	
Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz Mainz	E-Mail Fernmündlich	X		X	
Oberbergamt für das Saarland und das Land Rheinland-Pfalz Saarbrücken	E-Mail	X		X	
Landesamt für Umweltschutz des Saarlandes Saarbrücken	E-Mail		X		X
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie Freiberg	E-Mail		X		X
Sächsisches Oberbergamt Freiberg Freiberg	E-Mail		X		X

Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt Dezernatsgruppe 3 Angewandte Geologie Halle	E-Mail	X		X	
Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein Flintbek	E-Mail		X		X
Verbände / Organisationen					
Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) Arbeitskreis „Altbergbau-geotechnische Erkundung und Bewertung“ Essen	E-Mail		X		X
Wirtschaftsvereinigung Metalle Düsseldorf	Fernmündlich	X			X
Deutsches Kupferinstitut Düsseldorf	Fernmündlich	X			X
IHK Karlsruhe Karlsruhe	E-Mail fernmündlich	X		X	
Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. Essen	E-Mail fernmündlich	X		X	
DEBRIV - Bundesverband Braunkohle Köln	E-Mail Fermündlich	X		X	
Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. Köln	E-Mail Fermündlich	X		X	
Bundesverband Naturstein-Industrie e.V. Köln	Fermündlich	X		X	
Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V. (DNV) Würzburg	Fermündlich	X		X	
Firmen					

GeoMinConsult Neckarbischofsheim	Fernmündlich	X		X	
Melter+Kühn Zifferblätter-Cadrams-Dials	Fernmündlich Vor-Ort-Termin	X		X	
Vereinigte Porphyrbüche auf dem Rochlitzer Berge GmbH Rochlitz/Narsdorf	Fernmündlich	X			X
IAF-Radioökologie GmbH Dresden Dresden	E-Mail Fernmündlich	X		X	
Ingenieurbüro Graffunder Stutensee	E-Mail Fernmündlich	X		X	
Chemical Europe GmbH Ruhrchemie Oberhausen	E-Mail Fernmündlich postalisch	X			Steht noch aus
MAIER Leuchtfarben GmbH Villingen-Schwenningen	E-Mail Fernmündlich	X			Steht noch aus
Miro Mineralö Raffinerie Oberrhein GmbH & Co. KG Abteilung Umweltschutz Karlsruhe	Fernmündlich postalisch	X		X	
Buchen Umwelt Service GmbH Karlsruhe	Fernmündlich	X		X	
Schmutz GmbH Weil am Rhein	Fernmündlich	X		X	
Xella Porenbeton AG Service Center Süd Messel	Fernmündlich	X		X	

A 6.Adressenliste

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Behörden / Institute			
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Postfach 51 01 53 30631 Hannover Stilleweg 2 30655 Hannover	Dr. Dietmar Leifeld	Tel.: 0511 / 643-2344 Fax: 0511 / 643-3661 E-Mail: Dietmar.Leifeld@bgr.de Internet: www.bgr.de	Bund
	Dr. Werner Gwosdz	Werner.Gwosdz@bgr.de	Bund
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden- Württemberg Abt. 5 Landesbergdirektion Ref. 51 Bergwirtschaft, Bergbauberechtigungen, Markschei- dewesen Urachstraße 23 79102 Freiburg im Breisgau	Dipl. Ing. Holger Schick Bergdirektor, Assessor des Markscheidefachs	Tel.: 0761 / 7040028 Fax: 0761 / 78969 E-Mail : schick@lgrb.uni-freiburg.de Internet: www.lgrb.uni-freiburg.de	BW
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden- Württemberg Abt. 4 Rohstoffgeologie und Technische Geologie Ref. 42 Angewandte Rohstoffgeologie und Dokumentation Albertstraße 5	Dr. Peter Finger	Tel.: 0761 / 5590-241 Fax : 0761 / 5590-225 E-Mail: finger@lgrb.uni-freiburg.de Internet: www.lgrb.uni-freiburg.de	BW

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
79104 Freiburg			
	Dr. Stribrny (Präsident)		BW
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Referat 44, Altlasten, Schadensfälle Postfach 21 07 52 76157 Karlsruhe	Herr Dr. Hahn	Tel.: 0721 / 983-1212 Fax: 0721 / 983-1456 E-Mail: Poststelle@lfuka.lfu.bwl.de Internet: www.lfu.baden-wuerttemberg.de	BW
Forschungszentrum Karlsruhe Postfach 3640 76021 Karlsruhe Hermann-von-Helmholtz-Platz 1 76344 Eggenstein-Leopoldshafen		Tel.: 07247 / 82-0 Fax: 07247 / 82-5070 E-Mail: info@fzk.de Internet: www.fzk.de	BW
Bayerisches Geologisches Landesamt Abteilung 4 Angewandte Geologie Referat 42 Rohstoffgeologische Landesaufnahme Referat 43 Rohstoffgeologie für Wirtschaft und Planung Heßstraße 128 80797 München	Dr. Hermann Weinig	Tel.: 089 / 9214-2719 Fax: 089 / 9214-2647 E-Mail: hermann.weinig@gla.bayern.de Internet: www.geologie.bayern.de	BY
	Dr. Klaus Poschlod	Tel.: 089 / 9214-2718 Fax: 089 / 9214-2647 E-Mail: klaus.poschlod@gla.bayern.de	BY
	Prof. Dr. Schmid (Präsident)		BY
Bayerisches Geologisches Landesamt Außenstelle Marktredwitz Leopoldstr. 30	Dr. Elmar Linhardt	Tel.: 09231 / 951-122	BY

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
95615 Marktredwitz			
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie Referat Bergbau, Mineralische Rohstoffe, Bergaufsicht Prinzregentenstraße 28 80538 München		Tel.: 089 / 2162-01 Fax: 089 / 2162-2760 E-Mail: poststelle@stmwvt.bayern.de Internet: www.stmwvt.bayern.de	BY
	Herr Zimmer	Tel.: 089 / 2162-2451 Fax: 089 / 2162-3451	BY
	Herr Jungtäubl (Leiter des Referates)	Tel.: 089 / 2162-2659	BY
	Herr Chlosta	Tel.: 089 / 2162-2529	BY
	Frau Seitz (zuständig für das Archiv)	Tel.: 089 / 2162-2773	BY
Bergamt Südbayern Regierung von Oberbayern Maximilianstr. 39 50538 München	Herr Tönnesmann	Tel.: 089 / 2176-0	BY
Bergamt Nordbayern Regierung von Oberfranken Ludwigstr. 20 95042 Bayreuth	Herr Dammer	Tel.: 0921 / 604-1388	BY
Regierung von Oberbayern Maximilianstr. 39 80534 München	Herr Winter (Regionsbe- auftragter bei der Regie- rung von Oberbayern)	Tel.: 089 / 2176-2752	BY
	Herr Kuhfeld	Tel.: 089 / 2176-2488	

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (LfStaD) SG 34 AG 10 Abfallwirtschaft - Luftreinhaltung Neuhauserstr.8 80331 München	(Regionalplaner) Herr P. Fürnrohr	Tel.: 089 / 2119-374 E-Mail: Peter.Fuernrohr@lfstad.bayern.de	BY
Bayrisches Landesamt für Umweltschutz Nord-Bayern 95326 Kulmbach	Hr. Dr. Güntner	Tel.: 09221 / 604-5820	BY
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie Abteilung IV A 3 Am Köllnischen Park 3 10173 Berlin	Dipl.-Geol. Jens Thierbach	Tel.: 030 / 9025-1542 Fax: 030 / 9025-1573 E-Mail: Jens.Thierbach@SenStadt.Verwalt-Berlin.de Internet: www.stadtentwicklung.berlin.de	BE
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Alexanderplatz 6 D - 10178 Berlin	Manfred Helming	Tel.: 01888 / 4330 Manfred.Helming@bmu.bund.de	BE
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Branden- burg Stahnsdorfer Damm 77 14532 Kleinmachnow	Dipl.-Geol. Elke Wetzel	Tel.: 033203 / 36-821 Fax : 033203 / 36-702 E-Mail: wetzel@lgrb.de Internet: www.lgrb.de	BB

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Landesbergamt Brandenburg Vom-Stein-Str. 30 03050 Cottbus		Tel.: 0355 / 4991-7100 Fax : 0355 / 4991-7253 E-Mail: landesbergamt@lbb.brandenburg.de Internet: www.landesbergamt.brandenburg.de	BB
Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg Geologisches Landesamt Billstraße 84 20539 Hamburg	Herr Dr. J. Ehlers	Tel.: 040 / 42845-2641 Fax : 040 / 42845-2662 E-Mail: juergen.ehlers@bug.hamburg.de Internet: www.hamburg.de	HH
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie Abt. Geologie und Boden, Geolog. Landesdienst Postfach 3209 65022 Wiesbaden Rheingastr. 186 65203 Wiesbaden	Herr Dr. Rosenberg	Tel.: 0611 / 6939-925 Fax: 0611 / 6939-941 E-Mail: f.rosenberg@hlug.de Internet: www.hlug.de	HE
	Frau Freiling (Archivverwalterin)	Tel.: 0611 / 6939-478	HE
Statistisches Bundesamt Statistischer Informationsservice Gustav - Stresemann - Ring 11 65189 Wiesbaden	Frau Angela Heinze	Tel.: 0611 / 75 3768 E-Mail: angela.heinze@destatis.de	HE
	Frau Eva Welter	E-Mail: eva.welter@destatis.de	HE
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern	Dipl.-Geol. Klaus Granitzki	Tel.: 0395 / 380-3501 Fax: 0395 / 380-3599	MV

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Abteilung Geologie Postfach 1338 18263 Güstrow Goldbergerstr. 12 18273 Güstrow		E-Mail: klaus.granitzki@lung.mv-regierung.de Internet: www.lung.mv-regierung.de	
Bergamt Stralsund Frankendamm 17 18439 Stralsund	Thomas Triller	Tel.: 03831 / 612111 Fax: 03831 / 612121 E-Mail: t.triller@ba.mv-regierung.de Internet: www.bergamt-mv.de	MV
Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung Stilleweg 2 30665 Hannover	Dr. Alfred Langer	Tel.: 0511 / 643-2471 Fax: 0511 / 643-3668 E-Mail: a.langer@nlfb.de Internet: www.nlfb.de	NI
Landesbergamt Clausthal-Zellerfeld (Bergbehörde für Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen) Postfach 1153 38669 Clausthal-Zellerfeld		Tel.: 05323 / 72 - 3200 Fax: 05323 / 72 - 3258 E-Mail: poststelle@lba.niedersachsen.de Internet : www.lba.niedersachsen.de	NI
Technische Universität Clausthal Fachbereich Geowissenschaften, Bergbau und Wirtschaftswissenschaften Institut für Bergbau Erzstraße 20 38678 Clausthal-Zellerfeld	Dr. Ing. Helmut Mischo	Tel.: 05323 / 72 - 2121 E-Mail: Helmut.mischo@tu-clausthal.de Internet : www.tu-clausthal.de	NI
Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen	Dr. Matthias Zeller	Tel.: 02151-897-465	NRW

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
–Landesbetrieb- Postfach 100763 D-47707 Krefeld De-Greiff-Str. 195 47803 Krefeld		Fax: 02151-897-505 E-Mail: Zeller@gd.nrw.de Internet: www.gd.nrw.de	
	Dipl.-Geol.'in Franziska Lehmann (zuständig für das Archiv)	Tel.: 02151-897-593 Fax: 02151-897-505 E-Mail: franziska.lehmann@gd.nrw.de	NRW
	Frau Birgit Weyers (zu- ständig für Terminabspra- che für die Einsicht ins Archiv)	Tel.: 02151-897-286	NRW
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen Postfach 10 23 63 45023 Essen Wallneyer Str. 6 45133 Essen		Tel.: 0201 / 7995-0 Fax: 0201 / 7995-1448 E-Mail: Poststelle@lua.nrw.de Internet: www.lua.nrw.de	NRW
Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen Schwannstr. 3 40476 Düsseldorf		Tel.: 0211/4566-0 Fax: 0211/4566-388 E-Mail: poststelle@munlv.nrw.de Internet: www.munlv.nrw.de	NRW
Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes Nordrhein-Westfalen Haroldstr. 4 40213 Düsseldorf		Tel. +49 211 837-02 Fax +49 211 837-2200 Internet: www.mvel.nrw.de	NRW

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Bezirksregierung Arnsberg Abteilung 8 Bergbau und Energie in NRW Goebenstr. 25 44135 Dortmund	Herr Kuschel	Tel.: 0231-5410218 Fax : E-Mail:	NRW
	Herr Jürgen Lambrecht	Tel.: +49 (0) 231 5410 265	NRW
Bergamt Düren Josef-Schregel-Straße 21 52349 Düren	Herr Jung	Tel.: 02421 / 94 40-0 Fax: 02421 / 40 45 21 E-Mail: Dieter.Jung@Berga-dr.nrw.de	NRW
Bergamt Gelsenkirchen Kurt-Schumacher-Str. 313 45897 Gelsenkirchen		Tel.: 0209 / 95973 -0 Fax: 0209 / 95973-55 E-Mail: Poststelle@berga-ge.nrw.de	NRW
Bergamt Kamen Südfeld 9a 59174 Kamen Postfach 4102 59163 Kamen	Herr Terwelp	Tel.: 02307 / 94110-33 Fax: 02307 / 94110-888 E-Mail: Poststelle@berga-ka.nrw.de	NRW
Bergamt Moers Rheinberger Str. 194 47445 Moers	Herbert Schmitz	Tel.: 02841 / 9423-0 Fax: 02841 / 942311 E-Mail: Poststelle@berga-mo.nrw.de Herbert.Schmitz@berga-mo.nrw.de	NRW
Bergamt Recklinghausen Reitzensteinstr. 28-30 45657 Recklinghausen	Herr Matuszewski	Tel.: 02361 / 1029-45 Fax: 02361 / 1029-50 E-Mail: Willi.matuszewski@berga-re.nrw.de , Poststelle@berga-re.nrw.de	NRW

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Deutsches Bergbau-Museum Bochum Bergbau-Archiv Am Bergbaumuseum 28 44791 Bochum	Gudrun Neumann Michael Farrenkopf	Tel.: 0234 / 58 77-154 Fax: 0234 / 58 77-111 E-Mail: gudrun.neumann@bergbaumuseum.de michael.farrenkopf@bergbaumuseum.de Internet: www.bergbau-museum.de	NRW
Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz Stiftsstraße 9 55116 Mainz	Herr Bergdirektor Werner Robrecht	Tel.: 06131 / 16-2520 Fax: 06131 / 16-172520 E-Mail: Werner.robrecht@mwwlw.rlp.de Internet: www.mwwlw.rlp.de	RP
Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz Postfach 10 02 55 55133 Mainz Emy-Roeder-Str. 5 55129 Mainz	Dr. Friedrich Häfner	Tel.: 06131 / 9254-362 Fax: 06131 / 9254-124 E-Mail: friedrich.haefner@lgb-rlp.de Internet: www.lgb-rlp.de	RP
Oberbergamt für das Saarland und das Land Rheinland-Pfalz Am Staden 17 66121 Saarbrücken	Thomas Adam	Tel.: 0681 / 501-00 Fax: 0681 / 501-4876 E-Mail: t.adam@bergverwaltung.saarland.de Internet:	RP / SL
Landesamt für Umweltschutz des Saarlandes Don-Bosco-Str. 1 66119 Saarbrücken	Dipl.-Geol. Hubert THUM	Tel.: 0681 / 8500-128 Fax: 0681 / 8500-384 E-Mail: h.thum@lfu.saarland.de Internet : www.lfu.saarland.de	SL
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Dr. Dierk Freels	Tel.: 03731 / 294-141	SN



Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Halsbrücker Str. 31a 09599 Freiberg		Fax: 03731 / 294-115 E-Mail: dierk.freels@lfug.smul.sachsen.de Internet: www.umwelt.sachsen.de/lfug/	
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Archivstraße 1 01097 Dresden		Tel.: 0351 / 564-0 Fax: 0351 / 564-2209 E-Mail: Poststelle@smul.sachsen.de Internet: www.smul.sachsen.de/de/wu/index.html	SN
Sächsisches Oberbergamt Freiberg Postfach 1364 09583 Freiberg Kirchgasse 11 09599 Freiberg	Herr Herrmann	Tel.: 03731 / 372-1100 Fax : 03731 / 372-1179 E-Mail: Mar- tin.Herrmann@obafg.smwa.sachsen.de Internet: www.bergbehoerde.sachsen.de	SN
Institut für Bergbau TU Bergakademie Freiberg Zeunerstr. 1A 09596 Freiberg		Tel.: 03731 / 39-2801 Fax: 03731 / 39-3581 E-Mail: bergbau@tu-freiberg.de Internet: www.bergbau.tu-freiberg.de/home/home.php	SN
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) Dezernatsgruppe 3 Angewandte Geologie Postfach 156 06035 Halle Köthener Str. 34	Dr. Klaus Stedingk	Tel.: 0345 / 5212-128 Fax: 0345 / 52 29 910 E-Mail: Stedingk@lagb.mw.lsa-net.de Internet: www.mw.sachsen-anhalt.de/gla	ST

Anschritt	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
06118 Halle			
	Herr P. Karpe	Tel.: 0345 / 5212-156 Fax: 0345 / 52 29 910 E-Mail: karpe@lagb.mw.lsa-net.de	ST
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) Dezernat 53 Markscheide- und Berechtsamswesen, Altbergbau Köthener Str. 34 06118 Halle	Herr Jost (ehemaliges Bergamt Staßfurt)	Tel.: 0345 / 5212-0 Fax E-Mail: jost@lagb.mw.lsa-net.de	ST
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH Standort Leipzig Permoserstraße 15 D-04318 Leipzig		Tel.: 0341 / 235-2242 Fax: 0341 / 235-2791 Internet: www.ufz.de	SN
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH Versuchsstation Bad Lauchstädt Hallesche Straße 44 D-06246 Bad Lauchstädt		Tel.: 034635 / 73-0	SN
Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein Hamburger Chaussee 25 24220 Flintbek	Dipl.-Geol. Erhard Bornhöft	Tel.: 04347 / 704-555 Fax: 04347 / 704-502 E-Mail: ebornhoe@lanu.landsh.de Internet: www.umwelt.schleswig-holstein.de/servlet/is/155/	SH
Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie Prüssingstr. 25 07745 Jena	Dipl.-Geol. Reinhard Cebulla	Tel.: 03641 / 684-623 Fax: 03641 / 684-666 E-Mail:	TH



Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
		reinhard.cebulla@tlugjena.thuringen.de Internet: www.tlug-jena.de	
Thüringer Oberbergamt Behördenhaus Puschkinplatz 7 07545 Gera		Tel.: 0365 / 7337-0 Fax: 0365 / 7337-105	TH

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Verbände / Organisationen			
Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) Hohenzollernstraße 52 45128 Essen	Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. E.h. Manfred Nußbaumer M. Sc. Geschäftsführerin: Dr. rer. nat. Kirsten Laackmann	Tel.: 0201 / 78 27 23 Fax.: 0201 / 78 27 43 Internet: www.dggt.de	
Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) Arbeitskreis „Altbergbau-geotechnische Erkundung und Bewertung“ Hohenzollernstraße 52 45128 Essen	Dr. Ing. habil. G. Meier (Obmann des AK 4.6)	E-Mail: ib@dr-gmeier.de	
GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik e.V. Paul-Ernst-Straße 10 38678 Clausthal-Zellerfeld Postfach 10 54 38668 Clausthal-Zellerfeld		Tel.: 05323 / 937 90 Fax.: 05323 / 937 937 E-Mail: GDMB@GDMB.de Internet: www.GDMB.de	
GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik e.V. Fachausschuss „Abfallverwertung und –beseitigung im Bergbau“ Leiter: Dr.-Ing. Gerd Bohnenberger	Dr.-Ing. Gerd Bohnenberger		

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Südwestdeutsche Salzwerte AG Salzgrund 67 74076 Heilbronn			
Wirtschaftsvereinigung Bergbau e.V. Am Schillertheater 4 10625 Berlin Postfach 120736 10597 Berlin		Tel.: 030 / 315182-0 Fax : 030 / 315182-35 E-Mail: info@mv-bergbau.de Internet: www.wv-bergbau.de/intro.html	
Wirtschaftsvereinigung Metalle Am Bonneshof 5 40474 Düsseldorf	Dr. Kroll	Tel.: 0211 / 47 96 – 0 Fax: 0211 / 47 96 - 4 00	NRW
	Hr.Zilkens Hr. Dr. Pilkaner	Tel.: 0221 / 4796 175 Tel.: 0221 / 4796 317	
	Hr. Grum	Tel.: 02 11 / 47 96 - 160	NRW
Deutsches Kupferinstitut Am Bonneshof 5 40747 Düsseldorf		Tel.: 0211 / 47 96 – 0 Fax: 0211 / 47 96 - 3 00 E-Mail: info@kupferinstitut.de	NRW
IHK Karlsruhe Lammstr. 13-17 76133 Karlsruhe	Fr. Göhringer	Tel.: 0721 / 174-173 Fax.: +49 (0)721 174-240 E-Mail: Martina.göhringer@karlsruhe.ihk.de Internet: www.karlsruhe.ihk.de	BW
Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. Rellinghauser Str. 1 - 11 45128 Essen	Michael Verschuur	Tel.: 0201 / 177 - 43 43 Fax: 0201 / 177 - 42 72 E-Mail: michael.verschuur@gvst.de	



Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
DEBRIV - Bundesverband Braunkohle Postfach 40 02 52 50832 Köln Max-Planck-Str. 37 50858 Köln	Uwe Maaßen	Tel.:02234 / 1864 (0) 34 Fax: 02234 / 1864 18 Mobil 0171 / 4 16 26 89 E-Mail: Uwe.Maassen@braunkohle.de Internet: www.braunkohle.de	
Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. Pferdengesstrasse 7 50968 Köln	Frau Anette Schnarr	Tel.: 0221 / 376 5621 Fax.: 0221 / 3765631 E-Mail: schnarr@BDZement.de	
Bundesverband Naturstein-Industrie e.V. Annastr. 67-71 50968 Köln		Tel.: 0221 / 9346 7460 Fax.: 0221 / 9346 7464 E.mail: info@naturstein.org Internet: www.bv-naturstein.de	
Deutscher Naturwerkstein-Verband e.V. (DNV) Sanderstraße 4 D -97070 Würzburg	Reiner Krug Geschäftsführer	Tel.: 0931 / 12061 Fax: 0931 / 14549 E-Mail: Info.dnv@t-online.de E-Mail: Info@natursteinverband.de Internet: www.natursteinverband.de Internet: www.naturwerksteinverband.de Internet: www.dnv.naturstein-netz.de	



Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Zeitschriften			
Glückauf – Die Fachzeitschrift für Rohstoff, Bergbau und Energie Verlag Glückauf Montebruchstr. 2 45206 Essen		Tel.: 02054 / 924-0 Fax: 02054 / 924-109 E-Mail: vge-verlag@t-online.de Internet: www.vge.de	
ERZMETALL GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik e.V. Paul-Ernst-Straße 10 38678 Clausthal-Zellerfeld Postfach 10 54 38668 Clausthal-Zellerfeld		Tel.: 05323 / 937 90 Fax : 05323 / 937 937 E-Mail: redaktion@gdmb.de Internet: www.GDMB.de	
Bergbau – Zeitschrift für Bergbau, Energie, Umwelt Ring Deutscher Bergingenieure e.V. (RDB) Juliusstr. 9 45128 Essen		Tel.: 0201 / 228997 Fax : 0201 / 234578 E-Mail: Bergbau@rdb-ev.de Internet: www.rdb-ev.de	
Surface Mining – Braunkohle & Others Herausgeber: GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und		Tel.: 05323 / 937 90 Fax: 05323 / 937 937 E-Mail: GDMB@GDMB.de Internet: www.GDMB.de	



Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Umwelttechnik e.V. Paul-Ernst-Straße 10 38678 Clausthal-Zellerfeld Postfach 10 54 38668 Clausthal-Zellerfeld			

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
Firmen			
GeoMinConsult Birkenstraße 7 74924 Neckarbischofsheim	Dr. Reinhard Fritsche	Tel.: 07263 / 961964 Fax: 07263 / 64654 E-Mail: r.fritsche@geominconsult.de	BW
Melter+Kühn Zifferblätter-Cadrans-Dials Belfortstr. 8 75112 Postfach 1224	Hr. Hartmut Kühn	Tel.: 07231 / 313887 Fax.: 07231 / 313198	BW
Ingenieurbüro Graffunder Friedrichstr. 28 76297 Stutensee	Herr Henri Graffunder	Tel.: 07249 / 4567 oder 0172 / 7421830 Fax.:07249 / 4568 E-Mail: graffunder@nuklide.de Internet: www.nuklide.de	BW
MAIER Leuchtfarben GmbH Neuffenstrasse 17	Hr. Esser	Tel.: 07720 / 66625 Fax.: 07720 / 61685	BW

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
78054 Villingen-Schwenningen			
Miro Mineralö Raffinerie Oberrhein GmbH & Co. KG Abteilung Umweltschutz Nördliche Raffineriestr.1 76187 Karlsruhe	Hr. Schwarz	Tel.: 0721 / 958-01 E-Mail: info@miro-ka.de Internet: www.miro-ka.de	BW
Buchen Umwelt Service GmbH Fettweisstraße 38 76189 Karlsruhe	Hr. Klöck	Tel.: 0721 / 95 44 -0 Fax: 0721 / 95 44 -333 E-Mail: karlsruhe@buchen.net	BW
Schmutz GmbH Römerstraße 16 79576 Weil am Rhein	Hr. Sütterlin	Tel.: 07621 / 9773-0 Fax: 07621 / 79 17 78 E-Mail: kontakt@schmutz.de Internet: www.schmutz.de	BW
Xella Porenbeton AG Service Center Süd Postfach 1161 64409 Messel	Hr. Kamran Farid	Tel.: 06159 / 59432 Fax.: 06159 / 59455 Internet: www.xella.de	HE
Vereinigte Porphybrüche auf dem Rochlitzer Berge GmbH An der B175 09306 Rochlitz/Narsdorf		Tel.: 034346 / 61716 Fax.: 034346 / 61721	SN
IAF-Radioökologie GmbH Dresden Karpantenstr. 20 01326 Dresden	Dr. rer.nat. habil. Hartmut Schulz	Tel.: 0351 / 2633012 Fax: 0351 / 2633022 E-Mail: schulz@iaf-dresden.de	SN
Chemical Europe GmbH Ruhrchemie Otto-Roeln-Str.3	Hr. Bühner	Tel.: 0208 / 693 2288	



Anschrift	Ansprechpartner	Telefon Fax E-Mail Internet	Bundesland
46147 Oberhausen			