



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 4a)

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 4a

**Orientierende radiologische Untersuchungen an bergbau-
lichen Hinterlassenschaften der Steinkohle-Gewinnung**

Juli 2005

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

Unter Mitarbeit der

¹Universität Würzburg, Institut für Geologie und der

²Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Biologie und Geographie

**Andreas Reichelt
Jens Wiegand¹
Karsten Leopold²**

☎ 089-5791-1288

✉ Andreas.Reichelt@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

Teil 4a

Orientierende radiologische Untersuchungen an bergbaulichen Hinterlassenschaften der Steinkohle-Gewinnung

INHALT

1	EINFÜHRUNG	23
2	RUHRGEBIET	25
2.1	Allgemeines	25
2.2	Halden	26
2.2.1	Lage	26
2.2.2	Halde Schurenbach	27
2.2.2.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	27
2.2.2.2	Messergebnisse	28
2.2.2.2.1	Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft	28
2.2.2.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	31
2.2.2.3	Diskussion der Messergebnisse	31
2.2.3	Halde Runenberg	32
2.2.3.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	32
2.2.3.2	Messergebnisse	33
2.2.3.2.1	Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft	33
2.2.3.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	36
2.2.3.3	Diskussion der Messergebnisse	36
2.3	Absetzteiche	37
2.3.1	Lage	37
2.3.2	Ehemaliger Absetzteich der Zeche „Waltrop“	38
2.3.2.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	38
2.3.2.2	Messergebnisse	40
2.3.2.2.1	Gamma-Dosisleistung	40
2.3.2.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	41
2.3.2.3	Diskussion der Messergebnisse	41
2.3.3	Absetzteich der Zeche „Consolidation“	42
2.3.3.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	42
2.3.3.2	Messergebnisse	44
2.3.3.2.1	Gamma-Dosisleistung	44
2.3.3.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	45
2.3.3.3	Diskussion der Messergebnisse	45
2.3.4	Absetzteiche der Zeche „Ewald“	46
2.3.4.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	46
2.3.4.1.1	Ehemaliges Schlammbecken	46
2.3.4.1.2	Kleiner Teich	48
2.3.4.2	Messergebnisse	49
2.3.4.2.1	Ehemaliges Schlammbecken	49

2.3.4.2.1.1	Gamma-Dosisleistung	49
2.3.4.2.2	Kleiner Teich	50
2.3.4.2.2.1	Gamma-Dosisleistung	50
2.3.4.2.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	51
2.3.4.3	Diskussion der Messergebnisse	52
2.3.4.3.1	Ehemaliges Schlammbecken	52
2.3.4.3.2	Kleiner Teich	52
2.3.5	Absetzteich der Zeche „Mont Cenis“	52
2.3.6	Absetzteich der Zeche „Schlägel & Eisen“	54
2.4	Sedimente und Klärschlämme	55
2.4.1	Lage	55
2.4.2	Kanal Fossa Eugeniana/Altrhein	56
2.4.2.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	56
2.4.2.2	Messergebnisse	58
2.4.2.2.1	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	58
2.4.2.3	Diskussion der Messergebnisse	59
2.4.3	Klärwerk Emschermündung	60
2.4.3.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	60
2.4.3.2	Messergebnisse	62
2.4.3.2.1	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	62
2.4.3.3	Diskussion der Messergebnisse	62
2.4.4	In die Emscher einleitender Abwasserkanal	63
2.4.4.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	63
2.4.4.2	Messergebnisse	64
2.4.4.2.1	Gamma-Dosisleistung	64
2.4.4.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	65
2.4.4.3	Diskussion der Messergebnisse	65
2.5	Flora und Fauna	66
2.5.1	Lage	66
2.5.2	Flora	67
2.5.2.1	Aquatische Pflanzen	67
2.5.2.1.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	67
2.5.2.1.2	Messergebnisse	68
2.5.2.1.3	Diskussion der Messergebnisse	68
2.5.2.2	Terrestrische Pflanzen	69
2.5.2.2.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	69
2.5.2.2.2	Messergebnisse	70
2.5.2.2.3	Diskussion der Messergebnisse	71
2.5.3	Fauna	71
2.5.3.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	71
2.5.3.2	Messergebnisse	71
2.5.3.3	Diskussion der Messergebnisse	72
2.6	Bergsenkungen	72
2.6.1	Einführung	72
2.6.2	Formen der Bergsenkungen	73
2.6.3	Prozesse der Einflussnahme	73
2.6.4	Stand der Wissenschaft	73
2.6.5	Radon-Eintritt in Gebäude	74
2.6.6	Studien-Design für experimentellen Nachweis	74
3	SAARREVIER	75
3.1	Allgemeines	75

3.2	Absetzteiche	76
3.2.1	Lage	76
3.2.2	Absetzteich Absinkweiher	77
3.2.2.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	77
3.2.2.2	Messergebnisse	78
3.2.2.2.1	Gamma-Dosisleistung	78
3.2.2.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	79
3.2.2.3	Diskussion der Messergebnisse	79
3.2.3	Absetzteich Fischbachthalweiher	80
3.2.3.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	80
3.2.3.2	Messergebnisse	81
3.2.3.2.1	Gamma-Dosisleistung	81
3.2.3.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	82
3.2.3.3	Diskussion der Messergebnisse	82
3.2.4	Absetzteich Brönnchesthal	83
3.2.5	Absetzteich Hahnwies	84
3.2.5.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	84
3.2.5.2	Messergebnisse	85
3.2.5.2.1	Gamma-Dosisleistung	85
3.2.5.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	86
3.2.5.3	Diskussion der Messergebnisse	87
4	OBERBAYERN	88
4.1	Allgemeines	88
4.2	Halden	89
4.2.1	Lage	89
4.2.2	Haldengebiet Peißenberg	91
4.2.2.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	91
4.2.2.1.1	Halde 1 (am Bergbaumuseum)	91
4.2.2.1.2	Halde 2 (Grandlmoos)	92
4.2.2.1.3	Halde 3 (Alte Bergehalde)	93
4.2.2.1.4	Halde 4 (Neue Bergehalde)	94
4.2.2.2	Messergebnisse	95
4.2.2.2.1	Halde 1 (am Bergbaumuseum)	95
4.2.2.2.1.1	Gamma-Dosisleistung	95
4.2.2.2.2	Halde 2 (Grandlmoos)	96
4.2.2.2.2.1	Gamma-Dosisleistung	96
4.2.2.2.3	Halde 3 (Alte Bergehalde)	96
4.2.2.2.3.1	Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft	96
4.2.2.2.3.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	98
4.2.2.2.4	Halde 4 (Neue Bergehalde)	99
4.2.2.2.4.1	Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft	99
4.2.2.2.4.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	100
4.2.2.3	Diskussion der Messergebnisse	101
4.2.3	Haldengebiet Hohenpeißenberg	104
4.2.3.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	104
4.2.3.2	Messergebnisse	105
4.2.3.2.1	Gamma-Dosisleistung	105
4.2.3.3	Diskussion der Messergebnisse	105
4.2.4	Haldengebiet Peiting	106
4.2.4.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	106
4.2.4.2	Messergebnisse	107
4.2.4.2.1	Gamma-Dosisleistung	107
4.2.4.3	Diskussion der Messergebnisse	107

4.2.5	Haldengebiet Penzberg	108
4.2.5.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	108
4.2.5.1.1	Halde 1 (Nonnenwald)	108
4.2.5.1.2	Halde 2 (Erholungs- und Freizeitzentrum)	109
4.2.5.2	Messergebnisse	110
4.2.5.2.1	Halde 1 (Nonnenwald)	110
4.2.5.2.1.1	Gamma-Dosisleistung	110
4.2.5.2.2	Halde 2 (Erholungs- und Freizeitzentrum)	111
4.2.5.2.2.1	Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft	111
4.2.5.2.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	112
4.2.5.3	Diskussion der Messergebnisse	113
4.2.6	Haldengebiet Miesbach	115
4.2.6.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	115
4.2.6.1.1	Halde 1 (große Halde)	116
4.2.6.1.2	Halde 2 (kleine Halde)	117
4.2.6.2	Messergebnisse	117
4.2.6.2.1	Halde 1 (große Halde)	117
4.2.6.2.1.1	Gamma-Dosisleistung	117
4.2.6.2.2	Halde 2 (kleine Halde)	118
4.2.6.2.2.1	Gamma-Dosisleistung	118
4.2.6.3	Diskussion der Messergebnisse	119
4.2.7	Haldengebiet Hausham	120
4.2.7.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	120
4.2.7.1.1	Halde 1 (große Halde)	121
4.2.7.1.2	Halde 2 (kleine Halde)	121
4.2.7.2	Messergebnisse	122
4.2.7.2.1	Halde 1 (große Halde)	122
4.2.7.2.1.1	Gamma-Dosisleistung	122
4.2.7.2.2	Halde 2 (kleine Halde)	123
4.2.7.2.2.1	Gamma-Dosisleistung	123
4.2.7.3	Diskussion der Messergebnisse	124
4.2.8	Haldengebiet Marienstein	124
4.2.8.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	124
4.2.8.2	Messergebnisse	126
4.2.8.2.1	Gamma-Dosisleistung	126
4.2.8.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	128
4.2.8.3	Diskussion der Messergebnisse	129
5	OBERFRANKEN	131
5.1	Allgemeines	131
5.2	Halden	133
5.2.1	Lage	133
5.2.2	Halde am Stollen St. Katharina bei Stockheim	134
5.2.2.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	134
5.2.2.2	Messergebnisse	136
5.2.2.2.1	Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft	136
5.2.2.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	137
5.2.2.3	Diskussion der Messergebnisse	138
5.2.3	Halden am König-Ludwig-Stollen in Reitsch	140
5.2.3.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	140
5.2.3.2	Messergebnisse	143
5.2.3.2.1	Gamma-Dosisleistung	143
5.2.3.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	144
5.2.3.3	Diskussion der Messergebnisse	145

5.2.4	Halde am Minna-Stollen bei Neuhaus	147
5.2.4.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	147
5.2.4.2	Messergebnisse	149
5.2.4.2.1	Gamma-Dosisleistung	149
5.2.4.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	149
5.2.4.3	Diskussion der Messergebnisse	150
5.2.5	Halden am Sophien-Stollen in Buch	152
5.2.5.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	152
5.2.5.2	Messergebnisse	153
5.2.5.2.1	Gamma-Dosisleistung	153
5.2.6	Stollen St. Wolfgang bei Stockheim	154
5.2.6.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	154
5.2.6.2	Messergebnisse	154
5.2.6.2.1	Gamma-Dosisleistung	154
5.2.6.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	155
5.2.6.3	Diskussion der Messergebnisse	155
6	OBERPFALZ	156
6.1	Allgemeines	156
6.2	Halden	157
6.2.1	Lage	157
6.2.2	Halde 1	158
6.2.2.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	158
6.2.2.2	Messergebnisse	158
6.2.2.2.1	Gamma-Dosisleistung	158
6.2.2.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	159
6.2.3	Halde 2	160
6.2.3.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	160
6.2.3.2	Messergebnisse	160
6.2.3.2.1	Gamma-Dosisleistung	160
6.2.4	Halde 3	161
6.2.4.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	161
6.2.4.2	Messergebnisse	161
6.2.4.2.1	Gamma-Dosisleistung	161
6.2.5	Halde 4	162
6.2.5.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	162
6.2.5.2	Messergebnisse	162
6.2.5.2.1	Gamma-Dosisleistung	162
6.2.6	Halde 5	163
6.2.6.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	163
6.2.6.2	Messergebnisse	163
6.2.6.2.1	Gamma-Dosisleistung	163
6.2.6.2.2	Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben	164
6.2.7	Halde 6	165
6.2.7.1	Messpunkte und Probeentnahmestellen	165
6.2.7.2	Messergebnisse	165
6.2.7.2.1	Gamma-Dosisleistung	165
6.2.8	Diskussion der Messergebnisse	166
7	ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE	169
8	LITERATUR	173

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Schurenbachhalde“	30
Tabelle 2:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Schurenbachhalde“ entnommen wurden	31
Tabelle 3:	Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde Rungenberg“	35
Tabelle 4:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde Rungenberg“ entnommen wurden	36
Tabelle 5:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Ehemaliger Absetzteich der Zeche Waltrop“	40
Tabelle 6:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Probe, die am NORM-Standort „Ehemaliger Absetzteich der Zeche Waltrop“ entnommen wurde	41
Tabelle 7:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Absetzteich der Zeche Consolidation“	45
Tabelle 8:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Probe, die am NORM-Standort „Absetzteich der Zeche Consolidation“ entnommen wurde	45
Tabelle 9:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Absetzteiche der Zeche Ewald, südliches ehemaliges Schlammbecken“	50
Tabelle 10:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Absetzteiche der Zeche Ewald, kleiner Teich“	51

Tabelle 11:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Proben, die am NORM-Standort „Absetzteiche der Zeche Ewald, kleiner Teich“ entnommen wurden	51
Tabelle 12:	Hoch- und Rechtswerte der Sediment-Probeentnahmestellen entlang der Fossa Eugenia und des Altrheins	58
Tabelle 13:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Sediment-Proben, die entlang des Altrheins (S1-S7) und der Fossa Eugenia (S8-S14) entnommen wurden	59
Tabelle 14:	Hoch- und Rechtswerte der Probenahmestelle Klärwerk Emschermündung	61
Tabelle 15:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität einer thermisch konditionierten Klärschlamm-Probe vom Klärwerk Emschermündung	62
Tabelle 16:	-Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Abwasserkanal, Emscher, Essen-Dellwig“	65
Tabelle 17:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität einer Klärschlamm-Probe, die am NORM-Standort „Abwasserkanal, Emscher, Essen-Dellwig“ entnommen wurde	65
Tabelle 18:	Hoch- und Rechtswert der Probeentnahmestelle für die Wasserpflanzen an der Fossa Eugenia	67
Tabelle 19:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Wasserpflanzen-Proben, die der „Fossa Eugenia“ entnommen wurden	68
Tabelle 20:	Hoch- und Rechtswerte der Probeentnahmestelle für die terrestrischen Pflanzen an der Fossa Eugenia und am Altrhein	70
Tabelle 21:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von terrestrischen Pflanzen-Proben, die der „Fossa Eugenia“ und dem „Alten Rhein“ entnommen wurden	70
Tabelle 22:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Bachflohkrebsen, die der „Fossa Eugenia“ entnommen wurden	72

Tabelle 23:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Absinkweiher“	78
Tabelle 24:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Proben, die am NORM-Standort „Absinkweiher“ entnommen wurden	79
Tabelle 25:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Fischbachthalweiher“	81
Tabelle 26:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Proben, die am NORM-Standort „Fischbachthalweiher“ entnommen wurden	82
Tabelle 27:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Absetzteich Hahnwies“	86
Tabelle 28:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Proben, die am NORM-Standort „Absetzteich Hahnwies“ entnommen wurden	87
Tabelle 29:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 1“	95
Tabelle 30:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 2“	96
Tabelle 31:	Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 3“	97
Tabelle 32:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 3“ entnommen wurden	98
Tabelle 33:	Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 4“	100
Tabelle 34:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 4“ entnommen wurden	101

Tabelle 35:	Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg“ anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)	101
Tabelle 36:	Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg“; Halde 3 und Halde 4	102
Tabelle 37:	Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg“; Halde 3	103
Tabelle 38:	Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg“; Halde 4	103
Tabelle 39:	Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg“; Halde 3 und Halde 4	103
Tabelle 40:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Hohenpeißenberg“	105
Tabelle 41:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peiting“	107
Tabelle 42:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Penzberg, Halde 1“	110
Tabelle 43:	Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Penzberg Halde 2“	112
Tabelle 44:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Penzberg, Halde 2“ entnommen wurden	113

Tabelle 45:	Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg“ anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)	113
Tabelle 46:	Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg“; Halde 2	114
Tabelle 47:	Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg“; Halde 2	114
Tabelle 48:	Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg“; Halde 2	115
Tabelle 49:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Miesbach“, Halde 1 (große Halde)	118
Tabelle 50:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Miesbach“ Halde 2 (kleine Halde)	119
Tabelle 51:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Hausham“, Halde 1 (große Halde)	123
Tabelle 52:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Hausham“, Halde 2 (kleine Halde)	124
Tabelle 53:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“; Voruntersuchung	126
Tabelle 54:	Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“	128
Tabelle 55:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“ entnommen wurden	128

Tabelle 56:	Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“ anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)	129
Tabelle 57:	Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“	129
Tabelle 58:	Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“	130
Tabelle 59:	Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“	130
Tabelle 60:	Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“	137
Tabelle 61:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“ entnommen wurden	137
Tabelle 62:	Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“, anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)	138
Tabelle 63:	Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“	139
Tabelle 64:	Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“	139

Tabelle 65:	Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“	139
Tabelle 66:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“	144
Tabelle 67:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“ entnommen wurden	145
Tabelle 68:	Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“, anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)	145
Tabelle 69:	Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“	146
Tabelle 70:	Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM- Standort „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“	146
Tabelle 71:	Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“	147
Tabelle 72:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am Minna-Stollen in Neuhaus“	149
Tabelle 73:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am Minna-Stollen in Neuhaus“ entnommen wurden	150
Tabelle 74:	Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Halde am Minna-Stollen in Neuhaus“, anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)	150

Tabelle 75:	Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Halde am Minna-Stollen in Neuhaus“	151
Tabelle 76:	Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Halde am Minna-Stollen in Neuhaus“	151
Tabelle 77:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Stollen St. Wolfgang bei Stockheim“	154
Tabelle 78:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität einer Feststoff-Probe, die am NORM-Standort „Stollen St. Wolfgang bei Stockheim“ entnommen wurde	155
Tabelle 79:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 1 bei Erbendorf“	159
Tabelle 80:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 1 bei Erbendorf“ entnommen wurden	159
Tabelle 81:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 2 bei Erbendorf“	160
Tabelle 82:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 3 bei Erbendorf“	161
Tabelle 83:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 4 bei Erbendorf“	163
Tabelle 84:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 5 bei Erbendorf“	164
Tabelle 85:	Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 5 bei Erbendorf“ entnommen wurden	165
Tabelle 86:	Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 6 bei Erbendorf“	166

Tabelle 87:	Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für die NORM-Standorte „Halde 1 bis Halde 6 bei Erbdorf“ anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)	166
Tabelle 88:	Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Halde 1 bei Erbdorf“	167
Tabelle 89:	Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Halde 5 bei Erbdorf“	167
Tabelle 90:	Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für die NORM-Standorte „Halde 1 und Halde 5 bei Erbdorf“	168
Tabelle 91:	Zusammenfassung der wichtigsten Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für alle untersuchten Halden-Standorte anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert (MW) Halde, Mittelwert Nulleffekt (NE), Quotient Mittelwert Halde/Mittelwert Nulleffekt, Variationskoeffizient)	170
Tabelle 92:	Zusammenfassung der über die jeweilige Halde gemittelten massenbezogenen Aktivität der Haldenoberfläche für alle untersuchten Halden-Standorte mit Material-Probenentnahmen	170
Tabelle 93:	Zusammenfassung der nuklidspezifischen Variationskoeffizienten der massenbezogenen Aktivität der Haldenoberfläche für alle untersuchten Halden-Standorte mit Material-Probenentnahmen	171
Tabelle 94:	Zusammenfassung der mittleren Radionuklidverhältnisse der Haldenoberfläche für alle untersuchten Halden-Standorte mit Material-Probenentnahmen	171

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Übersichtskarte zu den 2 untersuchten Steinkohle-Bergehalden im Ruhrgebiet, Halde „Schurenbach“, Essen-Altenessen; Halde „Rungenberg“, Gelsenkirchen-Buer; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/	26
Abbildung 2:	Lokationen am NORM-Standort „Schurenbachhalde“; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/	27
Abbildung 3:	Lokationen am NORM-Standort „Halde Rungenberg“; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/	32
Abbildung 4:	Übersichtskarte zum untersuchten Steinkohle-Absetzteich der Zeche Waltrop im Ruhrgebiet; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/	37
Abbildung 5:	Übersichtskarte zu den untersuchten Steinkohle-Absetzteichen der Zechen Consolidation, Ewald, Mont Cenis sowie Schlägel & Eisen im Ruhrgebiet; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/	38
Abbildung 6:	Lokationen am NORM-Standort „Ehemaliger Absetzteich der Zeche Waltrop“; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/	39
Abbildung 7:	Profilverlauf am NORM-Standort „Ehemaliger Absetzteich der Zeche Waltrop“	40
Abbildung 8:	NORM-Standort „Zeche Consolidation“: Lage der ehemaligen Schlammbecken; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/	42
Abbildung 9:	Lokationen am NORM-Standort „Absetzteich der Zeche Consolidation“: heutige Aufteilung und Geländenutzung der ehemaligen Schlammbecken; grau unterlegt: vermutete Fläche der ehemaligen Schlammbecken	43
Abbildung 10:	NORM-Standort „Zeche Consolidation“: Lage der ehemaligen Schlammbecken im Luftbild; Luftbild: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/	44

Abbildung 11:	NORM-Standort „Absetzteiche der Zeche Ewald“ a) Lage des ehemaligen Schlammbeckens und des kleinen Teiches b) Lage des ehemaligen Schlammbeckens und des kleinen Teiches im Luftbild; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/	47
Abbildung 12:	NORM-Standort „Absetzteiche der Zeche Ewald“: Heutige Einteilung des südlichen ehemaligen Schlammbeckens in 4 Parzellen und Lokationen der ODL-Messungen	48
Abbildung 13:	NORM-Standort „Absetzteiche der Zeche Ewald“: Lokationen der ODL-Messungen am kleinen Teich	49
Abbildung 14:	NORM-Standort „Absetzteich der Zeche Mont Cenis“: Lage des ehem. Zechengeländes	53
Abbildung 15:	NORM-Standort „Absetzteich der Zeche Mont Cenis“: Lage des ehemaligen Zechengeländes im Luftbild; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/	53
Abbildung 16:	NORM-Standort „Absetzteich der Zeche Schlägel & Eisen“: Lage des ehemaligen Zechengeländes in Karte und Luftbild; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/	54
Abbildung 17:	Übersichtskarte der 3 Lokalitäten für Sediment-Probenahmen im Ruhrgebiet „Fossa Eugenia“ bzw. „Altrhein“ bei Rheinberg, Klärwerk „Emschermündung“, Aufgebrachter Klärschlamm nahe der „Emscher“ in Essen-Dellwig; Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/	55
Abbildung 18:	Sediment-Probeentnahmestellen entlang des Altrheins (S1-S7) und der Fossa Eugenia (S8-S14); Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/	57
Abbildung 19:	Klärschlamm-Probeentnahmestelle am Klärwerk Emschermündung; Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/	61
Abbildung 20:	Klärschlamm-Probeentnahmestelle in einem in die Emscher einleitenden Abwasserkanal; Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/	63
Abbildung 21:	Profilverlauf am NORM-Standort „Abwasserkanal, Emscher, Essen-Dellwig“	64

Abbildung 22:	Geographische Lage der Entnahmestellen für Flora- und Fauna-Proben nordwestlich des Ruhrgebietes: „Fossa Eugeniana“, „Alter Rhein“; Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/	66
Abbildung 23:	Flora-Probenahmestellen an der Fossa Eugeniana größerer Kartenausschnitt s. Abbildung 18; Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/	67
Abbildung 24:	Flora-Probenahmestellen am Altrhein größerer Kartenausschnitt s. Abbildung 18; Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/	69
Abbildung 25:	Übersichtskarte zu den untersuchten Steinkohle-Absetzteichen im Saarrevier; Karte: www.viamichelin.com	76
Abbildung 26:	Lokationen am NORM-Standort „Absetzteich Absinkweiher“	77
Abbildung 27:	Lokationen am NORM-Standort „Absetzteich Fischbachthalweiher“	80
Abbildung 28:	Derzeitiger Stand der Rekultivierung des Absetzteiches Brönnchesthal (Kopie wurde von Angestellten der Bauschuttdeponie ausgegeben)	84
Abbildung 29:	Lokationen am NORM-Standort „Absetzteich Hahnwies“	85
Abbildung 30:	Übersichtskarte zu vier untersuchten Standorten von NORM-Hinterlassenschaften als Folge des Pechkohlenbergbaus in Oberbayern Haldengebiete: „Peißenberg“, „Hohenpeißenberg“, „Peiting“, „Penzberg“; Karte: /Bayern Süd, 2003/	89
Abbildung 31:	Übersichtskarte zu drei untersuchten Standorten von NORM-Hinterlassenschaften als Folge des Pechkohlenbergbaus in Oberbayern Haldengebiete: A: große Halde „Miesbach“ B: kleine Halde „Miesbach“ C: große Halde „Hausham“ D: kleine Halde „Hausham“ E: Halde „Marienstein“; Karte: Top50 Bayern Süd, Maßstab 1:50.000	90
Abbildung 32:	Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg, Halde 1“, Ausschnitt aus dem Stadtplan von Peißenberg mit ODL-Messpunkten; Karte: www.stadtplan.de	91

Abbildung 33:	Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg, Halde 2“ Ausschnitt aus dem Stadtplan von Peißenberg mit ODL-Messpunkten; Karte: www.stadtplan.de	92
Abbildung 34:	Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg, Halde 3“ Ausschnitt aus dem Stadtplan von Peißenberg mit ODL-Messpunkten; Karte: www.stadtplan.de	93
Abbildung 35:	Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg, Halde 4“ Ausschnitt aus dem Stadtplan von Peißenberg mit ODL-Messpunkten; Karte: www.stadtplan.de	94
Abbildung 36:	Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Hohenpeißenberg“, Handskizze des Haldengeländes mit ODL-Messpunkten	104
Abbildung 37:	Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Peiting“, Handskizze des Haldengeländes mit ODL-Messpunkten	106
Abbildung 38:	Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg, Halde 1“, Ausschnitt aus dem Stadtplan von Penzberg mit ODL-Messpunkten, Karte: www.stadtplan.de	108
Abbildung 39:	Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg, Halde 2“, Ausschnitt aus dem Stadtplan von Penzberg mit ODL-Messpunkten; Karte: www.stadtplan.de	109
Abbildung 40:	NORM-Standort „Haldengebiet Miesbach, große und kleine Halde“; Karte: Top 50, Bayern Süd	116
Abbildung 41:	Wohnsiedlung „Bergehalde“ auf der großen Halde in Miesbach	116
Abbildung 42:	NORM-Standort „Haldengebiet Hausham, große und kleine Halde“; Karte: Top 50. Bayern Süd	120
Abbildung 43:	Große Halde in Hausham (jetzt Mülldeponie)	121
Abbildung 44:	Kleine Halde in Hausham (Wohnsiedlung); Bodenaushub für Neubauten	122
Abbildung 45:	Bergehalde in Marienstein	125

Abbildung 46:	NORM-Standort „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“; Karte: Top 50, Bayern Süd	125
Abbildung 47:	Lage des Arbeitsgebietes im Norden von Bayern (eingekreist); Karte: Orientierungskarte Geologie von Bayern 1 : 500.000	132
Abbildung 48:	Lage der ehemaligen Zechen bei Stockheim, Reitsch, Neuhaus und Buch; Karte: Übersichtskarte Kreis Kronach 1 : 75.000	133
Abbildung 49:	NORM-Standort „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“ Lageplan der Zechengebäude und der Halde (rot markiert) der Einsatz rechts unten zeigt die Stollen in der Umgebung von Stockheim (aus: /Fleischmann, 1990/)	134
Abbildung 50:	Die Halde von St.-Katharina in der Ansicht von der Schafgasse (Messpunkt 19)	135
Abbildung 51:	Halde des St.-Katharinen-Stollens, Stockheim 4 Messprofile: rote Markierung, schwarze Linien (R5575255/H4448323)	135
Abbildung 52:	NORM-Standort „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“ der Situationsplan der Büttnerszeche von 1924 in Reitsch der Einsatz unten rechts zeigt die Lage der Halde. Die „neue“ Halde liegt südöstlich davon (aus: /Fleischmann, 1990/)	141
Abbildung 53:	Weg zwischen den beiden Halden des König-Ludwigs-Stollens. Er zeigt flächig Werte über 400 nSv/h; rechts liegt die neue Halde, die nach 1945 entstand, links der Anstieg zur alten Halde von 1924; auf halber Höhe, bei den zwei Birken direkt am Weg wurden die höchsten Werte mit 1200 nSv/h (in ein Meter Höhe über dem Boden) gemessen	142
Abbildung 54:	Die neue Halde des König-Ludwig-Stollens vom Messpunkt 20 aus gesehen, der gleichzeitig für die Referenzmessung verwendet wurde; vor der Halde läuft ein Bach, der jedoch nach der Halde keine Werte über dem „Background“ zeigte	142
Abbildung 55:	Halden des König-Ludwig-Stollens, Reitsch 3 Messprofile: rote Markierung, schwarze Linien (R4450826/H5574378)	143
Abbildung 56:	Halde der Grube Minna mit typischem Haldenbewuchs	148

Abbildung 57: Halde des Minna-Stollens, Neuhaus Messprofil: rote Markierung, blaue Linie (R4447251/H5576353)	148
Abbildung 58: Halden des Sophien-Stollens, Buch die größere bei R4447366/H5575533, die kleinere bei R4447386/H5575433	152
Abbildung 59: Das Sophienfeld im Jahre 1910 /Fleischmann, 1990/; die rote Markierung entspricht in etwa dem Gebiet, welches in Abbildung 58 dargestellt ist	153
Abbildung 60: Übersichtskarte über das bearbeitete Gebiet bei Erbdorf-Altenstadt; (GK 1:25000, Blatt 6138 Erbdorf)	156
Abbildung 61: Lage der Haldenlokalitäten 1 bis 6 im Raum Erbdorf; (Stadtplan Erbdorf 1:5000)	157

Teil 4a

Orientierende radiologische Untersuchungen an bergbaulichen Hinterlassenschaften der Steinkohle-Gewinnung

1 EINFÜHRUNG

Im Rahmen von Teil 3a („Bergbauliche Hinterlassenschaften der Steinkohle-Gewinnung“) des Projektes wurden mittels der in Teil 1 („Historische Recherche“) entwickelten Konzepte und Methoden zur Identifizierung von NORM-Hinterlassenschaften konkrete Standorte für Rückstände des Steinkohlen-Bergbaus bestimmt. Auf Basis dieser Daten wurden mit Beginn der Arbeiten zum vorliegenden Teil 4a einzelne Standorte ausgewählt und später zur Durchführung radiometrischer Messungen aufgesucht.

Für die Steinkohle-Gewinnung wurden NORM-Hinterlassenschaften in den Bergbauregionen *Ruhrgebiet*, *Saarland*, *Oberbayern*, *Oberfranken/Thüringen* und der *Oberpfalz* ausgewählt. Mit dieser Auswahl sollte realisiert werden, dass sowohl Untersuchungen in großen Förderrevieren stattfinden, als auch verschiedene geologische Formationen abgedeckt werden.

Zielstellung der messtechnischen Untersuchungen war es, mit dem vorhandenen Potenzial relevante Informationen zu möglichst vielen Standorten zu gewinnen. Am jeweils betrachteten Objekt wurden daher auf Basis eines aufgenommenen Gamma-Dosisleistungsprofils an ausgewählten Positionen punktuell oberflächennahe Materialproben entnommen und Radon-Bodenluft-Konzentrationen bestimmt. Im Vergleich zur Mischproben-Technik gehen dabei Informationen zu Einzelpositionen nicht verloren und es können (evtl. verallgemeinerungsfähige) Beziehungen zwischen den ermittelten Aktivitäten und der Dosisleistung an den einzelnen Positionen ermittelt werden.

Mit Hilfe des Gamma-Dosisleistungsprofils kann man die Homogenität bzw. Heterogenität des betrachteten Standortes beurteilen. Zur Bestimmung von gemittelten Größen für Dosisleistung, Radonpotential und massenbezogener Aktivität können die notwendigen Integrationen im Nachhinein rechnerisch vorgenommen werden.

Durch Probeentnahme an Positionen mit jeweils mittleren und hohen Dosisleistungen wurde versucht, einen Kompromiss zwischen „Hot-Spot-Beprobung“ und „Repräsentativer Beprobung“ zu erreichen.

In der nahen Umgebung des jeweiligen Standortes wurden zur Bestimmung des natürlichen Gamma-Strahlungsuntergrundes und des natürlichen geogenen Aktivitätsuntergrundes Referenzmessungen durchgeführt.

Es wurde jeweils 1 Liter Probenmaterial oberflächennah entnommen. Die Proben wurden (außer beim Ruhrgebiet) im entnommenen Zustand (feucht) gammaspektrometrisch gemessen und anschließend getrocknet. Die gemessene Aktivität wurde dann auf die Trockenmasse bezogen. Das Verhältnis Feuchtmasse/Trockenmasse betrug im Mittel 1,40 bei einer Bandbreite von 1,06 bis 2,83.

An allen Analyseergebnisse wurde eine Dichte- und Ordnungszahlkorrektur durchgeführt. In die Aktivitätsermittlungen wurden alle mit hinreichender Genauigkeit analysierbaren Gammalinien einbezogen. Die Aktivitätsangaben beziehen sich auf die zeitlich hinreichend konstanten Mutternuklide, mit denen die jeweiligen Tochternuklide im radioaktiven Gleichgewicht stehen:

- Th-Reihe: Ra-228; Th-228
- U-Reihe: U-238, Ra-226, Rn-222, Pb-210
- Ac-Reihe: U-235; Ac-227

Um aus den Messspektren möglichst viel Information zu gewinnen, wurde auf ein rondichtetes Verschließen der Messgefäße und ein Abwarten des Gleichgewichtszustandes Ra-226/Rn-222 verzichtet. Um die Messungen so realitätsnah wie möglich zu gestalten, wurden die Proben im feuchten Zustand gemessen. Ra-226 (direkt über die 186 keV-Gammalinie) und Rn-222 (über seine Tochternuklide Pb-214 und Bi-214) wurden getrennt bestimmt. Da die Messunsicherheiten von Rn-222 relativ gering sind, wurde dessen Aktivität mit ausgewiesen. In vielen Fällen war die Radonexhalation der Proben gering.

Zur Reduzierung von zählstatistischen Fehlern bei der gammaspektrometrischen Analyse wurden Messzeiten > 4 Stunden realisiert und falls möglich mehrerer Gammalinien fehlergewichtet gemittelt. Damit ergaben sich folgende maximale 3-Sigma-Messunsicherheiten (Summe aus zählstatistischem Fehler, Wägefehler, Kalibrierfehler, Fehler der Emissionswahrscheinlichkeit):

Radionuklid	3-σ-Messunsicherheit	Radionuklid	3-σ-Messunsicherheit	Radionuklid	3-σ-Messunsicherheit
Ra-228	< 25 %	Ra-226	< 25 %	U-235	< 25 %
Th-228	< 20 %	Rn-222	< 8 %	Ac-227	< 50 %
U-238	< 40 %	Pb-210	< 150 %	K-40	< 15 %

In den meisten Fällen sind durch längere Messzeiten oder höhere Aktivitäten die Fehler deutlich kleiner. Bei einigen Proben kam es vor, dass einzelne Radionuklide überproportional hohe Aktivitätswerte aufwiesen (z. B. Ra-226 und Ra-228 bei Klärschlamm- und Sedimentproben). Interferieren in den Analysespektren Gammalinien solcher Radionuklide mit Gammalinien von Radionukliden niedrigerer Aktivität, so resultieren aus den notwendigen Interferenzkorrekturen der Gamma-Peaks sehr hohe Fehler. In solchen Fällen wurde auf eine Aktivitätsangabe verzichtet (Kennzeichnung mit einem Punkt in den entsprechenden Ergebnis-Tabellen).

2 RUHRGEBIET

2.1 Allgemeines

Das Ruhrgebiet ist mit Abstand das größte deutsche Steinkohle-Fördergebiet mit den meisten im Verlauf der Fördergeschichte akkumulierten Rückstandsmengen (vgl. Teil 3a). Es wurde deshalb als eines der Untersuchungsgebiete ausgewählt.

Es sind innerhalb des Ruhrgebietes mehrere repräsentative Lokalitäten für NORM-Hinterlassenschaften als Folge des Steinkohlenbergbaus ausgesucht worden. Es handelt sich um zwei Haldenkörper, sechs Absetzteiche, Fluss-Sedimente sowie Fauna- und Flora-Proben entlang zweier Fließgewässer und zwei Klärschlämme. Außerdem wird der Einfluss von Bergsenkungen auf das Bodenradonpotential und den Radon-Eintritt in die Gebäude diskutiert.

Die Bestimmung der Lokalitäten für ODL-Messungen und die Beprobung von Absetzteichen gestaltete sich schwierig, da im Ruhrgebiet viele Zechen geschlossen worden sind und die Zechengelände entweder noch für Aufräumarbeiten in Besitz der RAG sind oder soweit als Bauland hergerichtet wurden, dass sie verkauft bzw. bebaut wurden und zumindest ehemalige bergbauliche Strukturen nicht mehr zu erkennen sind. Daher wurde verstärkt auf vorhandenes Kartenmaterial zurückgegriffen und mit den Informationen aus Teil 3a als Basis nach gekennzeichneten Absetzteichen oder Schlammbecken gesucht.

Da sich einerseits die Entnahme und Analyse von Flora- und Fauna-Proben recht aufwendig gestaltet und andererseits entsprechende Daten im Rahmen einer Dissertation der Abteilung Geologie des Fachbereiches 9 der Universität GH Essen bereits vorlagen /Schmidt, 2001/, wurden letztere für die vorliegende Arbeit ausgewertet.

Ein Einfluss von Bergsenkungen auf das Bodenradonpotential und den Radon-Eintritt in die Gebäude ist möglicherweise von Relevanz. Die möglichen Zusammenhänge werden diskutiert. Für den experimentellen Nachweis werden zwei mögliche Konzepte vorgeschlagen.

2.2 Halden

2.2.1 Lage

Es wurden zwei Haldenkörper des Steinkohlebergbaus untersucht (Abbildung 1):

- Halde *Schurenbach* in Essen-Altenessen
- Halde *Rungenberg* in Gelsenkirchen-Buer

Beide Halden sind verkehrstechnisch gut an Autobahnanschlussstellen angeschlossen und dienen heute als Naherholungsgebiet, so dass sie über angelegte Wege gut zugänglich sind.

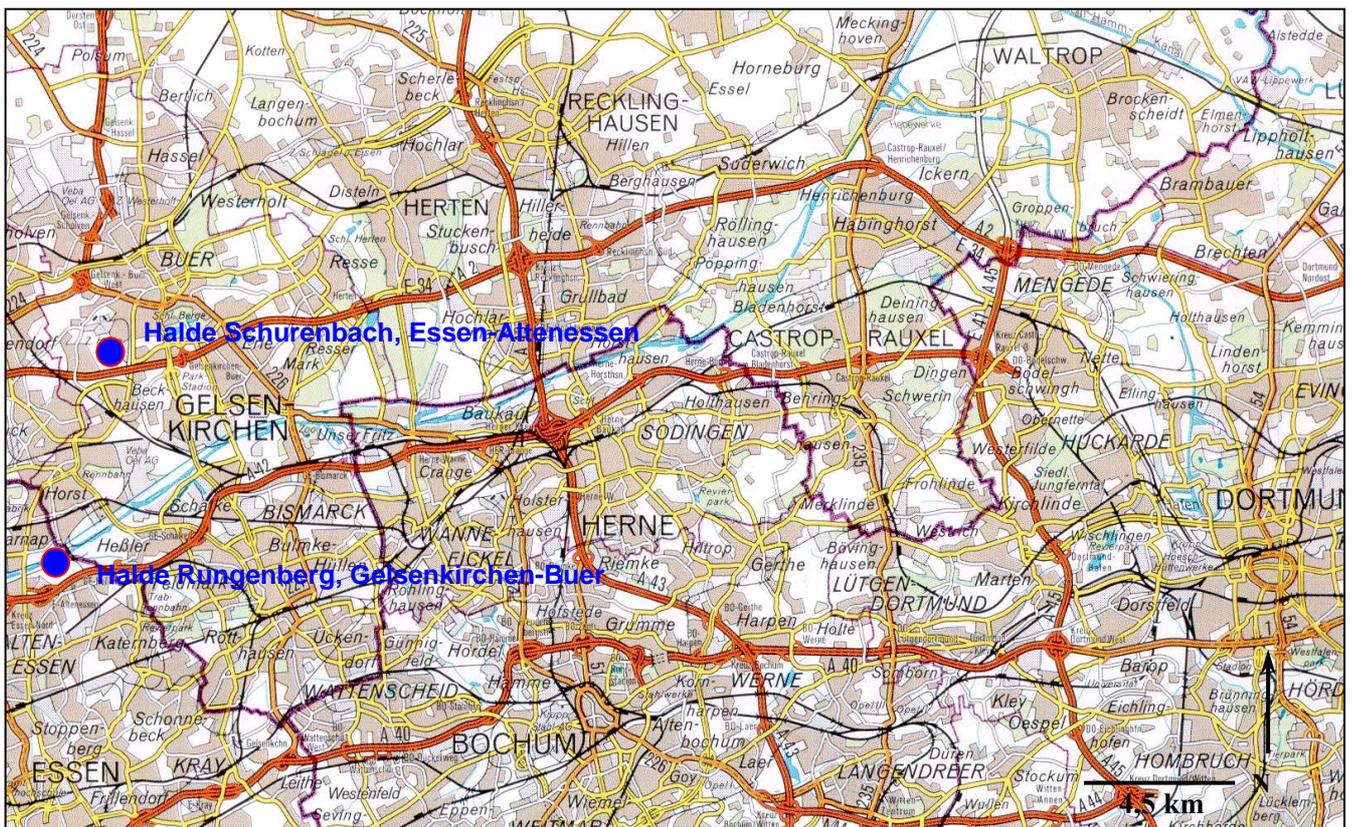


Abbildung 1: Übersichtskarte zu den 2 untersuchten Steinkohle-Bergehalden im Ruhrgebiet, Halde „Schurenbach“, Essen-Altenessen; Halde „Rungenberg“, Gelsenkirchen-Buer; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/

2.2.2 Halde Schurenbach

2.2.2.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Die Halde *Schurenbach* ist neben der ehemaligen Zeche Neu-Essen, Schacht Fritz-Heinrich, entstanden, die 1974 geschlossen wurde. Sie liegt direkt an der Autobahn A 42 und ist gut über die Anschlussstelle „Essen-Altenessen“ zu erreichen.

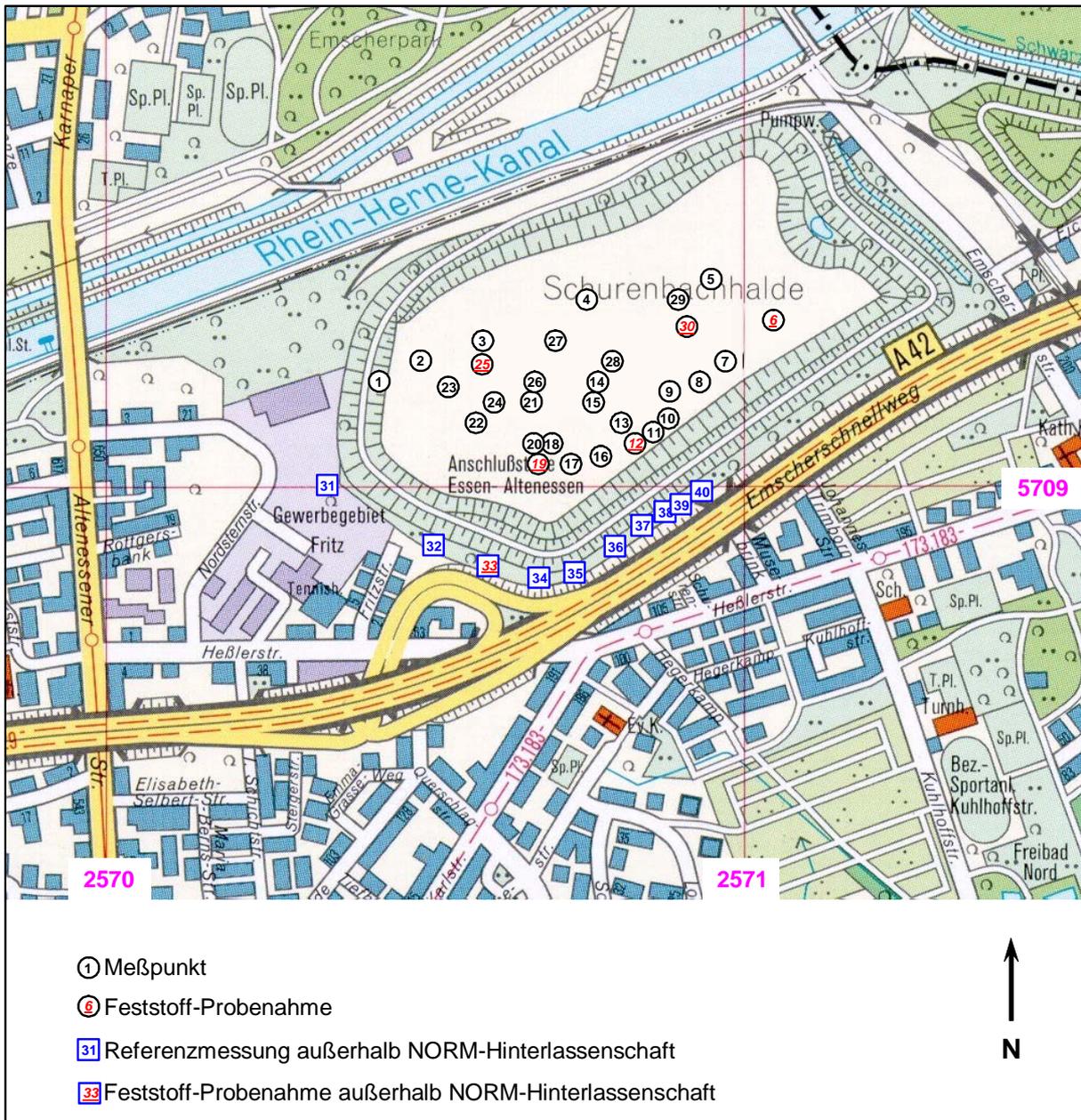


Abbildung 2: Lokationen am NORM-Standort „Schurenbachhalde“;
Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/

Da sie heute als Naherholungsgebiet dient, ist sie über größtenteils unbefestigte Wege gut zu begehen. Ihre Hänge werden von einer Vegetationsdecke aus Gras, Sträuchern und Bäumen vor Erosion geschützt, aber auf ihrem Plateau ist das Haldenmaterial unbedeckt.

In der Karte von Abbildung 2 sind die Messpunkte für die Gamma-Dosisleistungsmessungen und für die Messungen des Radongehaltes der Bodenluft eingezeichnet. Außerdem enthält die Karte die Entnahmestellen für Feststoffproben.

In der unmittelbaren Umgebung der Halde wurden Referenzmessungen durchgeführt und auch entsprechende Referenzproben entnommen. Auch diese Punkte wurden in die Karte aufgenommen.

2.2.2.2 Messergebnisse

2.2.2.2.1 Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. Die Bodenluft zur Bestimmung der Radonaktivitätskonzentration wurde in einer Tiefe von 0,8 m mittels einer Sonde angesaugt.

In Tabelle 1 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] sowie die Messergebnisse der Aktivitätskonzentration des Radionuklids Rn-222 in der Bodenluft in der Einheit [Bq/l] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 2 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 1 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), die Höhenlage, Angaben zur Witterung am Messtag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 1 ist angegeben, an welchen Positionen Feststoff-Proben entnommen wurden. Damit fungiert sie gleichzeitig als Probenverzeichnis der Feststoff-Proben.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Datenerfasser: Leopold			
Standort: Halde Schurenbach			Blatt: TK 25, 4408 Gelsenkirchen			Datum: 15.11.2004		Witterung: Nieselregen	
Messgeräte: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe									
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert		Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff-Probenaahme	Bemerkungen
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	flach; eben		
1	2570456	5709201	116	.	n	o	f	.	± 6m Höhe: 56m ü. NN
2	2570532	5709254	125	.	n	o	f	.	± 5m Höhe: 58m ü. NN
3	2570643	5709287	140	.	n	o	f	.	± 7m Höhe: 69m ü. NN
4	2570843	5709357	131	1	n	o	f	.	± 5m Höhe: 74m ü. NN
5	2570960	5709366	133	.	n	o	f	.	± 4m Höhe: 77m ü. NN
6	2571053	5709265	131	.	n	o	f	SP 1	± 6m Höhe: 78m ü. NN
7	2570987	5709212	138	.	n	o	f	.	± 5m Höhe: 77m ü. NN
8	2570950	5709250	145	.	n	o	f	.	± 7m Höhe: 79m ü. NN
9	2570886	5709238	142	2	n	o	f	.	± 3m Höhe: 84m ü. NN
10	2570889	5709182	140	.	n	o	f	.	± 6m Höhe: 84m ü. NN
11	2570892	5709140	134	.	n	o	f	.	± 5m Höhe: 83m ü. NN
12	2570865	5709124	137	.	n	o	f	SP 2	± 6m Höhe: 85m ü. NN
13	2570832	5709153	139	.	n	o	f	.	± 7m Höhe: 83m ü. NN
14	2570812	5709201	141	1	n	o	f	.	± 8m Höhe: 85m ü. NN
15	2570808	5709161	142	.	n	o	f	.	± 6m Höhe: 84m ü. NN
16	2570816	5709085	138	.	n	o	f	.	± 7m Höhe: 83m ü. NN
17	2570767	5709053	140	.	n	o	f	.	± 7m Höhe: 81m ü. NN
18	2570734	5709107	141	.	n	o	f	.	± 7m Höhe: 82m ü. NN
19	2570713	5709057	141	.	n	o	f	SP 3	± 7m Höhe: 79m ü. NN
20	2570691	5709095	140	1	n	o	f	.	± 7m Höhe: 84m ü. NN
21	2570686	5709149	143	.	n	o	f	.	± 7m Höhe: 85m ü. NN

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Datenerfasser: Leopold			
Standort: Halde Schurenbach			Blatt: TK 25, 4408 Gelsenkirchen			Datum: 15.11.2004		Witterung: Nieselregen	
Messgeräte: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe									
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert		Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff-Probenaahme	Bemerkungen
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	flach; eben		
22	2570569	5709129	140	2	n	o	f	.	± 7m Höhe: 83m ü. NN
23	2570555	5709182	135	.	n	o	f	.	± 7m Höhe: 81m ü. NN
24	2570635	5709176	140	.	n	o	f	.	± 5m Höhe: 80m ü. NN
25	2570641	5709228	136	.	n	o	f	SP 4	± 6m Höhe: 80m ü. NN
26	2570708	5709195	140	2	n	o	f	.	± 6m Höhe: 82m ü. NN
27	2570739	5709260	138	.	n	o	f	.	± 6m Höhe: 83m ü. NN
28	2570798	5709223	140	.	n	o	f	.	± 5m Höhe: 84m ü. NN
29	2570856	5709307	137	.	n	o	f	.	± 5m Höhe: 82m ü. NN
30	2570896	5709271	137	.	n	o	f	SP 5	± 5m Höhe: 82m ü. NN
31	2570357	5709000	115	.	n	o	e	.	± 5m Höhe: 38m ü. NN
32	2570588	5708876	96	.	n	G	e	.	± 5m Höhe: 28m ü. NN
33	2570676	5708838	85	.	n	o	e	SP 6	± 5m Höhe: 34m ü. NN
34	2570765	5708835	80	37	n	o	e	.	± 6m Höhe: 38m ü. NN
35	2570787	5708861	91	.	n	G	e	.	± 6m Höhe: 38m ü. NN
36	2570814	5708887	96	.	n	l	e	.	± 6m Höhe: 34m ü. NN
37	2570838	5708913	94	.	n	l	e	.	± 7m Höhe: 40m ü. NN
38	2570890	5708946	106	.	n	l	e	.	± 6m Höhe: 41m ü. NN
39	2570928	5708968	96	21	n	l	e	.	± 8m Höhe: 36m ü. NN
40	2570951	5708986	114	.	n	G	e	.	± 8m Höhe: 38m ü. NN

Grau unterlegt: Referenzmessungen außerhalb der NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 1: Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Schurenbachhalde“

2.2.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Entnahme-Positionen und die Proben-Bezeichnung sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Nach Entfernen der Bodenauflage wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden getrocknet und in diesem Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hoch auflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Tabelle 2 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
SP 1	39	40	42	54	59	57	2	1	838
SP 2	37	44	44	65	56	56	2	1	934
SP 3	33	46	46	66	56	57	2	2	931
SP 4	32	35	43	80	60	58	3	1	985
SP 5	41	45	44	65	59	56	2	1	972
SP 6	29	31	32	113	30	31	2	1	496

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 1; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 2: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Schurenbachhalde“ entnommen wurden

2.2.2.3 Diskussion der Messergebnisse

Die gemessenen ODL-Werte auf der Halde liegen mit durchschnittlich 137 nSv/h um ca. einen Faktor 1,4 über dem ermittelten natürlichen Strahlungsuntergrund (i. M. 97 nSv/h). Das ODL-Verhältnis zwischen Halde (i. M. 136 nSv/h an den PN-Pkt.) und „Background“ (85 nSv/h am PN-Pkt.) kann man in etwa auch bei den massenbezogenen Aktivitäten der analysierten Radionuklide wieder finden, wobei der Unterschied in der Th-Reihe (ca. 1,9) und beim K-40 (ca. 1,9) stärker als in der U-Reihe (ca. 1,4) ausgeprägt ist. Beim Pb-210 kehren sich die Verhältnisse um. Insgesamt spiegelt sich die hohe ODL-Homogenität der Halde (Stand.-Abw. 5,8 nSv/h, Var.-Koeff.: 4 %) auch in den gemessenen Aktivitäten wieder (Stand.-Abw. 1,5 Bq/kg; Var.-Koeff.: 3 % beim Rn-222).

Im Rahmen der Messunsicherheiten kann radioaktives Gleichgewicht innerhalb der Th-Reihe (Ra-228 → Tl-208/Po-212) konstatiert werden. Eine Radonemanation an der Messprobe liegt praktisch nicht vor. Ansonsten wurde ein geringfügiges Ungleichgewicht zwischen U-238 und Ra-226 (i. M. U-238/Ra-226 = 0,9) sowie ein Ungleichgewicht zwischen U-238 und Pb-210 (i. M. U-238/Pb-210 = 0,6) festgestellt.

Die Rn-222-Konzentrationen in der Bodenluft der Haldenumgebung können als in dieser Größenordnung erwartbar angesehen werden, dieselbigen der Halde sind sehr niedrig.

2.2.3 Halde Rungenberg

2.2.3.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Die Halde *Rungenberg* liegt an der Autobahn A2 nahe der Anschlussstelle „Gelsenkirchen-Buer“. Sie entstand als Folge des Steinkohlenbergbaus in der Zeche *Ewald-Hugo*, Schacht 4, die am 28.04.2000 zwei Jahre früher als geplant geschlossen wurde.

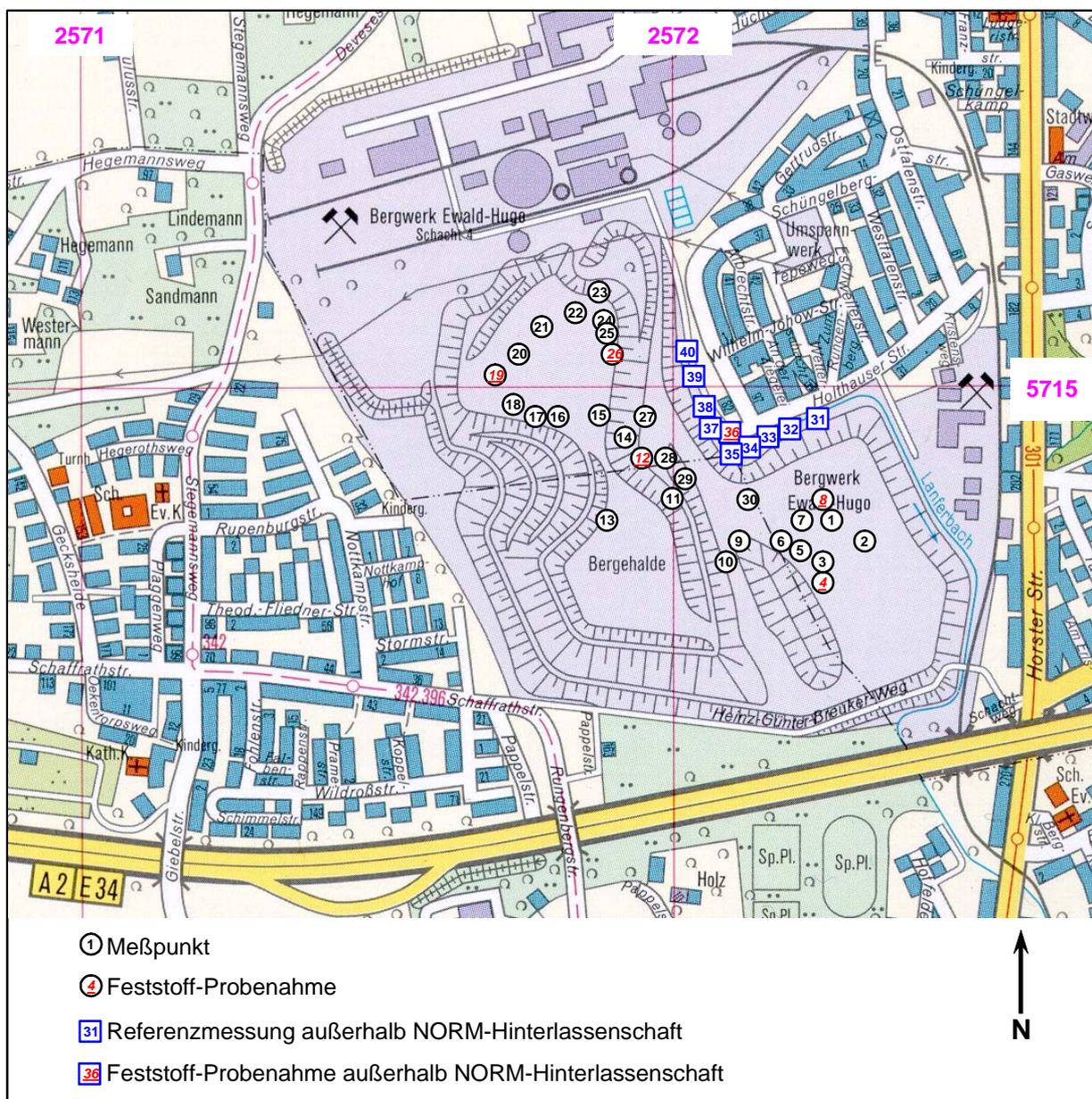


Abbildung 3: Lokationen am NORM-Standort „Halde Rungenberg“;
 Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/

Auch diese Halde wird heute als Naherholungsgebiet genutzt und ist deshalb über eine Treppe im Nordosten zugänglich gemacht, von der aus die einzelnen Haldenebenen gut zu erreichen sind. Die Wege sind teils befestigt, teils unbefestigt. Eine vorwiegend aus Gras bestehende, aber nicht durchgängige Vegetationsdecke verhindert großflächige Erosion. Da die verwendete Karte im Jahr 1998 gedruckt wurde, ist die Zeche noch als fördernd (lila Signatur des Werksgeländes) eingetragen.

In der Karte von Abbildung 3 sind analog zu Abbildung 2 die Messpunkte für die Gamma-Dosisleistungsmessungen und für die Messungen des Radongehaltes der Bodenluft eingezeichnet. Außerdem enthält die Karte die Entnahmestellen für Feststoffproben.

In der unmittelbaren Umgebung der Halde wurden, analog zur *Schurenbachhalde* Referenzmessungen durchgeführt und auch entsprechende Referenzproben entnommen. Auch diese Punkte wurden in die Karte aufgenommen.

2.2.3.2 Messergebnisse

2.2.3.2.1 Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. Die Bodenluft zur Bestimmung der Radonaktivitätskonzentration wurde in einer Tiefe von 0,8 m mittels einer Sonde angesaugt.

In Tabelle 3 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] sowie die Messergebnisse der Aktivitätskonzentration des Radionuklids Rn-222 in der Bodenluft in der Einheit [Bq/l] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 3 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 3 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), die Höhenlage, Angaben zur Witterung am Messtag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 3 ist angegeben, an welchen Positionen Feststoff-Proben entnommen wurden. Damit fungiert sie gleichzeitig als Probenverzeichnis der Feststoff-Proben.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Datenerfasser: Leopold				
Standort: Halde <i>Rungenberg</i>			Blatt: TK 25, 4408 Gelsenkirchen			Datum: 16.11.2004		Witterung: Nieselregen		
Messgeräte: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe										
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert		Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff- Probe- nahme	Bemerkungen	
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	flach; eben			
1	2572284	5714733	133	.	n	o	f	.	± 6m	Höhe: 104m ü. NN
2	2572321	5714699	132	.	n	o	f	.	± 5m	Höhe: 102m ü. NN
3	2572265	5714650	137	.	n	o	f	.	± 5m	Höhe: 103m ü. NN
4	2572257	5714620	136	.	n	o	f	RP 1	± 5m	Höhe: 100m ü. NN
5	2572241	5714663	136	.	n	o	f	.	± 8m	Höhe: 105m ü. NN
6	2572207	5714701	129	1	n	o	f	.	± 5m	Höhe: 106m ü. NN
7	2572246	5714741	133	.	n	o	f	.	± 5m	Höhe: 105m ü. NN
8	2572266	5714778	134	.	n	o	f	RP 2	± 5m	Höhe: 100m ü. NN
9	2572162	5714694	123	.	n	o	f	.	± 5m	Höhe: 100m ü. NN
10	2572095	5714685	119	.	n	o	f	.	± 6m	Höhe: 101m ü. NN
11	2572000	5714761	120	2	n	o	f	.	± 5m	Höhe: 102m ü. NN
12	2571927	5714858	130	.	n	o	f	RP 3	± 6m	Höhe: 97m ü. NN
13	2571831	5714734	119	.	n	o	f	.	± 6m	Höhe: 96m ü. NN
14	2571882	5714914	120	.	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 95m ü. NN
15	2571820	5714949	119	.	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 97m ü. NN
16	2571733	5714942	117	.	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 98m ü. NN
17	2571682	5714942	116	1	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 96m ü. NN
18	2571657	5714986	114	.	n	o	f	.	± 11m	Höhe: 99m ü. NN
19	2571650	5715043	111	.	n	o	f	RP 4	± 8m	Höhe: 100m ü. NN
20	2571674	5715084	114	.	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 99m ü. NN
21	2571713	5715104	119	.	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 100m ü. NN

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Datenerfasser: Leopold				
Standort: Halde <i>Rungenberg</i>			Blatt: TK 25, 4408 Gelsenkirchen			Datum: 16.11.2004		Witterung: Nieselregen		
Messgeräte: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe										
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert		Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff- Probe- nahme	Bemerkungen	
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	flach; eben			
22	2571751	5715132	131	2	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 99m ü. NN
23	2571841	5715167	123	.	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 98m ü. NN
24	2571877	5715112	124	.	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 99m ü. NN
25	2571882	5715073	123	.	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 97m ü. NN
26	2571891	5715030	123	.	n	o	f	RP 5	± 7m	Höhe: 94m ü. NN
27	2571911	5714948	117	.	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 91m ü. NN
28	2571996	5714895	125	1	n	o	f	.	± 5m	Höhe: 83m ü. NN
29	2572010	5714821	129	.	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 84m ü. NN
30	2572099	5714783	116	.	n	o	f	.	± 7m	Höhe: 83m ü. NN
31	2572269	5714972	105	.	n	G	e	.	± 6m	Höhe: 53m ü. NN
32	2572227	5714944	88	.	n	G	e	.	± 6m	Höhe: 50m ü. NN
33	2572195	5714925	86	28	n	G	e	.	± 7m	Höhe: 47m ü. NN
34	2572171	5714911	99	.	n	G	e	.	± 5m	Höhe: 46m ü. NN
35	2572133	5714888	105	.	n	G	e	.	± 7m	Höhe: 45m ü. NN
36	2572129	5714909	88	.	n	G	e	RP 6	± 6m	Höhe: 48m ü. NN
37	2572095	5714929	101	.	n	G	e	.	± 5m	Höhe: 51m ü. NN
38	2572069	5714979	99	18	n	G	e	.	± 5m	Höhe: 50m ü. NN
39	2572059	5715011	107	.	n	G	e	.	± 5m	Höhe: 49m ü. NN
40	2572045	5715047	112	.	n	G	e	.	± 5m	Höhe: 49m ü. NN

Grau unterlegt: Referenzmessungen außerhalb der NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 3: Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde Rungenberg“

2.2.3.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Entnahme-Positionen und die Proben-Bezeichnung sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Nach Entfernen der Bodenauflage wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden getrocknet und in diesem Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hoch auflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Tabelle 4 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
RP 1	40	47	47	53	60	59	2	2	905
RP 2	46	44	48	46	58	55	2	1	950
RP 3	39	42	41	48	53	53	2	2	897
RP 4	38	40	42	17	54	52	2	1	898
RP 5	39	41	44	36	56	55	2	1	851
RP 6	11	12	14	8	14	13	1	0,5	274

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 3; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 4: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde Runenberg“ entnommen wurden

2.2.3.3 Diskussion der Messergebnisse

Auch die Halde *Runenberg* zeigt wie bereits die *Schurenbachhalde* (Kap. 2.2.2.3) eine relativ hohe Homogenität bzgl. der auf der Halde gemessenen Gamma-Dosisleistung. Der Mittelwert aller Messwerte beträgt 124 nSv/h bei einer Standardabweichung von 7,5 nSv/h und einem Variationskoeffizient von 6 %. Auch hier lässt sich diese Homogenität in den gemessenen Aktivitätswerten der Materialproben (Var.-Koeff.: 5 % beim Rn-222) wiedererkennen. Die mittlere ODL auf der Halde (124 nSv/h) liegt um einen Faktor 1,25 über dem ermittelten natürlichen Strahlungsuntergrund (i. M. 99 nSv/h). Das Aktivitätsverhältnis zwischen Haldenmaterial und „Background“ ist höher. Es beträgt im Mittel ca. 3,5 (Th-Reihe höher; ODL Verh. zw. Halde und „Background“ an den PN-Pkten.: 1,5).

Die massenbezogenen Aktivitäten liegen (außer bei K-40) generell bei < 200 Bq/kg. Die radioaktiven Gleichgewichtsverhältnisse in den Zerfallsreihen ähneln denen, die bei der *Schurenbachhalde* gefundenen wurden: Gleichgewicht in der Th-Reihe; keine Radonemanation; i. M. U-238/Ra-226 = 0,9; i. M. U-238/Pb-210 = 1,2.

Die Rn-222-Konzentrationen in der Bodenluft der Halde sind wiederum sehr niedrig.

2.3 Absetzteiche

2.3.1 Lage

Es wurden insgesamt 5 Absetzteiche des Steinkohlebergbaus untersucht:

- Absetzteich der Zeche *Waltrop*
- Absetzteich der Zeche *Consolidation, Gelsenkirchen-Bismarck*
- Absetzteich der Zeche *Ewald, Herten*
- Absetzteich der Zeche *Schlägel & Eisen, Herten*
- Absetzteich der Zeche *Mont Cenis, Herne-Sodingen*

Beim Absetzteich der Zeche *Waltrop* handelt es sich um einen heute trockengelegten, ehemaligen Absetzteich. Er schließt sich direkt an das heutige Gelände der Zeche *Waltrop* an und liegt in einem Waldstück (Abbildung 4).

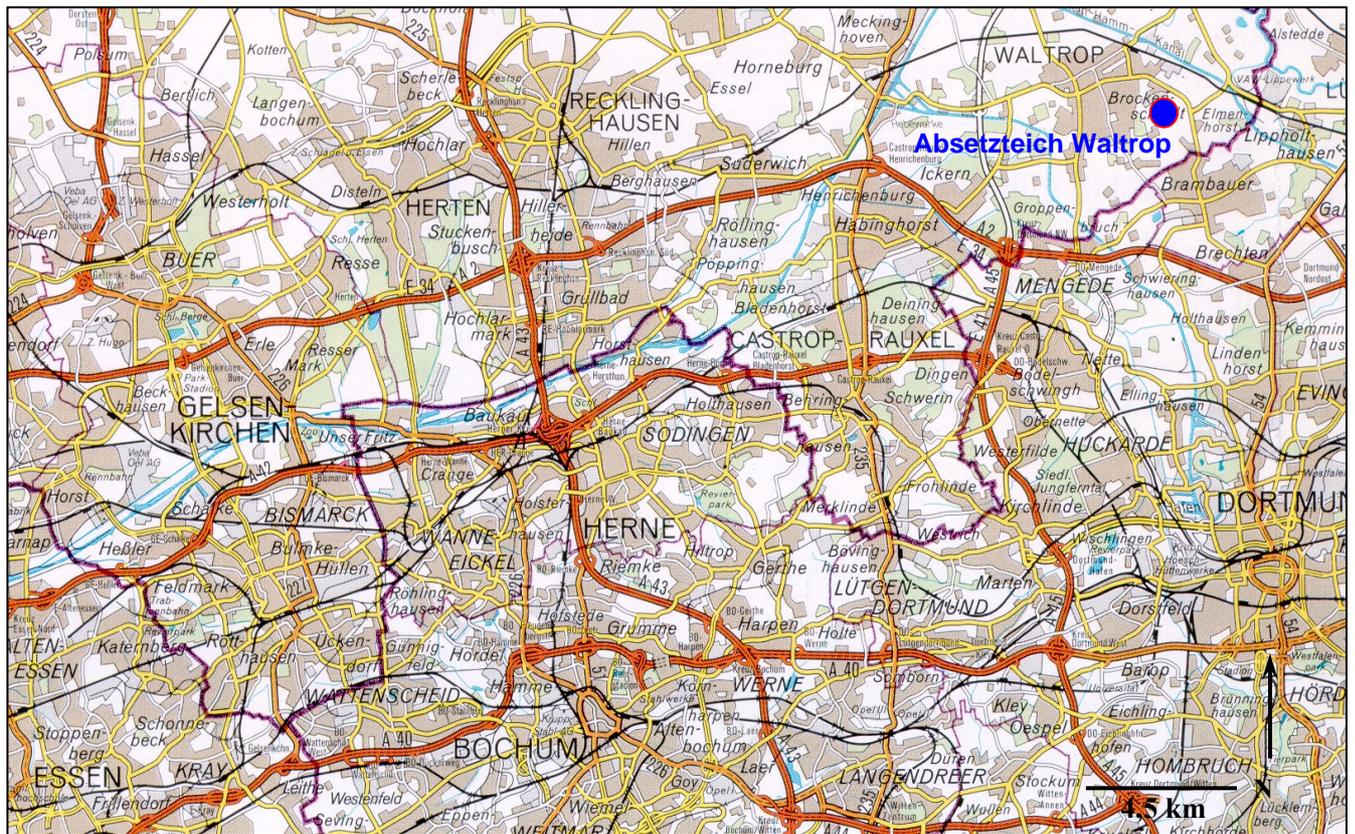


Abbildung 4: Übersichtskarte zum untersuchten Steinkohle-Absetzteich der Zeche Waltrop im Ruhrgebiet; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/

Vier weitere Lokalitäten wurden im Gebiet zwischen Gelsenkirchen und Recklinghausen ausgesucht. Die geographische Lage der einzelnen Zechen ist in Abbildung 5 dargestellt.

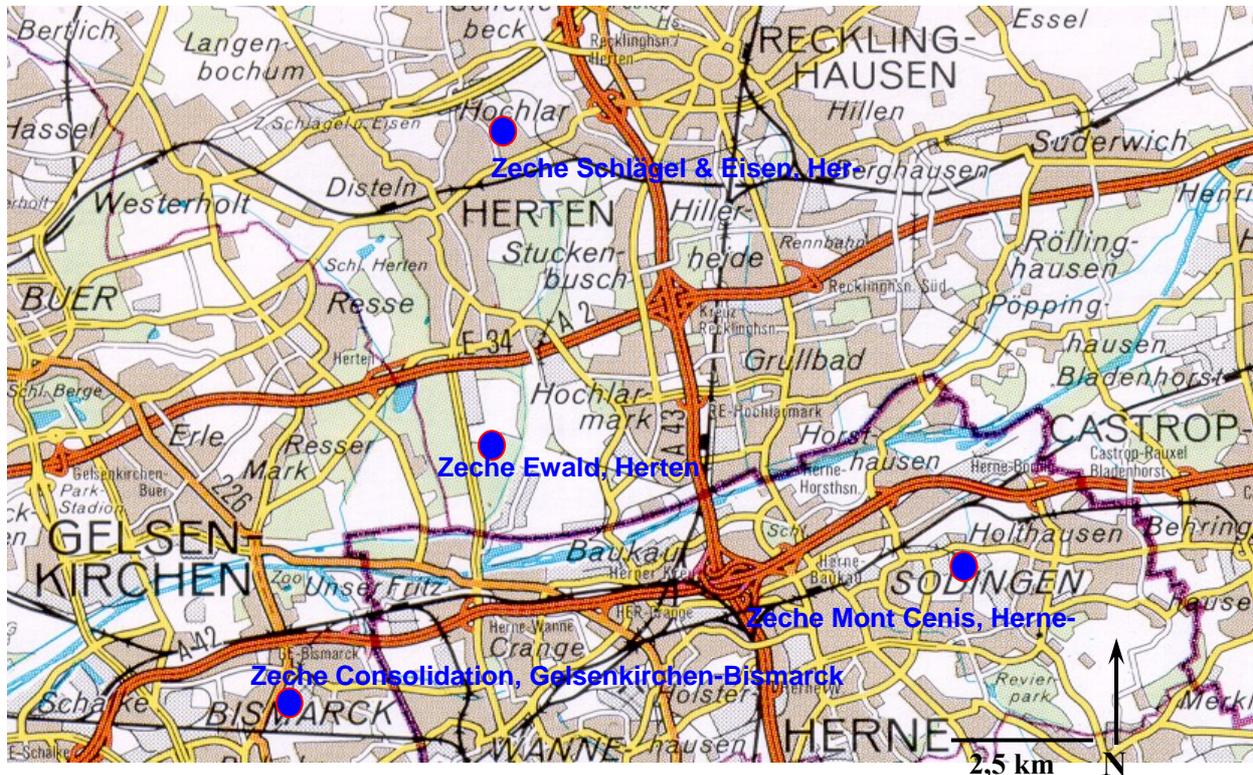


Abbildung 5: Übersichtskarte zu den untersuchten Steinkohle-Absetzteichen der Zechen Consolidation, Ewald, Mont Cenis sowie Schlägel & Eisen im Ruhrgebiet; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/

2.3.2 Ehemaliger Absetzteich der Zeche „Waltrop“

2.3.2.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Südlich des heutigen Geländes Zeche *Waltrop* (1979 stillgelegt) schließt sich neben einer Halde ein für die Öffentlichkeit zugängliches Waldstück an, in welchem bei der Begehung eine Depression in der Geländeoberkante (GOK) auffällt. Die Ortsdosisleistung (ODL) beträgt in ihrem Zentrum rund 140 nSv/h und nachdem die bedeckende, etwa 10 cm mächtige Humusschicht entfernt worden ist, treten rot gefärbte Absetzmaterialien zu Tage. Um diesen heute trockengelegten Absetzteich als eigenständigen NORM-Standort zu charakterisieren, sind 4 senkrecht zueinander verlaufende Profile mittels ODL-Messungen im Abstand von 25 m angelegt worden (Abbildung 6 und Abbildung 7). Auf diese Weise kann

auch ein Einfluss der sich im Südwesten befindlichen Halde ausgeschlossen werden, da die ODL auch in südwestlicher Richtung abnimmt.

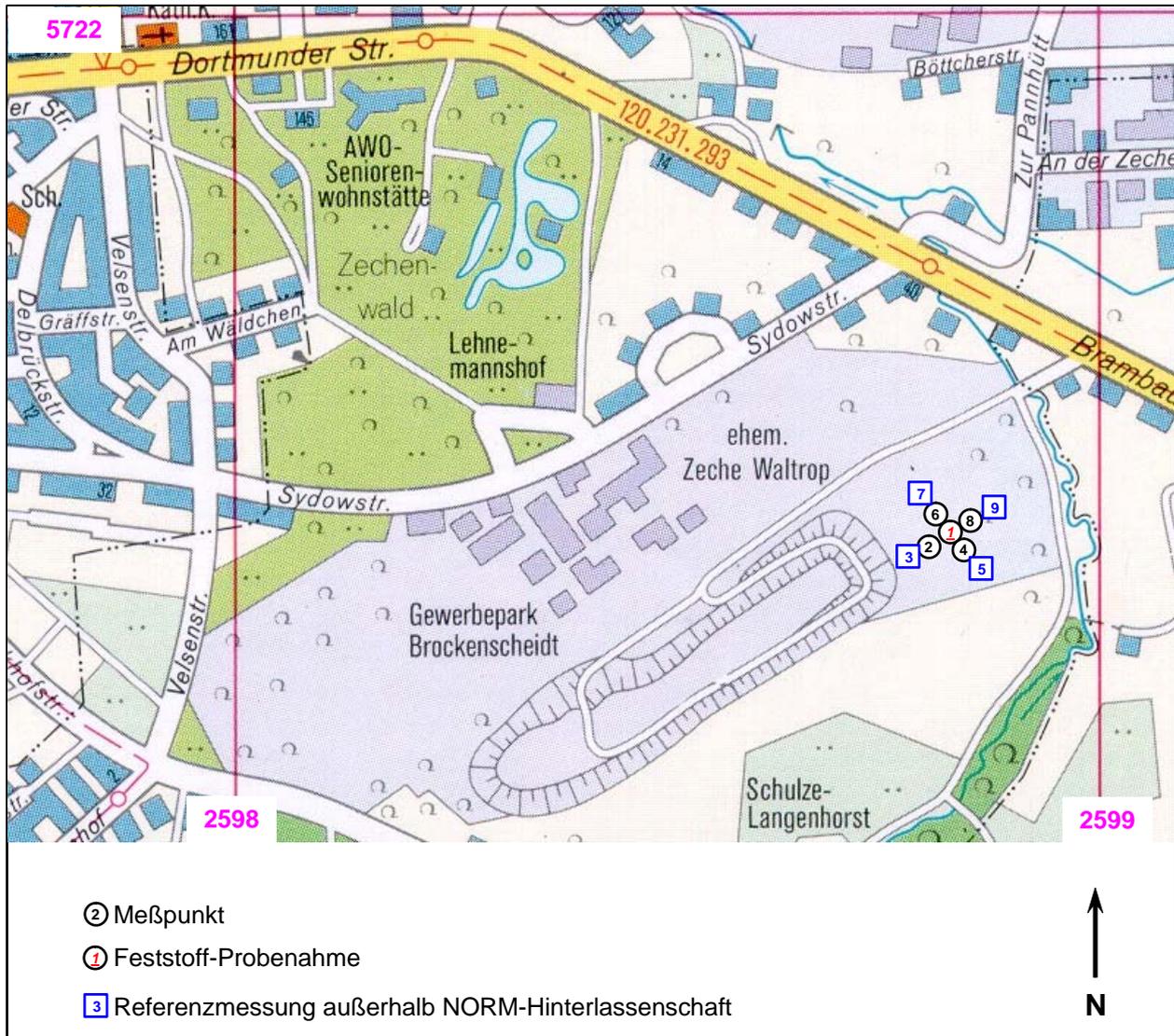


Abbildung 6: Lokationen am NORM-Standort „Ehemaliger Absetzteich der Zeche Waltrop“;
Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/

In Abbildung 6 sind die Messpunkte für die Gamma-Dosisleistungsmessungen eingezeichnet. Außerdem enthält die Karte die Entnahmestelle der Feststoffprobe.

In der unmittelbaren Umgebung des Absetzteiches wurden Referenzmessungen durchgeführt und auch entsprechende Referenzproben entnommen. Auch diese Punkte wurden in die Karte aufgenommen.

In Abbildung 7 wurde der Profilverlauf am Absetzteich zusammen mit den Messpunkten dargestellt.

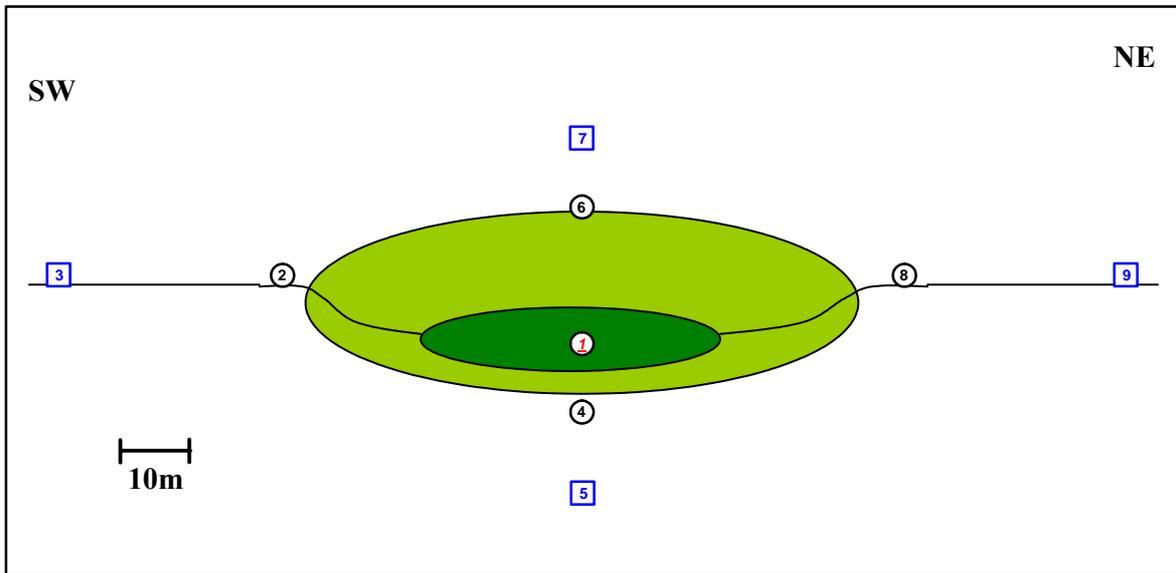


Abbildung 7: Profilverlauf am NORM-Standort „Ehemaliger Absetzteich der Zeche Waltrop“

2.3.2.2 Messergebnisse

2.3.2.2.1 Gamma-Dosisleistung

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau				Witterung: Regen			
Standort: Waltrop Schacht 1/2		Blatt: TK 25, 4310 Datteln		Datum: 18.11.2004			
Messgerät: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E				Datenerfasser: Leopold			
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff-Probe-nahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	flach; eben	
1	2598780	5721328	141	n	l	e	WP 1
2	2598763	5721311	121	n	G	f	.
3	2598748	5721299	88	n	G	e	.
4	2598802	5721309	111	n	G	f	.
5	2598816	5721278	96	n	G	e	.
6	2598773	5721341	117	n	G	f	.
7	2598751	5721356	98	n	G	e	.
8	2598809	5721335	114	n	G	f	.
9	2598828	5721348	94	n	G	e	.

Grau unterlegt: Referenzmessungen außerhalb der NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 5: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Ehemaliger Absetzteich der Zeche Waltrop“

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 5 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 6 und Abbildung 7 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 5 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

2.3.2.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Position und die Bezeichnung der Probe sind Tabelle 5 zu entnehmen.

Es wurde 1 Liter Probenmaterial nach Entfernen der Bodenauflage (Humusschicht) in einer Tiefe bis ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden getrocknet und in diesem Zustand im akkreditierten Strahlungsmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Tabelle 6 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
WP 1	36	35	34	30	40	39	2	1	608

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 5

Tabelle 6: *Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Probe, die am NORM-Standort „Ehemaliger Absetzteich der Zeche Waltrop“ entnommen wurde*

2.3.2.3 Diskussion der Messergebnisse

Die im Zentrum des Absetzteiches gemessenen Gamma-Dosisleistung (141 nSv/h) liegt um einen Faktor 1,5 über dem mittleren Strahlungsuntergrund der Umgebung (94 nSv/h). Mit der Entfernung vom Zentrum nehmen die Strahlungs-Werte ab (vg. Tabelle 5).

Die massenbezogene Aktivität der im Zentrum des Teiches entnommenen Probe kann mit durchschnittlich 34 Bq/kg in der Uran- und 40 Bq/kg in der Th-Reihe als nicht erhöht betrachtet werden. In beiden Reihen ist unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten von einem radioaktiven Gleichgewichtszustand auszugehen. Auch K-40 ist mit ca. 600 Bq/kg noch in einem „natürlich vorkommenden“ Bereich.

2.3.3 Absetzteich der Zeche „Consolidation“

2.3.3.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Die Zeche *Consolidation* befindet sich in Gelsenkirchen-Bismarck und wird umgangssprachlich auch „Consol“ genannt. Nördlich des 1994 stillgelegten Schacht 3/4/9 waren zwei Schlammbecken angelegt, die auf der Karte von 1998 deutlich gekennzeichnet sind (Abbildung 8).



markiert Lage der ODL-Messreihe

Abbildung 8: *NORM-Standort „Zeche Consolidation“: Lage der ehemaligen Schlammbecken; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/*

Nach der Geländebegehung stellte sich aber heraus, dass heute ein Großteil der Fläche als eingezäuntes Privatgrundstück dem ortsansässigen „Verein für deutsche Schäferhunde (SV), Ortsgruppe Bismarck“ überlassen und durch Baumbestand bedeckt ist.

Östlich schließt sich ein öffentliches Gelände an, das sich in 3 Abschnitte teilt (Abbildung 9): im Süden befindet sich eine reine Grasfläche, daraufhin schließt sich nördlich eine rechteckige Grasfläche mit künstlich gepflanzten Eichen an, die durchweg eine Höhe von etwa 1 m haben und in Reihen angeordnet sind. Im Norden ist ein weiterer

rechteckiger Geländeabschnitt mit etwa 2,5m hohen Weiden künstlich bepflanzt. Es ist aber zu vermuten, dass die ehemaligen Schlammbecken fast ausschließlich auf dem Gelände des Hundevereins liegen und damit vorerst unzugänglich sind.

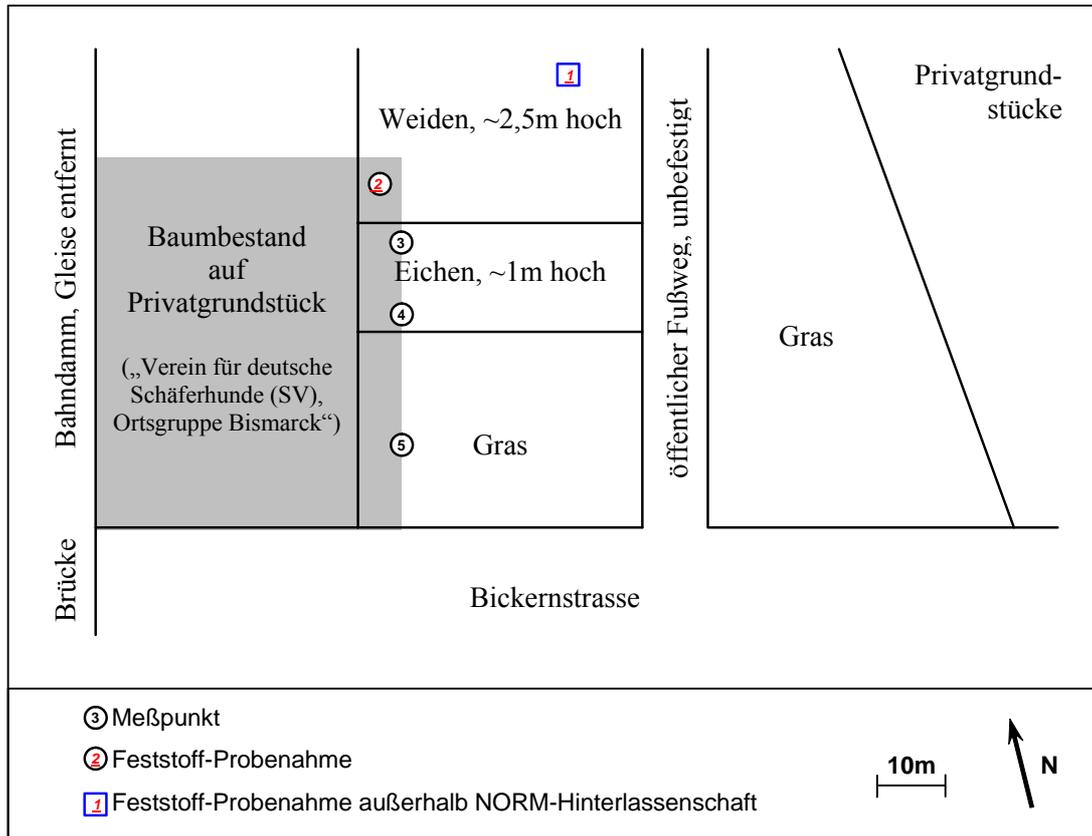


Abbildung 9: Lokationen am NORM-Standort „Absetzteich der Zeche Consolidation“: heutige Aufteilung und Geländedenutzung der ehemaligen Schlammbecken; grau unterlegt: vermutete Fläche der ehemaligen Schlammbecken

Im Luftbild in Abbildung 10 ist der Baumbestand des Privatgrundstücks auf der vermuteten Fläche der ehemaligen Schlammbecken gut zu erkennen (siehe rote Markierung). Die östlich angrenzende Grasfläche ist heute wie oben beschrieben aufgeteilt und durch einen unbefestigten Weg zugänglich gemacht worden.

Die ODL-Messungen sind so nah wie möglich an dem Privatgrundstück durchgeführt worden, zeigen jedoch keine erhöhten Messwerte (vgl. Tabelle 7).



markiert Lage der
ehemaligen
Schlammbecken
im Luftbild



Abbildung 10: NORM-Standort „Zeche Consolidation“: Lage der ehemaligen Schlammbecken im Luftbild; Luftbild: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/

2.3.3.2 Messergebnisse

2.3.3.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 7 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 9 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 7 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 7 ist angegeben, an welchen Positionen die beiden Feststoff-Proben entnommen wurden.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: trocken	
Standort: Gelsenkirchen			Blatt: TK 25, 4408 Gelsenkirchen			Datum: 09.02.2005	
Messgerät: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E				Datenerfasser: Leopold			
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff-Probe-nahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	steil; flach; eben	
1	2577469	5711625	101	n	G	e	C 1
2	2577463	5711588	110	n	l	e	C 2
3	2577445	5711592	103	n	G	e	.
4	2577446	5711562	105	n	G	e	.
5	2577435	5711528	104	n	G	e	.

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb vermuteter NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 7: *Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Absetzteich der Zeche Consolidation“*

2.3.3.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Entnahme-Position und die Bezeichnung der Probe sind Tabelle 7 zu entnehmen.

Es wurde 1 Liter Probenmaterial nach Entfernen der Bodenauflage (Humusschicht) entnommen. Die Proben wurden getrocknet und im Strahlenmesslabor des TÜV Süd gamma-spektrometrisch analysiert. Tabelle 8 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
C 1	27	35	34	43	33	32	2	1	405
C 2	30	41	42	53	41	40	2	2	442

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 7; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 8: *Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Probe, die am NORM-Standort „Absetzteich der Zeche Consolidation“ entnommen wurde*

2.3.3.3 Diskussion der Messergebnisse

Da die ODL-Messungen lediglich an der Peripherie der vermuteten Schlammbecken durchgeführt werden konnten, liegen auch die aufgenommenen Gamma-Dosisleistungswerte mit einem Faktor von maximal 1,1 (beim Maximum von 110 nSv/h) nur wenig über dem Strahlungsuntergrund der Umgebung (101 nSv/h).

Die massenbezogenen Aktivitäten an der Schlammbecken-Peripherie liegen im Mittel mit einem Faktor 1,3 über dem „Background“ und zeigen sich damit als nur wenig erhöht.

2.3.4 Absetzteiche der Zeche „Ewald“

2.3.4.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Die Zeche *Ewald* liegt im Süden von Herten, der Schacht 1/2/7 ist seit 28.04.2000 geschlossen, auf der Karte von 1998 aber noch als fördernd eingetragen. Östlich des Zechengeländes befindet sich Europas größte Abraumhalde, auf der nicht nur Bergematerial von *Ewald*, sondern auch von den benachbarten Zechen Schlägel & Eisen (5 km nördlich) und Blumenthal/Haard abgeladen wurde und noch heute Erdarbeiten durchgeführt werden. Die Begehung des Geländes erfolgte während der Betriebszeit ohne Probleme mit Betriebsangehörigen.

Auf dem Gelände sind zwei Lokalitäten zur Beprobung und Anlegung jeweils eines ODL-Messprofils bestimmt worden und in Abbildung 11 eingetragen. Es handelt sich zum einen um eine noch heute wieder zu erkennende Geometrie eines ehemaligen Schlammbeckens, zum anderen ist ein kleiner Teich, in den aktuell Wasser eingeleitet werden, untersucht worden.

2.3.4.1.1 Ehemaliges Schlammbecken

In Abbildung 11 (Nr. 1 im oberer Kartenteil) sind 3 nebeneinander liegende Schlammbecken eingetragen, von denen aber das nördliche Becken und das größte Becken im Osten heutzutage vollständig mit Haldenmaterial aufgefüllt und im Gelände nicht mehr zu identifizieren sind. Auf dem Luftbild in Abbildung 11 ist die beginnende Verfüllung der beiden Becken schon zu erkennen.

Der Umfang des südlichen Beckens ist vor Ort noch nachzuvollziehen, ist aber an Hand von Auffüllungen mit ortsfremdem Abdeckmaterial und Begrenzung durch kleine Wälle in 4 Parzellen eingeteilt (Abbildung 12). Das hellbraune Material der Parzellen ist sehr heterogen zusammengesetzt, die Korngrößen reichen nach Beurteilung vor Ort von tonig bis kiesig. Wegen oberflächlicher Walzenspuren wird eine maschinelle Einebnung und Verdichtung des Materials nahe gelegt. Vermutlich sind ohne einen beträchtlichen Materialaushub keine Schlammproben zu gewinnen (ein Aushub bis in 30 cm Tiefe ist ohne erkennbaren Materialwechsel vorgenommen worden). Aus diesem Grund ist auf eine Feststoff-Probeentnahme verzichtet worden.

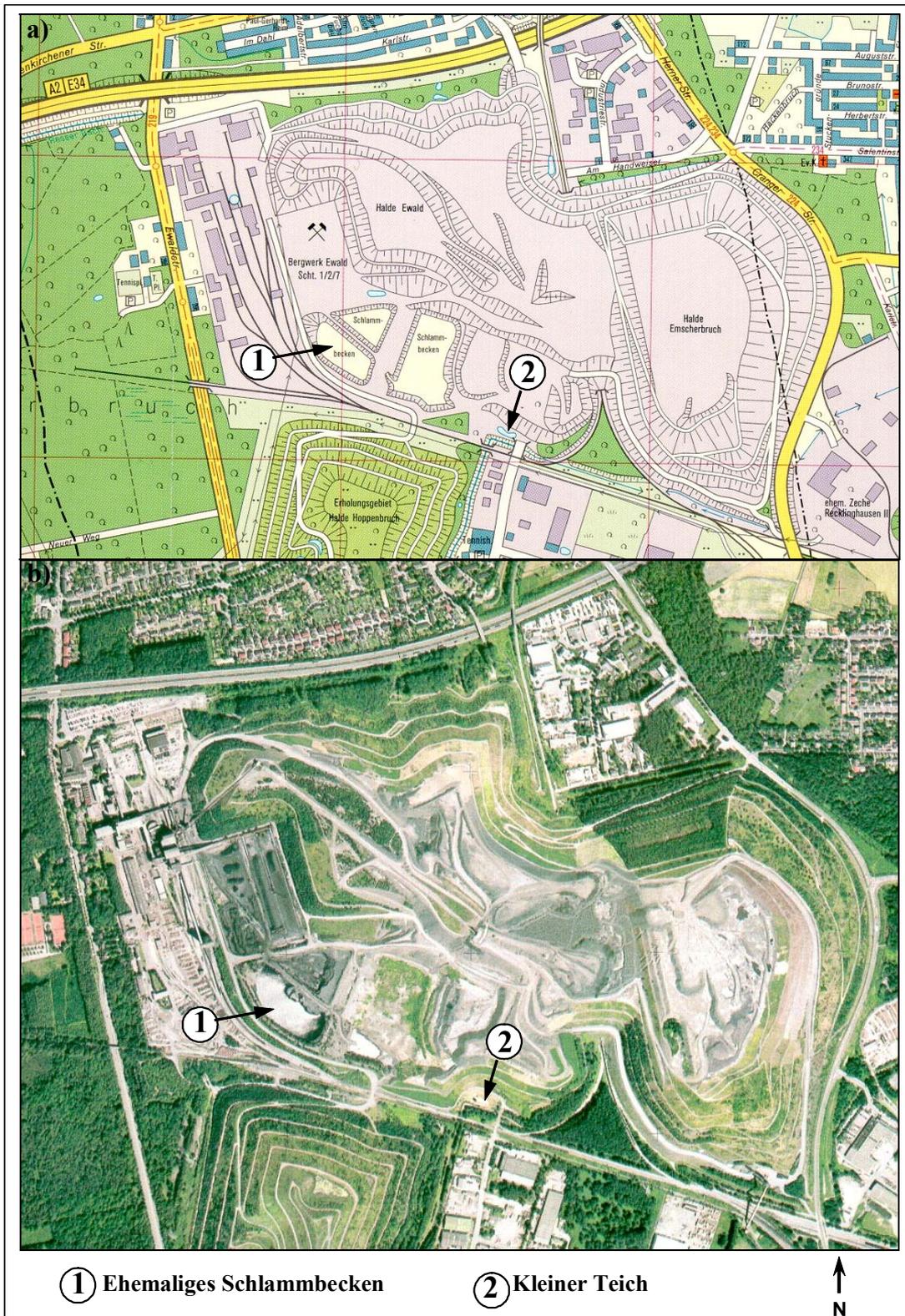


Abbildung 11: NORM-Standort „Absetzteiche der Zeche Ewald“
a) Lage des ehemaligen Schlammbeckens und des kleinen Teiches
b) Lage des ehemaligen Schlammbeckens und des kleinen Teiches im Luftbild;
Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/

Die ODL-Messungen sind auf dem Gelände wie vorgefunden durchgeführt worden, Abbildung 12 zeigt die einzelnen Messlokationen. Gesicherte unbeeinflusste ODL-Messungen sind auf dem großräumig bergbaulich veränderten Areal nicht möglich gewesen.

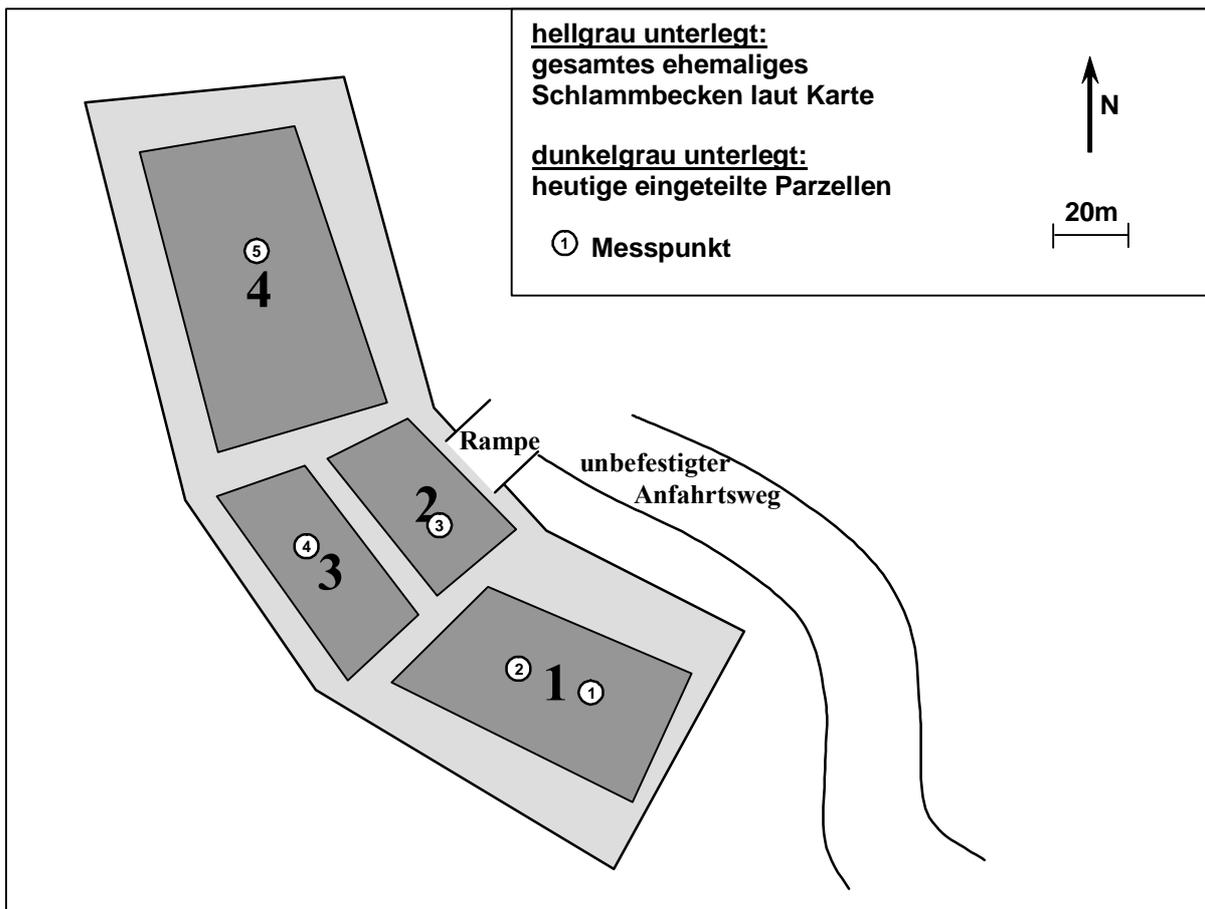


Abbildung 12: NORM-Standort „Absetzteiche der Zeche Ewald“: Heutige Einteilung des südlichen ehemaligen Schlammecken in 4 Parzellen und Lokationen der ODL-Messungen

2.3.4.1.2 Kleiner Teich

Auf dem Weg zu den in Kapitel 2.3.4.1.1 besprochenen Schlammecken liegt etwas abseits in einer Senke, verdeckt durch Bäume und Sträucher, ein kleiner Teich, der durch ein geschlossenes, etwa 30 cm dickes Zuleitungsrohr gespeist wird. Deutlich zu erkennende Eisenausfällungen am Rohrausgang und am Ufer sowie Schaum auf seiner Wasseroberfläche legen eine Nutzung als Abwasserteich nahe. Von Norden her war ein Zugang bis zum Ufer möglich, so dass ein ODL-Messprofil angelegt und Feststoffproben genommen werden konnten, deren genaue Lage in Abbildung 13 dargestellt ist. An Lokation 5 ließ die sonst dichte Vegetation eine weitere ODL-Messung zu.

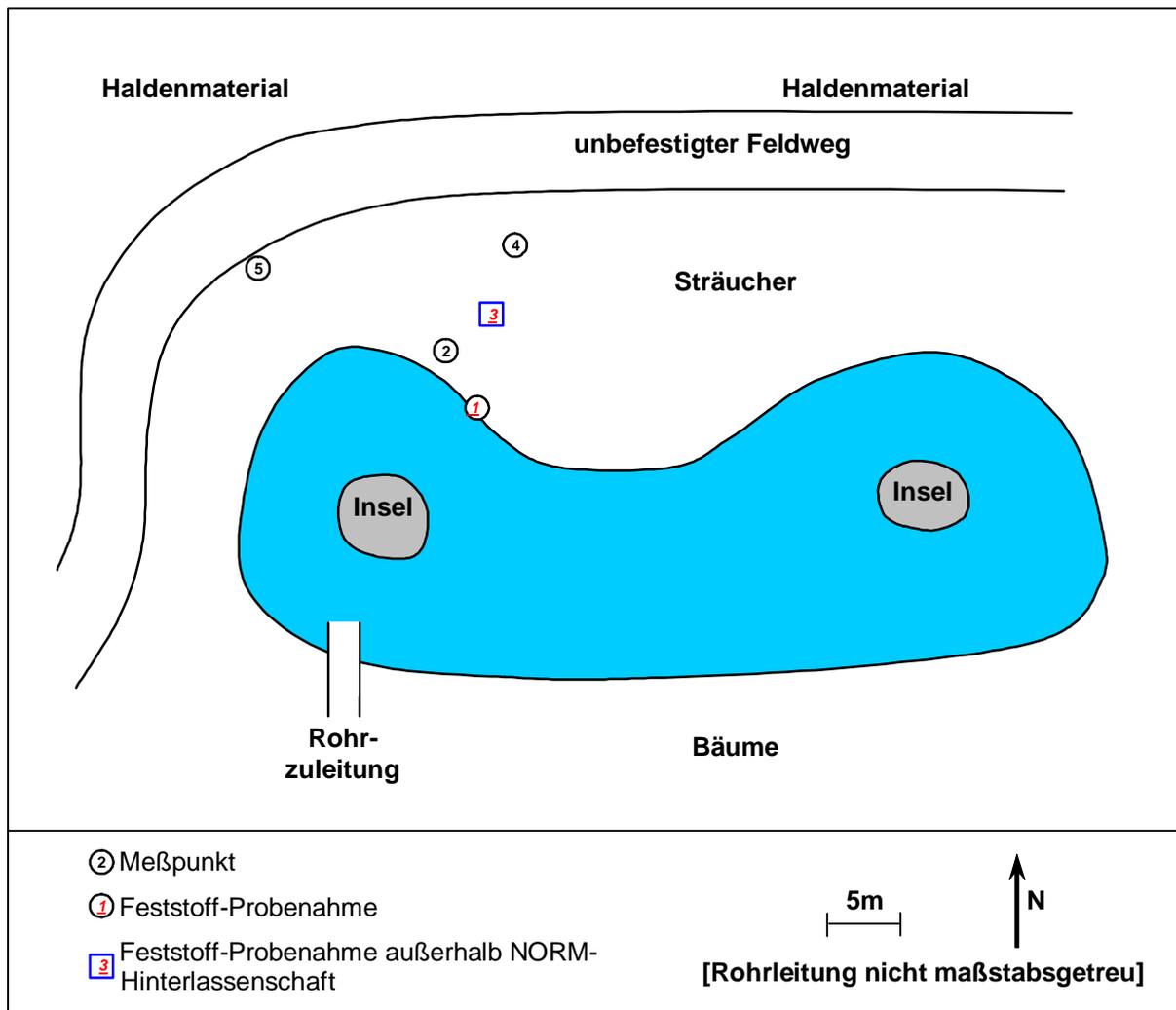


Abbildung 13: NORM-Standort „Absetzteiche der Zeche Ewald“: Lokationen der ODL-Messungen am kleinen Teich

2.3.4.2 Messergebnisse

2.3.4.2.1 Ehemaliges Schlammbecken

2.3.4.2.1.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 9 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h]

angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 12 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 9 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: trocken	
Standort: Herten			Blatt: TK 25, 4408 Gelsenkirchen			Datum: 09.02.2005	
Messgerät: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E				Datenerfasser: Leopold			
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff- Probe- nahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	steil; flach; eben	
1	2580076	5715189	121	n	o	e	
2	2580034	5715199	110	n	o	e	
3	2579997	5715235	111	n	o	e	
4	2579970	5715231	104	n	o	e	
5	2579867	5715287	104	n	o	e	

Anmerkung: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft nicht möglich

Tabelle 9: *Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Absetzteiche der Zeche Ewald, südliches ehemaliges Schlammbecken“*

2.3.4.2.2 Kleiner Teich

2.3.4.2.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 10 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 13 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 10 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 10 ist angegeben, an welchen Positionen die beiden Feststoff-Proben entnommen wurden.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: trocken	
Standort: Herten			Blatt: TK 25, 4408 Gelsenkirchen			Datum: 09.02.2005	
Messgerät: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E				Datenerfasser: Leopold			
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff-Probennahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	steil; flach; eben	
1	2580530	5715109	83	n	o	s	E 1
2	2580527	5715111	80	n	G	f	.
3	2580530	5715118	92	n	G	f	E 2
4	2580535	5715133	103	n	G	f	.
5	2580498	5715130	96	n	G	f	.

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 10: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Absetzteiche der Zeche Ewald, kleiner Teich“

2.3.4.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Position und die Bezeichnung der Probe sind Tabelle 10 zu entnehmen.

Es wurde jeweils 1 Liter Probenmaterial in einer Tiefe bis zu ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden getrocknet und in diesem Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Tabelle 11 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								K-40
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
E 1	11	9	11	14	10	10	1	1	296
E 2	18	22	22	19	24	23	1	1	350

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 10; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 11: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Proben, die am NORM-Standort „Absetzteiche der Zeche Ewald, kleiner Teich“ entnommen wurden

2.3.4.3 Diskussion der Messergebnisse

2.3.4.3.1 Ehemaliges Schlammbecken

Die gemessene Gamma-Dosisleistung beträgt im Mittel 110 nSv/h. Vergleicht man diese mit dem „Background“ von 101 nSv/h am NORM-Standort „Absetzteich der Zeche Consolidation (Kap. 2.3.3.3), so ergibt sich lediglich eine kleine Erhöhung des Strahlungsfeldes (Faktor von ca. 1,1).

2.3.4.3.2 Kleiner Teich

Eine erhöhte Gamma-Dosisleistung konnte nicht festgestellt werden, der leichte Anstieg in den Messwerten nach Norden hin (Tabelle 10 in Verbindung mit Abbildung 13) lässt sich durch die dort befindliche Halde erklären, auf deren Ausläufer der unbefestigte Feldweg angelegt ist und dementsprechend aus Haldenmaterial besteht. An Lokation 5 ließ die sonst dichte Vegetation eine weitere ODL-Messung zu, auch diese entspricht dem Strahlungsuntergrund.

Die Analyseergebnisse der beiden Materialproben zeigen bei Berücksichtigung der Messunsicherheiten radioaktives Gleichgewicht auf niedrigem Aktivitätsniveau. Entsprechend dem jeweiligen ODL-Wert an den beiden Probeentnahmepositionen zeigen sich bei Probe E 2 etwas höhere Werte als bei Probe E 1.

2.3.5 Absetzteich der Zeche „Mont Cenis“

Die bis 1973 eigenständige Zeche *Mont Cenis* förderte bis 1978 im Verbund mit der Zeche *Friedrich der Große* Steinkohle. Sie ist wegen des sich in direkter Nähe zum ehemaligen Zechengelände befindlichen Teiches ausgesucht worden (Abbildung 14).

Der *Sodinger Bach* ist vollständig eingefasst und entwässert nach unterirdischem Durchfluss des ehemaligen Zechengeländes nach Norden in Richtung des Teiches (in Abbildung 15 deutlich als braune Linie zu erkennen).

Bei der Begehung des Geländes stellte sich heraus, dass sowohl der Bach als auch der Teich von der zuständigen *Emschergenossenschaft* eingezäunt worden sind und kein Zugang möglich ist. Das ehemalige Zechengelände ist als solches nicht mehr zu erkennen und liegt heute brach. Das nordöstlich sich anschließende Waldstück existiert nicht mehr und wird als Ackerfläche genutzt.

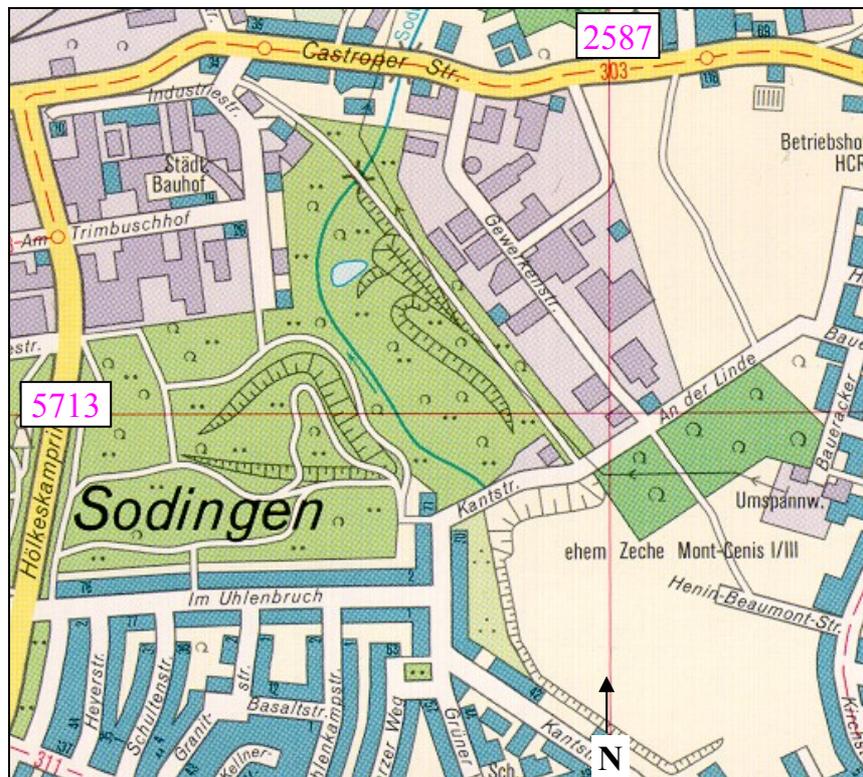


Abbildung 14: NORM-Standort „Absetzteich der Zeche Mont Cenis“: Lage des ehem. Zechengeländes



Abbildung 15: NORM-Standort „Absetzteich der Zeche Mont Cenis“: Lage des ehemaligen Zechengeländes im Luftbild; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/

2.3.6 Absetzteich der Zeche „Schlägel & Eisen“

Die Zeche *Schlägel & Eisen* ist 1997 mit der Zeche *Hugo* zusammengelegt und damit im Jahre 2000 stillgelegt worden. Für die Grubenwässer dieses bergbaulichen Standorts sind aus der Literatur hohe Ra-226 Konzentrationen bekannt /Feige, 1997/. Bei Begehung des Geländes „Schacht 2“, stellte sich aber heraus, dass bis auf die Grundmauern der Kauer keine weiteren Bauwerke mehr existieren. Das Gelände ist laut Karte (Abbildung 16) heute größtenteils mit neuen Bauwerken wie Supermärkten etc. bedeckt oder mit Bauschutt aufgefüllt, so dass keine Rückschlüsse auf frühere Bauten eines Bergwerkes möglich sind. Während der Begehung waren keine erhöhten ODL-Messwerte festzustellen. Der sehr nah vorbei fließende *Resser Bach* ist ebenfalls ohne feststellbar erhöhte ODL-Messwerte bis zur südlich vorbeiführenden Bahnlinie abgegangen worden. Es gab keine Anzeichen eines Teiches oder Sammelbeckens.

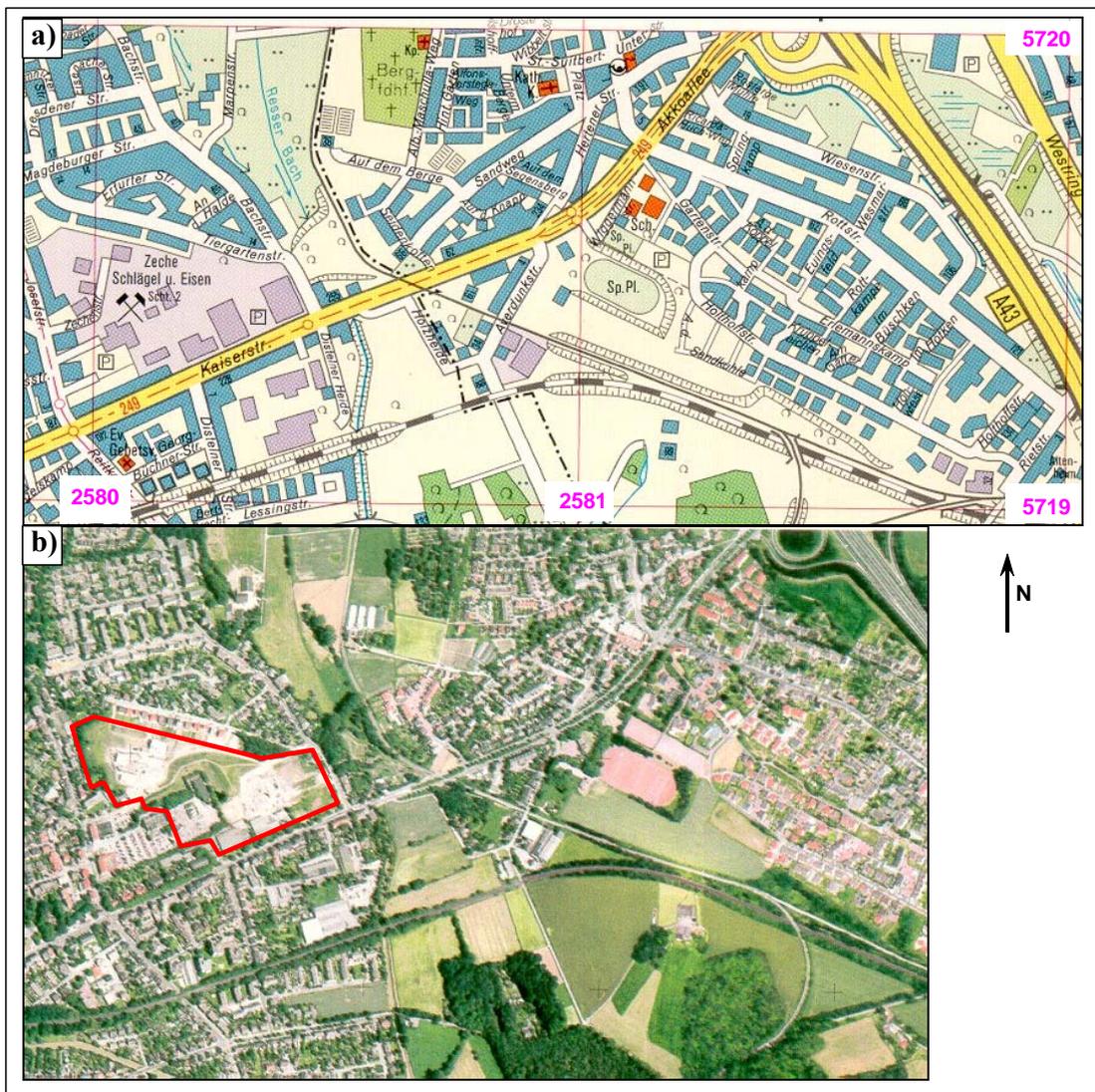


Abbildung 16: NORM-Standort „Absetzteich der Zeche Schlägel & Eisen“: Lage des ehemaligen Zechengeländes in Karte und Luftbild; Karte: /ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998/

2.4 Sedimente und Klärschlämme

2.4.1 Lage

Als Entnahmestellen für Flusssediment- und Klärschlammproben zur Bestimmung der Umweltradioaktivität als Folge des Steinkohlenbergbaus im Ruhrgebiet sind drei Lokalitäten ausgesucht worden. Es handelt sich zum einen um die größtenteils eingefasste *Fossa Eugeniana*, die in den *Altrhein* bei Rheinberg mündet (beide Oberflächenwässersedimente sind beprobt worden), und zum anderen um Klärschlamm, der im Klärwerk *Emschermündung* sowie im nördlichen Essen-Dellwig nahe der *Emscher* in einem Abwasserkanal aufgebracht wurde (Abbildung 17):

- Flusssedimente der *Fossa Eugeniana* bzw. *Altrhein* bei Rheinberg
- Klärschlamm aus dem Klärwerk *Emschermündung*
- Abwasserkanal-Klärschlamm nahe der *Emscher* in Essen-Dellwig

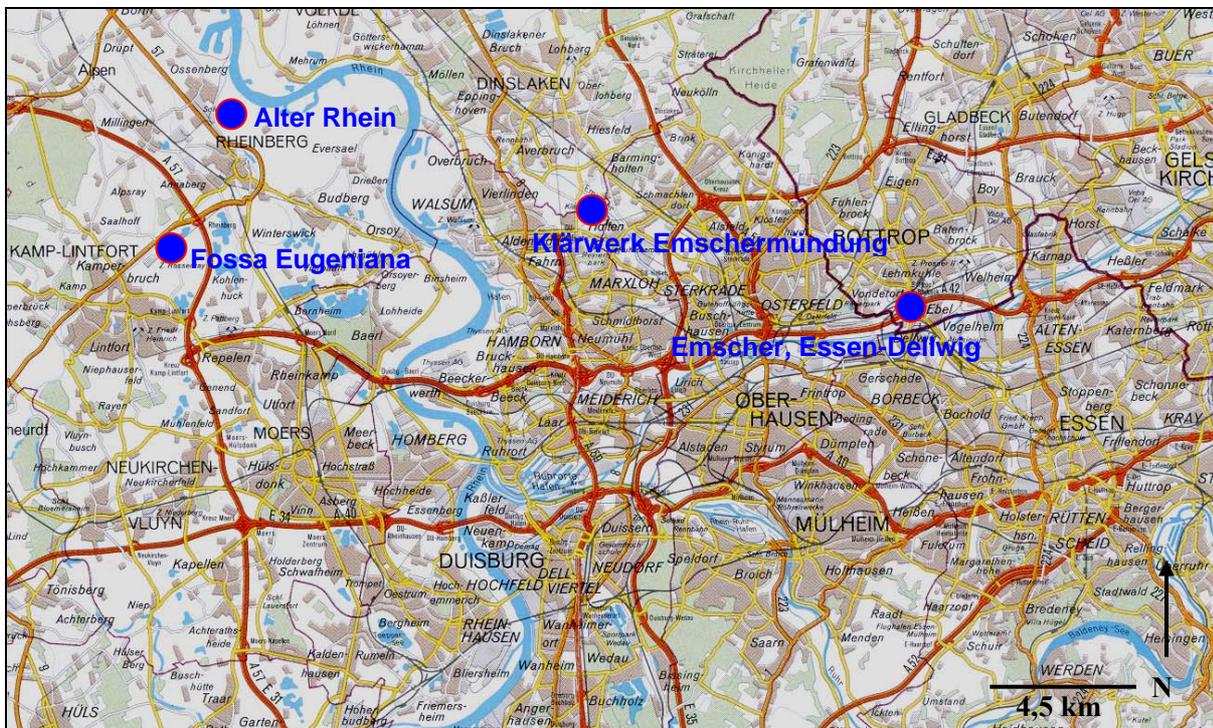


Abbildung 17: Übersichtskarte der 3 Lokalitäten für Sediment-Probenahmen im Ruhrgebiet "Fossa Eugeniana" bzw. "Altrhein" bei Rheinberg, Klärwerk "Emschermündung", Aufgebrachter Klärschlamm nahe der "Emscher" in Essen-Dellwig; Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/

Die *Fossa Eugeniiana* und der *Altrhein* repräsentieren Sedimentfallen für NORM-Hinterlassenschaften als Folge des weit nach Norden fortgeschrittenen Steinkohlenbergbaus im Ruhrgebiet. Am Klärwerk *Emschermündung* ist thermisch konditionierter Klärschlamm verfügbar, der aus der Reinigung bergbaulicher Wässer resultiert. In Essendellwig ist nahe der *Emscher* ein solcher ortsfremd als Auffüllmaterial benutzt worden (Herkunft ungewiss).

2.4.2 Kanal Fossa Eugeniiana/Altrhein

2.4.2.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Im nordwestlichen Ruhrgebiet und darüber hinaus ist der Steinkohlenbergbau mittlerweile bis zu den niederrheinischen Städten Kamp-Lintfort/Rheinberg bis auf eine Teufe von etwa 900 m, maximal 1.230 m unter der Geländeoberfläche fortgeschritten. Für die Sediment-Probeentnahme sind der *Altrhein* und dessen eingefasster Vorfluter *Fossa Eugeniiana* ausgewählt worden.

Die *Fossa Eugeniiana* ist ein ca. 5 m breiter, von der spanischen Königin Isabella zu Handelszwecken angelegter Kanal. Sie nimmt bergbauliche Abwässer der Schachtanlagen *Niederberg 1, 2, 5* und *Rossenray 1, 2* auf. Sie ist mit Geotextilien gegen den Untergrund abgedichtet und dadurch vom geologischen Untergrund abgekoppelt /Wiegand et al. 1996/. Außerhalb von Rheinberg fließt die *Fossa Eugeniiana* in Geländehöhe, aber innerhalb der Ortschaft befindet sich der Gewässerspiegel durch Eintiefung des Kanals deutlich unterhalb der Geländeoberfläche. Im weiteren Verlauf erfolgt der Zufluss des *Jenneckes Gatts*, der durch eine Schleuse abriegelbar ist. Ab hier trägt das Gewässer den Namen *Alter Rhein* und fließt wieder auf Geländeniveau, eingerahmt von zwei Deichen. Weiter östlich von Ossenberg wird der *Altrheinarm* durch eine Schleuse abgeriegelt. Von dort fließt das Gewässer kanalartig eingetieft bis zu seiner Mündung in den Rhein.

In Abbildung 18 sind die Probeentnahmestellen auf einer Karte eingetragen und Tabelle 12 enthält die entsprechenden Koordinaten.

In der näheren Umgebung der beprobten Gewässer wurden Referenzproben entnommen. Auch diese Entnahmestellen sind in der Karte von Abbildung 18 sowie in Tabelle 12 enthalten.

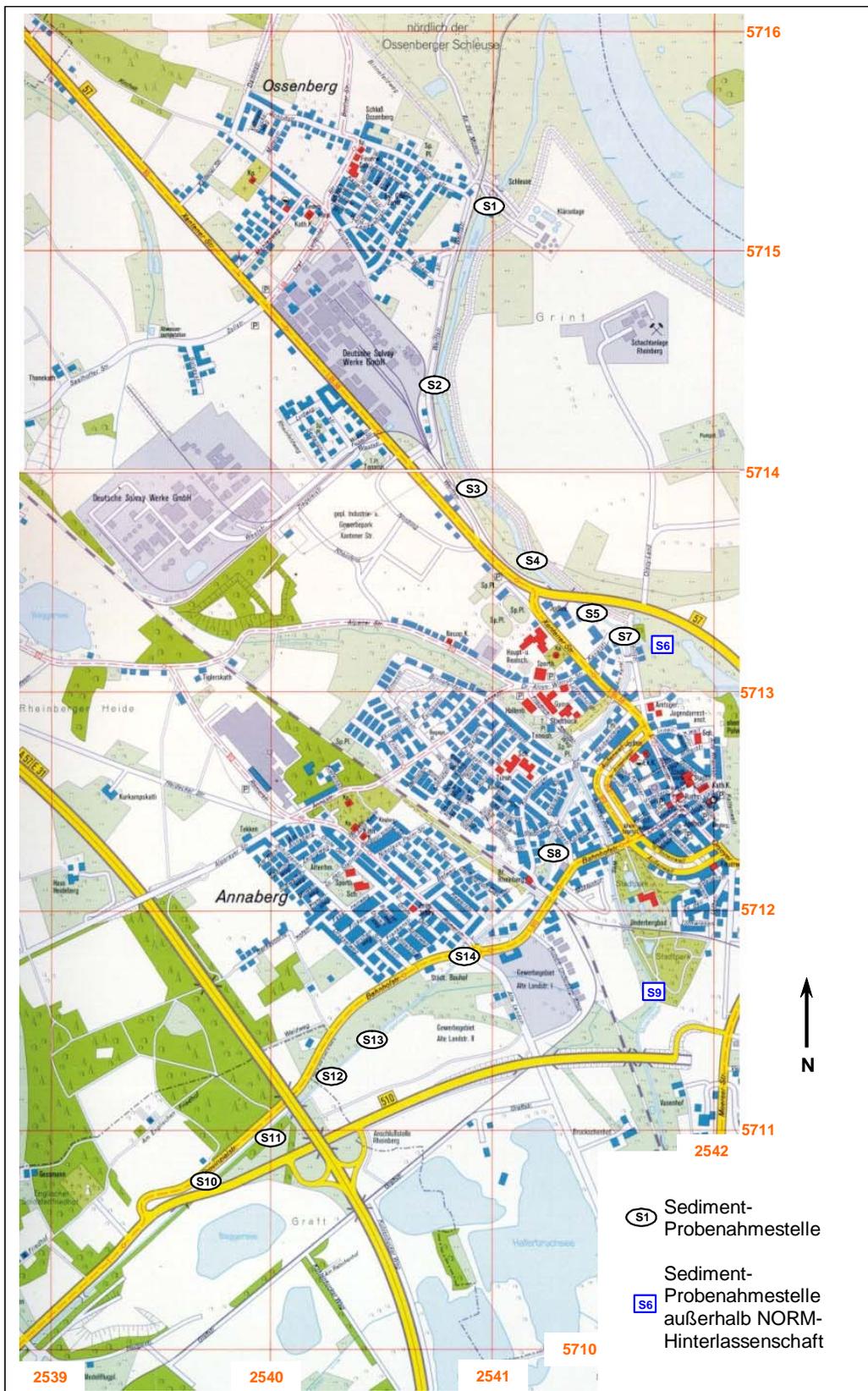


Abbildung 18: Sediment-Probennahmestellen entlang des Altrheins (S1-S7) und der Fossa Eugenia (S8-S14); Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/

Art	Lokalität	Hoch- und Rechtswerte	Probeentname
Sediment	Rheinberger Altrhein	2540982 5715232	S1
Sediment	Rheinberger Altrhein	2540753 5714451	S2
Sediment	Rheinberger Altrhein	2540911 5713963	S3
Sediment	Rheinberger Altrhein	2541156 5713634	S4
Sediment	Rheinberger Altrhein	2541352 5713464	S5
Sediment	Jenneckes Gatt	2541666 5713217	S6
Sediment	Rheinberger Altrhein	2541532 5713322	S7
Sediment	Fossa Eugeniana	2541257 5712297	S8
Sediment	Moersbach	2541731 5711616	S9
Sediment	Fossa Eugeniana	2539682 5710713	S10
Sediment	Fossa Eugeniana	2540007 5710987	S11
Sediment	Fossa Eugeniana	2540227 5711236	S12
Sediment	Fossa Eugeniana	2540494 5711491	S13
Sediment	Fossa Eugeniana	2540904 5711873	S14

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb der NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 12: Hoch- und Rechtswerte der Sediment-Probeentnahmestellen entlang der Fossa Eugeniana und des Altrheins

2.4.2.2 Messergebnisse

2.4.2.2.1 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der jeweiligen Proben sind Tabelle 12 zu entnehmen. Die Bezeichnung der Probeentnahmepunkte S 1 bis S 14 in Tabelle 12 ist jeweils identisch mit den in Abbildung 18 eingezeichneten Messpunkten.

Es wurde jeweils 100 ml Probenmaterial entnommen. Die Proben wurden getrocknet und in diesem Zustand im akkreditierten Strahlungsmesslabor des TÜV Süd mittels eines

hoch auflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Tabelle 13 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
S 1	15	80	80	54	20	20	1	2	414
S 2	33	71	72	43	29	24	1	0,5	405
S 3	21	230	230	118	45	47	2	1	514
S 4	16	26	28	12	33	30	2	2	494
S 5	32	157	156	118	35	38	2	0,5	571
S 6	10	105	105	75	29	28	2	1	453
S 7	25	304	304	49	72	66	2	4	522
S 8	30	2067	2064	.	498	473	.	.	292
S 9	26	32	34	82	38	41	2	4	360
S 10	.	3620	3617	645	489	537	.	.	504
S 11	.	2021	2018	172	370	392	.	.	287
S 12	39	2156	2154	164	274	320	.	.	471
S 13	.	912	911	242	206	206	.	.	284
S 14	15	1837	1835	272	366	354	.	.	371

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 12

Tabelle 13: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Sediment-Proben, die entlang des Altrheins (S1-S7) und der Fossa Eugeniana (S8-S14) entnommen wurden

2.4.2.3 Diskussion der Messergebnisse

Verglichen mit den beiden „Background-Proben“ sind die Sediment-Proben S 1, S 2, und S 4 nicht erhöht. Probe S 5 liegt leicht über dem natürlichen Aktivitätsniveau, aber in der Thorium-, Uran- und Actinium-Reihe unterhalb von 200 Bq/kg pro Radionuklid. Die Ra-226-Aktivität sowie die kurzlebigen Folgeprodukte der *Altrhein*-Sedimentprobe S 7 liegen bei ca. 300 Bq/kg.

Deutlich darüber, in einer Probe sogar mit mehr als 3000 Bq/kg für Ra-226 und kurzlebige Folgeprodukte, liegen alle Sedimente, die der *Fossa Eugeniana* entnommen wurden. In diesen Proben zeigen sich auch das Pb-210 bis maximal 645 Bq/kg sowie die Radionuklide Ra-228 und Th-228 bis maximal 537 Bq/kg deutlich erhöht.

K-40 schwankt, wie es bei natürlichen Proben üblich ist, und übersteigt nur unwesentlich die „Background-Werte“. U-238 liegt generell in allen Proben nicht erhöht vor. In der Actinium-Reihe wurden für einige Proben keine Messergebnisse angegeben, da die Messunsicherheiten aufgrund von Gammalinien-Interferenzen, an denen Radionuklide mit hohen Aktivitäten beteiligt sind (Ra-226, Ac-228), über den in Kapitel 1 angegebenen Werten liegen. In der Th-Reihe zeigen sich leicht ausgeprägte Aktivitäts-Ungleichgewichte.

2.4.3 Klärwerk Emschermündung

2.4.3.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Elf große Städte - darunter Dortmund, Bochum, Essen, Bottrop, und Duisburg - entwässern in den rechtsrheinischen Zufluss *Emscher*. Dabei werden Abwässer aus Haushalten, Industrie und Sumpfungswässer aus dem Steinkohlenbergbau vermischt und dann im Klärwerk *Emschermündung* gereinigt (vgl. Teil 3a).

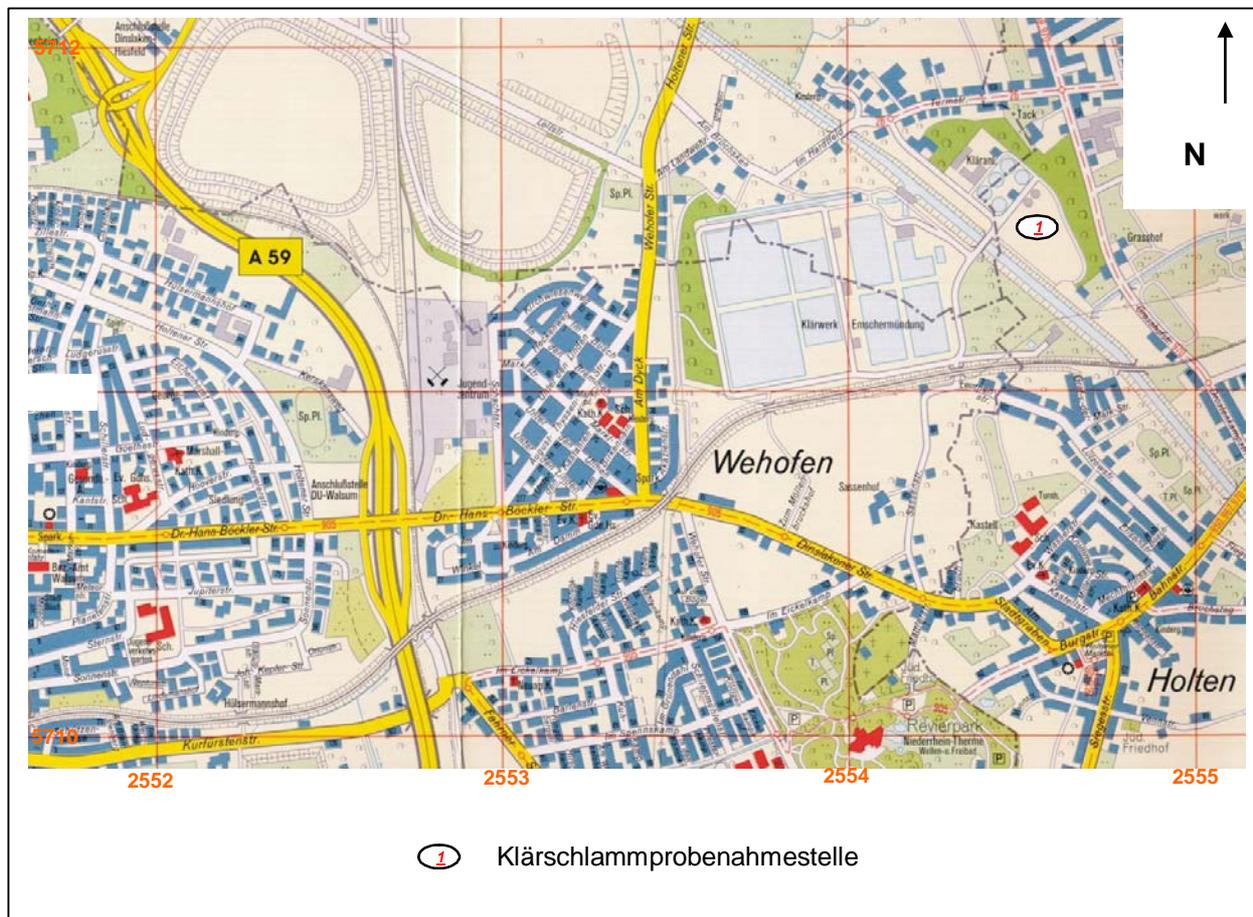
Das Klärwerk liegt 7,5 km oberhalb der *Emschermündung* im Schnittpunkt der Stadtgrenzen von Dinslaken, Duisburg und Oberhausen nahe der Ortschaft Holten (Abbildung 19). Durch ein Wehr in der *Emscher* wird der gesamte Abwasserstrom bis zu maximal 30 m³/s in das Klärwerk eingeleitet. Automatische Grob- und Feinrechen entfernen zunächst die sperrigen Stoffe. Danach werden Sand und feine Sinkstoffe durch Absetzen in den Sandfang zurückgehalten. Die leichteren Schmutzstoffe sinken in den nachgeschalteten großen Vorklärbecken als Klärschlamm zur Beckensohle ab. Schwimmstoffe wie Fette und Öle schwimmen dagegen zur Wasseroberfläche auf. Alle aus dem Abwasser entfernten Schmutzstoffe werden durch automatische Räumeinrichtungen abtransportiert.

Das mechanisch geklärte Abwasser wird über drei Pumpwerke in die Belebungsbecken der biologischen Klärstufe gefördert. In diesen Becken werden die gelösten Schmutzstoffe sowie Stickstoffverbindungen durch Abwasserbakterien biologisch abgebaut. Für ihre Lebensvorgänge benötigen sie Sauerstoff, der über Kreiselbelüfter an der Oberfläche und zusätzlich von der Beckensohle her über feinblasige Belüfter zugeführt wird. Um Geruchsemissionen zu vermeiden, sind die 90 Belebungsbecken abgedeckt. Das Abwasser-Belebtschlamm-Gemisch fließt aus den Belebungsbecken in die Nachklärbecken, wo der Belebtschlamm nach kurzem Aufenthalt zur Beckensohle sinkt. Das Abwasser ist nun sauber und fließt in die Emscher zurück.

Der Belebtschlamm wird durch Räumeinrichtungen entfernt und durch Schneckenpumpen in die Belebungsbecken zur erneuten Reinigungsarbeit zurück gefördert. Infolge der Aufnahme von Schmutzstoffen vermehrt sich der Schlamm, so dass ein Teil ständig als Überschussschlamm aus dem Prozess herausgezogen werden muss.

Anschließend wird der Überschussschlamm zusammen mit dem Vorklärschlamm gemischt und in den drei 42 Meter hohen, weithin sichtbaren Faulbehältern bei einer Temperatur von ca. 36 Grad Celsius ausgefault. Beim Faulprozess entsteht Gas, hauptsächlich Methan, das im Blockheizkraftwerk zur Erzeugung von Wärme und elektrischer Energie genutzt wird. Nach einer Faulzeit von 20 Tagen wird der ausgefaulte Schlamm durch Rohrleitungen auf einer 19,2 km langen Strecke entlang der Emscher nach Bottrop gepumpt. In der dortigen „Zentralen Schlammbehandlungsanlage“ werden die Schlämme entwässert und zum größten Teil mit Kohlenstaub angereichert und zu Brennstoff verarbei-

tet. Kleinere Mengen werden landbaulich oder in Wirbelschichtöfen für den eigenen Energiebedarf genutzt.



**Abbildung 19: Klärschlamm-Probenahmestelle am Klärwerk Emschermündung;
 Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/**

Bei der Probe handelt es sich um einen thermisch konditionierten Klärschlamm (Asche). Der Ort der Verbrennung ist nicht bekannt. Die Probe wurde bei einer Besichtigung des Klärwerkes zur Verfügung gestellt (Koordinaten des Klärwerkes siehe Tabelle 14).

Art	Lokalität	Hoch- und Rechtswerte	Probeentname
Klärschlamm	Klärwerk Emschermündung	2554481 5711498	KS 1

Tabelle 14: Hoch- und Rechtswerte der Probenahmestelle Klärwerk Emschermündung

2.4.3.2 Messergebnisse

2.4.3.2.1 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Position und die Bezeichnung der Probe sind Tabelle 14 zu entnehmen. In Abbildung 19 ist die Probeentnahme-Position eingezeichnet (Entnahme durch Klärwerk).

Die Klärschlamm-Probe (ca. 65 g) wurde im akkreditierten Strahlungsmesslabor des TÜV Süd mittels eines hoch auflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Tabelle 15 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
KS 1	62	1838	1836	251	344	448	4	.	386

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 14

Tabelle 15: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität einer thermisch konditionierten Klärschlamm-Probe vom Klärwerk Emschermündung

2.4.3.3 Diskussion der Messergebnisse

Innerhalb der Uran-Reihe zeigt die gemessene Klärschlamm-Probe eine Ra-226-Aktivität von nahezu 2000 Bq/kg. Da das Radon aus dem Klärschlamm nicht emaniert, befindet es sich zusammen mit den kurzlebigen Folgeprodukten Po-218, Pb-214, Bi-214 und Po-214 auf dem gleichen Aktivitätslevel. Das längerlebige Pb-210 hingegen hat mit ca. 250 Bq/kg zwar ebenfalls eine erhöhte Aktivität, aber noch kein Gleichgewicht zum Rn-222 erreicht.

Auch in der Thorium-Reihe handelt es sich mit ca. 400 Bq/kg im Mittel für Ra-228 und Th-228 um deutlich erhöhte massenbezogene Aktivitäten. Mit dem Ra-228 befindet sich das kurzlebige Radionuklid Ac-228 im radioaktiven Gleichgewicht und mit dem Th-228 das Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (36 % Aktivitätsanteil aufgrund einer Zerfalls-Verzweigung), Po-212 (64 % Aktivitätsanteil). Aufgrund seiner kurzen Halbwertszeit von 55,6 s ist mit einer messbaren Emanation des Rn-220 nicht zu rechnen. Die Aktivität von Th-232 konnte mit der verwendeten Messanordnung nicht mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden.

2.4.4 In die Emscher einleitender Abwasserkanal

2.4.4.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Westlich des im nördlichen *Essener* Stadtteils *Dellwig* gelegenen „*Gewerbegebietes Prosper I*“ tritt auf kurzer Strecke ein Abwasserkanal zutage, der das im Gewerbegebiet anfallende Abwasser in die *Emscher* entwässert. Möglicherweise handelt es sich bei dem industriellen Abwasser um Schleif- und Sägeflüssigkeiten des benachbarten Steinmetzbetriebes. Laut /Feige, 1997/ waren in dem in der Grabenmitte abgesetzten Sediment selbst keine erhöhten γ -Aktivitäten festzustellen. Eine RDA-Analyse derselben Probe unterstützt diese Annahme, da es sich vornehmlich um Calcit, Gips, Quarz und Illit handelt und der das Ra-226 bindende Baryt fehlt. Dieser Umstand legt nahe, dass die dort gemessenen erhöhten ODL-Messwerte nicht von dem Gewässer selbst bzw. das in ihm ausfallende Sediment herrühren, sondern von dem Klärschlamm, der im Abwasserkanal abgelagert ist. Die genaue Entnahmestelle der Klärschlammprobe ist in Abbildung 20 dargestellt.

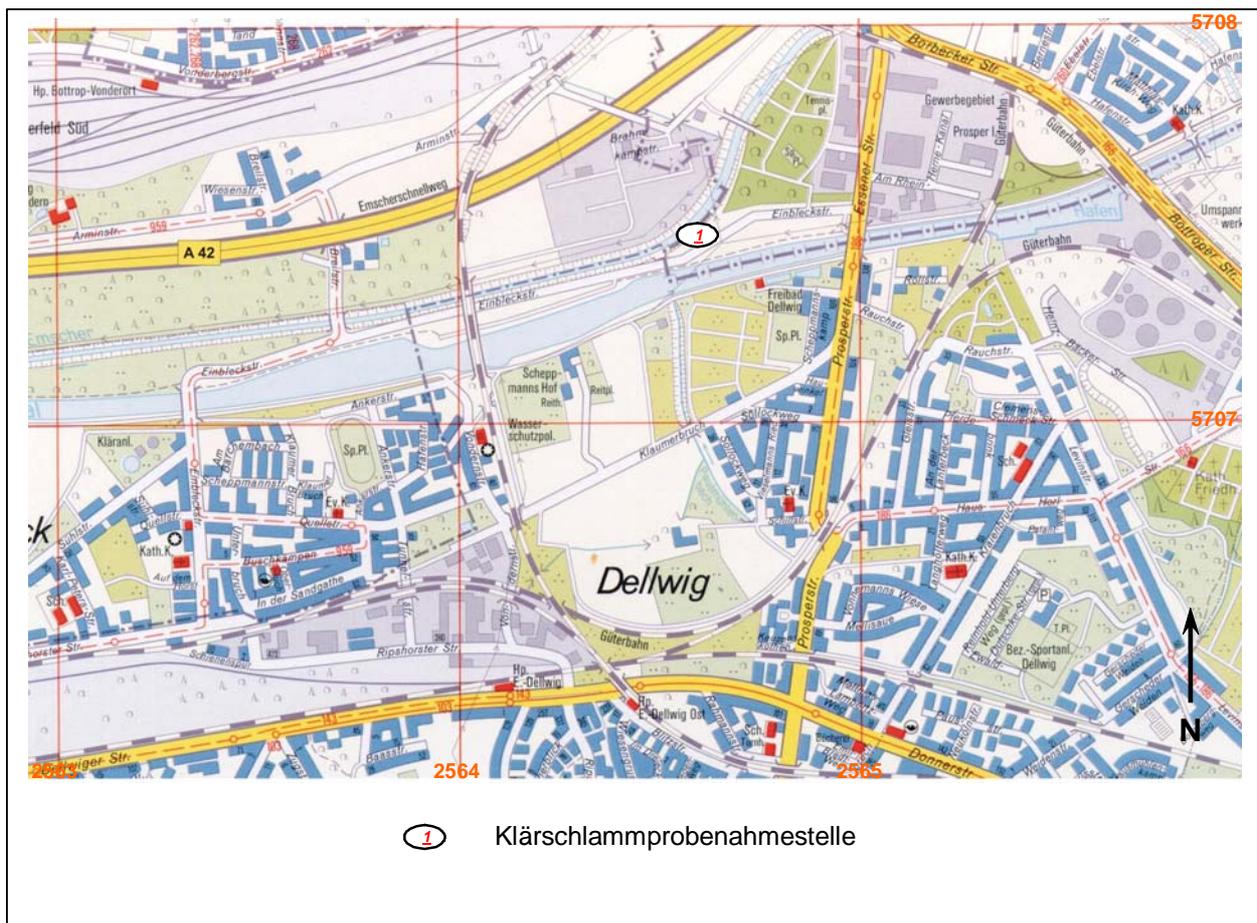


Abbildung 20: Klärschlamm-Probenahmestelle in einem in die Emscher einleitenden Abwasserkanal; Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/

Um den Kontaminationsherd genau lokalisieren zu können, ist ein ODL-Messprofil bestehend aus 5 ODL-Einzelmessungen angelegt worden, dessen genauer Verlauf aus Abbildung 21 ersichtlich ist.

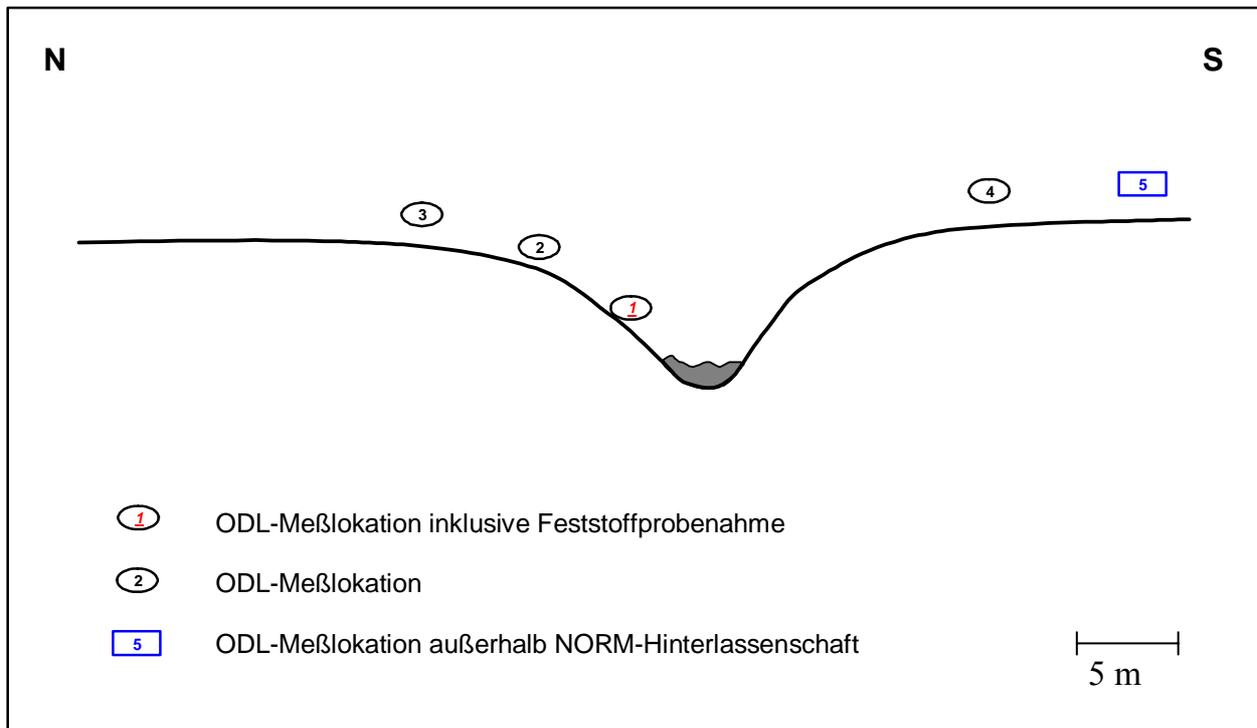


Abbildung 21: Profilverlauf am NORM-Standort „Abwasserkanal, Emscher, Essen-Dellwig“

2.4.4.2 Messergebnisse

2.4.4.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt.

In Tabelle 16 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 20 und Abbildung 21 eingezeichneten Mess- und Entnahmepunkte.

Tabelle 16 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 1 ist angegeben, an welcher Position die Feststoff-Probe entnommen wurde.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: bedeckt	
Standort: E-Dellwig, Emscher			Blatt: TK 25, 4407 Bottrop			Datum: 22.11.2004	
Messgerät: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E				Datenerfasser: Leopold			
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff-Probennahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	steil; flach; eben	
1	2564672	5707568	570	f	o	s	KS 2
2	2564670	5707573	300	f	o	f	.
3	2564672	5707577	250	f	o	f	.
4	2564671	5707561	120	f	o	e	.
5	2564673	5707557	80	f	o	e	.

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 16: -Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Abwasserkanal, Emscher, Essen-Dellwig“

2.4.4.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der Probe sind Tabelle 16 zu entnehmen.

Die Klärschlamm-Probe wurde unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen. Tabelle 17 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								K-40
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
KS 2	29	1906	1904	715	29	33	6	2	501

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 16

Tabelle 17: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität einer Klärschlamm-Probe, die am NORM-Standort „Abwasserkanal, Emscher, Essen-Dellwig“ entnommen wurde

2.4.4.3 Diskussion der Messergebnisse

Mit Annäherung an die Grabensohle nimmt die ODL deutlich zu (tlw. auch in der Änderung der Messgeometrie begründet) und erreicht fast 600 nSv/h. Diese hohe Dosisleistung zeigt sich auch in den Aktivitäten, die mit nahezu 2000 Bq/kg beim Ra-226 ähnlich hohe

Werte wie beim *Klärwerk Emschermündung* erreichen (vgl. Kap. 2.4.3.3). Allerdings sind bei vorliegender Probe die Aktivitäten in der Th-Reihe nicht erhöht.

2.5 Flora und Fauna

2.5.1 Lage

Flora- und Fauna-Proben wurden entlang der *Fossa Eugeniana* und des *Altrheins* entnommen /Schmidt, 2001/.

Die größtenteils eingefasste *Fossa Eugeniana* und der *Altrhein* sind vom weit nach Norden fortgeschrittenen Steinkohlenbergbau im Ruhrgebiet beeinträchtigt (Abbildung 22). Eine genauere Beschreibung beider Fließgewässer findet sich in Kapitel 2.4.2.1 (entlang dieser Gewässer erfolgte auch die Entnahme von Sedimenten).

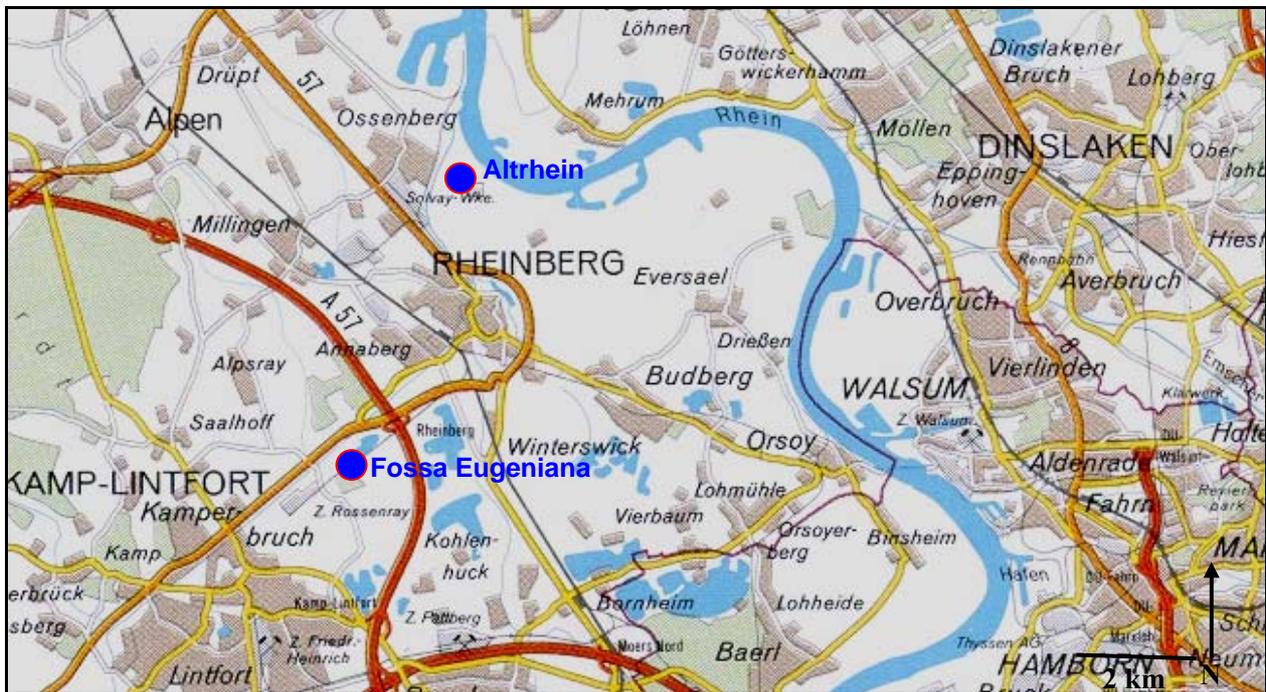


Abbildung 22: Geographische Lage der Entnahmestellen für Flora- und Fauna-Proben nordwestlich des Ruhrgebietes: „Fossa Eugeniana“, „Alter Rhein“; Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/

2.5.2 Flora

2.5.2.1 Aquatische Pflanzen

2.5.2.1.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Aus der *Fossa Eugeniana* wurden Wasserpflanzen an einem Punkt (FA 1) entnommen, dessen Hoch- und Rechtswert in Tabelle 18 angegeben ist.

Art	Gewässer	Rechtswert	Hochwert	Probeentnahme
Wasserpflanzen	Fossa Eugeniana	2538571	5709743	FA 1

Tabelle 18: Hoch- und Rechtswert der Probeentnahmestelle für die Wasserpflanzen an der *Fossa Eugeniana*

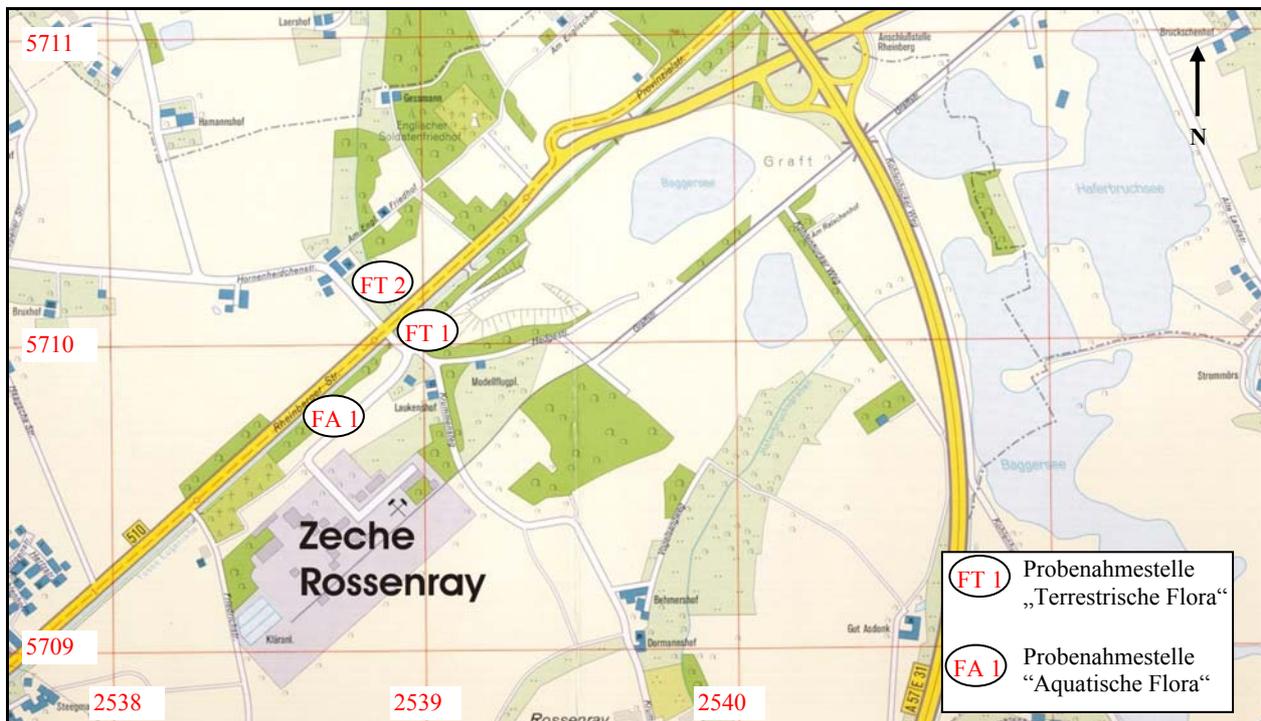


Abbildung 23: Flora-Probenahmestellen an der *Fossa Eugeniana*
 größerer Kartenausschnitt s. Abbildung 18; Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/

Die Entnahme erfolgte ca. 0,4 km abstromig des Einleitungsbauwerkes der Zeche *Rossenray* aus einem Container (Abbildung 23). In diesen Container gelangen die Pflanzen durch einen automatischen Rechen, der dem Wasser Feststoffe entzieht, bevor dieses unterirdisch abgepumpt wird. Nach Zutagetreten der *Fossa Eugeniana* am Pumpwerk Krum-

mensteg sind bis zur Mündung in den Rhein keine weiteren Wasserpflanzen vorhanden. Insgesamt wurden drei Pflanzenproben entnommen, wobei es sich um eine Algenart (*Cladophora spec.*) und eine Wassersternart (*Callitrichaceae spec.*) handelt.

2.5.2.1.2 Messergebnisse

Die Entnahme-Position der Wasserpflanzen ist in Tabelle 18 aufgeführt sowie aus Abbildung 23 ersichtlich.

Es wurden jeweils ca. 10 Liter Probenmaterial entnommen, getrocknet und verascht. Die Proben wurden dann anschließend im Strahlenmesslabor der Universität Essen gamma-spektrometrisch analysiert. Tabelle 19 enthält die Messergebnisse.

Lokalität	Pflanzenart	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)		
		U-Reihe		Th-Reihe
		Ra-226	Pb-210	Ra-228
FA 1	Alge	4141	512	832
	Wasserstern	40	50	17
	Wasserstern	47	26	37

Tabelle 19: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Wasserpflanzen-Proben, die der „Fossa Eugeni-ana“ entnommen wurden

2.5.2.1.3 Diskussion der Messergebnisse

Durchschnittliche Aktivitätskonzentrationen von Wasserpflanzen außerhalb von NORM-Standorten liegen im Bereich von 10 bis 30 Bq/kg für Ra-226.

Die Algenprobe enthält im Vergleich dazu sehr hohe Aktivitätskonzentrationen der gemessenen Radionuklide Ra-226, Ra-228 und Pb-210, wobei Ra-226 die höchste Aktivitätskonzentration aufweist (Tabelle 19). Innerhalb der Uran-Reihe befindet sich Ra-226 und Pb-210 nicht im Gleichgewicht.

Der Wasserstern zeigt im Vergleich zur Alge je nach Radionuklid um ein bis zwei Größenordnungen niedrigere Aktivitäten und deutlich geringere Gleichgewichtsabweichungen zwischen Ra-226 und Pb-210. Bei der ersten Wasserstern-Probe in Tabelle 19 liegt die Gleichgewichtsabweichung innerhalb des Schwankungsbereiches der 2- σ -Messabweichungen.

2.5.2.2 Terrestrische Pflanzen

2.5.2.2.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Als terrestrische Pflanzen wurden Gräser gewählt, da im gesamten Untersuchungsgebiet in unmittelbarer Ufernähe oder im vom Hochwasser beeinflussten Bereich kein anderer Bewuchs - wie z. B. Getreide – anzutreffen ist.

Die ersten beiden Entnahmestellen befinden sich entlang der *Fossa Eugeni*ana am Pumpwerk Krummensteg (Abbildung 23), einmal in unmittelbarer Ufernähe (FT 1), so dass die Gräser bei erhöhten Wasserständen mit diesen in Berührung kommen, und zum anderen im hochwasserunbeeinflussten Bereich (FT 2).

Die beiden anderen Entnahmestellen liegen etwa 0,5 km flussaufwärts der Schleuse Ossenberg am Altrhein (Abbildung 24). Wiederum wurde in einen ufernahen (FT 3) und einen vom Hochwasser unbeeinflussten Bereich (FT 4) unterschieden.

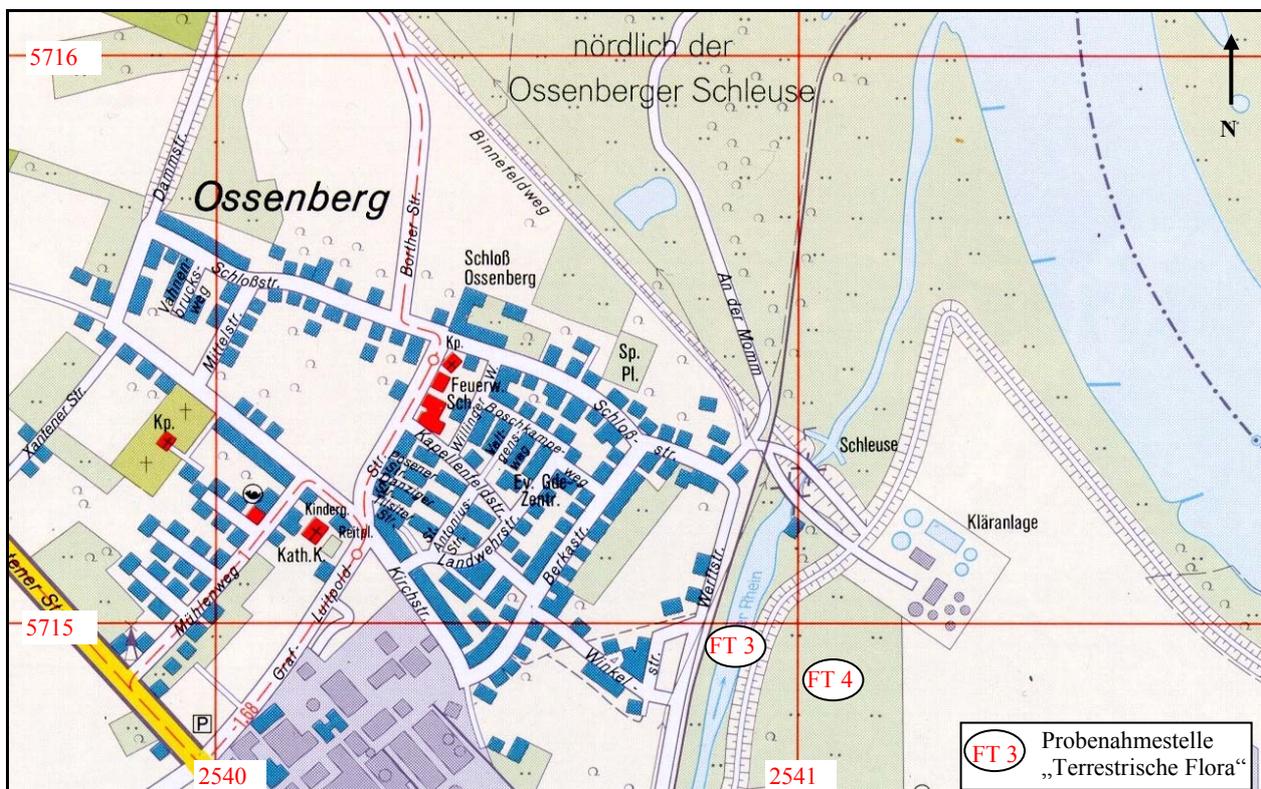


Abbildung 24: Flora-Probenahmestellen am Altrhein
größerer Kartenausschnitt s. Abbildung 18; Karte: /ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997/

Die Beprobung fand jeweils einmal in 1998 und 1999 statt. Die Hoch- und Rechtswerte der vier Lokalitäten sind in Tabelle 20 angegeben.

Art	Gewässer	Rechtswert	Hochwert	Entnahmebereich	Probeentnahme
Landflanzen	Fossa Eugeniana	2538912	5710017	ufernah	FT 1
		2538796	5710203	uferfern	FT 2
	Altrhein	2540813	5714938	Uferbereich	FT 3
		2541063	5714902	uferfern	FT 4

Tabelle 20: Hoch- und Rechtswerte der Probeentnahmestelle für die terrestrischen Pflanzen an der Fossa Eugeniana und am Altrhein

2.5.2.2.2 Messergebnisse

Die Entnahme-Positionen der Pflanzen sind in Tabelle 20 aufgeführt sowie aus Abbildung 23 und Abbildung 24 ersichtlich.

Wie bei den Wasserpflanzen wurden jeweils ca. 10 Liter Probenmaterial entnommen, getrocknet, verascht und gammasspektrometrisch analysiert. Tabelle 21 enthält die Messergebnisse.

Lokalität		Pflanzenart	Jahr der Probeentnahme	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)		
				U-Reihe		Th-Reihe
				Ra-226	Pb-210	Ra-228
Fossa Eugeniana	FT 1	Honiggras (<i>Holcus lanatus</i>)	1998	8,3	25	4,3
		Schwingel (<i>Festuca pratensis</i>)	1999	28	25	14
	FT 2	Schmiele (<i>Deschampsia flexuosa</i>)	1998	< 4,7	30	< 5,4
		Schwingel (<i>Festuca pratensis</i>)	1999	< 3,8	37	< 4,2
Altrhein	FT 3	Reitgras (<i>Calamagrostis epigeios</i>)	1998	< 2,6	11	< 2,8
		Segge (<i>Carex spec.</i>)	1999	31	< 21	11
	FT 4	Quecke (<i>Agropyron repens</i>)	1998	< 1,9	17	< 3,5
		Knäuelgras (<i>Dactylis glomerata</i>)	1999	< 3,2	< 20	< 5,9

Tabelle 21: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von terrestrischen Pflanzen-Proben, die der „Fossa Eugeniana“ und dem „Alten Rhein“ entnommen wurden

2.5.2.2.3 Diskussion der Messergebnisse

Durchschnittliche Aktivitätskonzentrationen von Landpflanzen außerhalb von NORM-Standorten liegen im Bereich von < 5 Bq/kg für Ra-226.

In den analysierten Grasproben liegen die Aktivitätskonzentrationen der untersuchten Radionuklide Ra-226 und Ra-228 in 5 von 8 Fällen unterhalb der Nachweisgrenze. Dagegen konnte Pb-210 bis auf zwei Ausnahmen in allen Proben nachgewiesen werden.

Ra-226 wurde nur in den beiden ufernahen Proben der Messstelle FT 1 und in einer der Messstelle FT 3 nachgewiesen. Generell nimmt die Ra-226-Aktivitätskonzentration mit zunehmender Entfernung zum Ufer ab. Die deutlich erhöhten Radium-Konzentrationen der beiden ufernahen Proben aus dem Jahr 1999 sind vermutlich auf ein sehr lange andauerndes Hochwasser zurückzuführen, welches erst zwei Wochen vor der Probenahme beendet war. Auch das Nuklid Ra-228 wurde nur in den ufernahen Grasproben nachgewiesen, allerdings in geringeren Aktivitätskonzentrationen als Ra-226.

2.5.3 Fauna

2.5.3.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

An der *Fossa Eugeniana* wurden zweimal Bachflohkrebse (*Gammarus spec.*) beprobt. Die erste Probeentnahmestelle ist identisch mit FA 1 (Abbildung 23), die Probe wurde aus einem Container, der ca. 0,4 km abstromig der Einleitung des Bergwerkes *Rossenray* platziert ist, im Zusammenhang mit der Algenprobe entnommen. Die zweite Probeentnahmestelle ist identisch mit FT 1 (Abbildung 23), die Probe wurde am Pumpwerk Krummensteg mit Hilfe eines Siebes gesammelt.

2.5.3.2 Messergebnisse

Die Entnahme-Positionen der Wassertiere sind in Tabelle 18 und Tabelle 20 aufgeführt und aus Abbildung 23 ersichtlich.

Es wurden jeweils ca. 0,5 Liter Probenmaterial entnommen, getrocknet und verascht. Die Proben wurden dann anschließend im Strahlenmesslabor der Universität Essen gamma-spektrometrisch analysiert. Tabelle 22 enthält die Messergebnisse.

Lokalität	Tierart	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)		
		U-Reihe		Th-Reihe
		Ra-226	Pb-210	Ra-228
FA 1	Gammariden	213	< 182	141
FT 1		305	< 343	249

Tabelle 22: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Bachflohkrebsen, die der „Fossa Eugeniana“ entnommen wurden

2.5.3.3 Diskussion der Messergebnisse

Beide Analysen der Bachflohkrebsen zeigen vergleichbare Ergebnisse. So wurde in beiden Proben kein Pb-210 nachgewiesen (bei allerdings relativ hoher Nachweisgrenze). Die Ra-226-Aktivitätskonzentration ist in den untersuchten Proben größer als die Ra-228-Aktivitätskonzentration. Die großen Fehler dieser Messungen beruhen auf der geringen Masse der analysierten Proben.

2.6 Bergsenkungen

2.6.1 Einführung

In vorliegendem Kapitel wird der mögliche Einfluss von Bergsenkungen auf das Bodenradonpotential und den Radon-Eintritt in die Gebäude geschildert und es wird ein Studien-Design für den experimentellen Nachweis der diskutierten Zusammenhänge angegeben.

Der untertägig betriebene Steinkohlebergbau des Ruhrreviers führt zu einer Senkung der Geländeoberfläche. Das Ausmaß der Senkung kann durch Verfüllen der abgebauten Kohleflöze zum Teil kompensiert werden. Mit der Senkung geht infolge der bruchhaften Deformation der Gesteine eine Auflockerung des Gebirges einher, die zum Hangenden abnimmt. Auch ganz oberflächennah - im Bereich des Bodens – kommt es durch Spannungsänderungen zu einer Umlagerung der Mineralkörner, was sich besonders auf die Größe und Verteilung der Poren und damit auf die Permeabilität und den Wassergehalt des Bodens auswirkt. Von dieser Änderung bodenphysikalischer Zustände sind sowohl die Radon-Emanation als auch insbesondere die –Migration betroffen, so dass Bergsenkungen einen Einfluss auf das Boden-Radonpotential zeigen. Hierbei stehen vorwiegend die Änderungen von diffusen/konvektiven Bedingungen bei der Radon-Migration im Vordergrund.

2.6.2 Formen der Bergsenkungen

Die Senkungen treten hauptsächlich in Form linearer Unstetigkeitszonen sowie trog- bis grabenförmiger Einsenkungen auf. Die linearen Unstetigkeitszonen stellen anthropogen reaktivierte, geogene Störungen oder neu angelegte anthropogene Störungen dar. Entlang solcher Unstetigkeitszonen ist vorwiegend mit einer Dilatation zu rechnen. Die größer dimensionierten, trog- bis grabenförmigen Einsenkungen weisen dagegen entlang ihrer Mittelachse kompressive und an ihren Flanken dilatative Bedingungen auf.

2.6.3 Prozesse der Einflussnahme

In erster Näherung kann die Erhöhung bzw. Erniedrigung der Bodengas-Permeabilität als der entscheidende Parameter für den Einfluss auf das Boden-Radonpotential gesehen werden. Während sich bei einer Erhöhung der Permeabilität der teufenabhängige Radon-Konzentrationsgradient in der Bodenluft verflacht, steigt dieser bei einer Erniedrigung der Permeabilität. Das bedeutet, dass in den kompressiven Bereichen der Senkungströge die Radon-Migration unter eher diffusiven Bedingungen stattfindet, während sich in den dilatativen Bereichen von Senkungströgen und Unstetigkeitszonen Radon (neben Diffusion) auch stärker konvektiv bewegen kann. Dabei ist von Bedeutung, dass die Radon-Quellen nicht die in Abbau befindlichen Oberkarbon-Schichten sind, sondern der oberflächennahe Untergrund. Es ist von Radon-Migrationsweiten im Bereich weniger Meter auszugehen.

2.6.4 Stand der Wissenschaft

Untersuchungen zum bergbaubedingten Einfluss auf das Boden-Radonpotential haben ergeben, dass sich die dilatativen Bereiche der Senkungströge und Unstetigkeitszonen durch deutlich positive wie schwach negative Radon-Anomalien in der Bodenluft auszeichnen. Die positiven Anomalien sind auf ein Vorherrschen von konvektiven Bedingungen zurückzuführen. Vor allem die Temperaturdifferenz zwischen einer kalten Atmosphärenluft und einer warmen Bodenluft (Winter), aber auch Luftdruckänderungen fungieren als starker Motor der Konvektion. Dagegen werden negative Anomalien unter diffusiven Bedingungen gemessen, wenn sich der teufenabhängige Radon-Konzentrationsgradient in der Bodenluft verflacht. Besonders in der kalten Jahreszeit können die Unstetigkeitszonen als „Bodenluftschnornsteine“ fungieren. Dieser Effekt kann in zumindest schwach reliefierten Gebieten noch verstärkt werden.

2.6.5 Radon-Eintritt in Gebäude

Der Eintritt von Radon in die Gebäude wird durch mögliche Bergschäden an den Gebäuden deutlich erleichtert. Hinzukommt, dass sich das hohe Boden-Radonpotential in den Wintermonaten durch eine verringerte Lüftung und durch das Heizen der Gebäude (schafft Unterdruck im Haus relativ zum Boden) gut in die Gebäude durchpausen wird.

Aus diesen Gründen ist zu erwarten, dass in den dilatativen Bereichen während der Wintermonate Radon verstärkt in die Gebäude gelangt, während in den Sommermonaten das Boden-Radonpotential abnimmt (was aber durch die Bergschäden an den Gebäuden überkompensiert werden kann).

2.6.6 Studien-Design für experimentellen Nachweis

Ein experimenteller Nachweis des kausalen Zusammenhanges zwischen Radon-Konzentrationen in Gebäuden und dem Bergbau wird nur schwer erbracht werden können. Zwei mögliche Untersuchungskonzepte bieten sich an:

1. In einem bebauten Gebiet, das vom Bergbau in naher Zukunft unterfahren wird, werden Messungen in Gebäuden vor, während und nach der Unterfahrung gemacht. Eine größere Anzahl von Messpunkten ist notwendig, um auch genügend berggeschädigte Häuser zu beobachten. Parallel dazu werden Messungen in der Bodenluft durchgeführt.
2. Es werden zwei bis drei bebaute Gebiete ausgewählt, die nur teilweise vom Bergbau betroffen sind. Die Messungen werden in den Gebäuden und der Bodenluft in beiden Teilbereichen durchgeführt. Dabei sollen sich Geologie, Boden, Relief und Gebäudetyp möglichst wenig unterscheiden.

Die Dauer der ersten Studie wird mit ca. 2 Jahren Messumfang (Gesamtdauer ca. 2,5 Jahre) deutlich größer sein, da dieselben Jahreszeiten (mit/ohne Bergbau) verglichen werden müssen. Dieser Ansatz liefert aber noch die beste Möglichkeit einen Nachweis zwischen Radon in Gebäuden und Bergbau zu bringen, da dieselben Messlokationen miteinander verglichen werden können. Die Dauer der zweiten Studie wird einen Messumfang von ca. 1 Jahr haben (Gesamtdauer ca. 1,5 - 2 Jahre). Hier liegt der Vorteil, dass direkt eine hinreichend große Anzahl von geschädigten/ungeschädigten Gebäuden ausgewählt werden kann.

3 SAARREVIER

3.1 Allgemeines

Auch im zweitgrößten deutschen Steinkohle-Fördergebiet, dem Saarland, wurden Untersuchungen zum radiologischen Status durchgeführt.

Nach Überprüfung der im Rahmen von Teil 3a ermittelten Beprobungslokalationen von NORM-Hinterlassenschaften im Saarrevier und entsprechender Ergänzung durch geeignetes Kartenmaterial konnten am 08. und 09. Februar 2005 orientierende Feld-Untersuchungen an vier Absetzteichen ehemaliger Bergbauanlagen im Saarland vorgenommen werden.

Auf die Beprobung von Halden wurde verzichtet, da hier ähnliche Verhältnisse wie im Ruhrgebiet zu erwarten sind.

Interesse an der Beprobung von Absetzteichen bestand vor allem deshalb, da den Autoren vergleichbare Untersuchungen in dieser Region nicht bekannt waren.

Zur orientierenden radiologischen Untersuchung der ausgewählten Standorte, wurde entlang der Uferlinie der Absetzteiche, die jeweilige Orts-Dosis-Leistung (ODL) mit einem Szintillationszählrohr der Firma *Ludlum* (Model 316-3 Gate Frisker), an je etwa 20 Messpunkten gemessen. Die jeweiligen Rechts- und Hochwerte der Messpunkte wurden mit einem GPS-Empfänger der Marke *Garmin* bestimmt.

An dafür geeigneten und sicher zugänglichen Stellen wurden zusätzlich Sedimentproben der Absetzteiche entnommen und in Marinelli-Becher abgefüllt.

Die Probenaufbereitung (vornehmlich das Trocknen im Anschluss an das Messen) und die gammaspektrometrische Analyse erfolgten beim TÜV Süd.

3.2 Absetzteiche

3.2.1 Lage

Im Saarrevier wurden 4 Absetzteiche des Steinkohlebergbaus untersucht:

- Absinkweiher *Landsweiler-Reden*, identisch mit Absinkweiher *Brönnchestal*
- Absetzteich *Fischbachthalweiher*
- Absetzteich *Absinkweiher* (bei Fischbach)
- Absinkweiher *Merchweiler*, identisch mit Absinkweiher *Hahnwies*

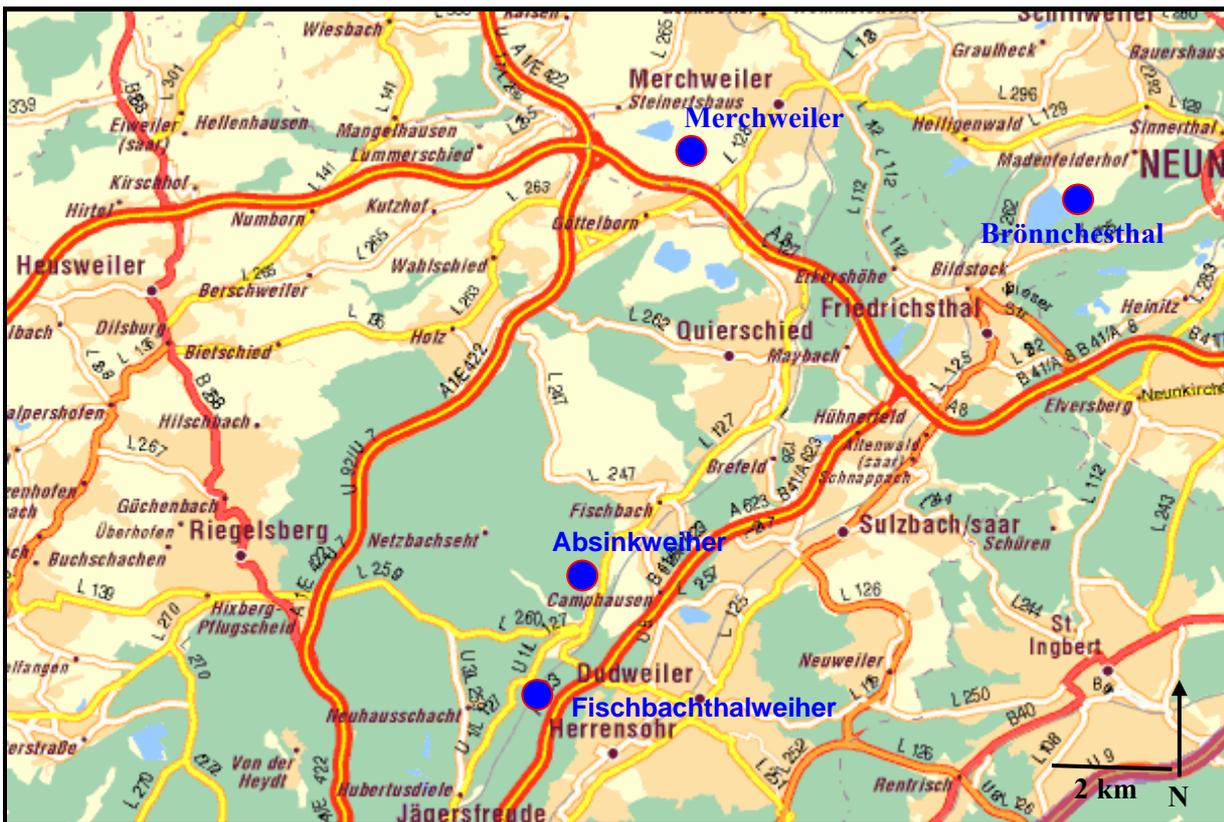


Abbildung 25: Übersichtskarte zu den untersuchten Steinkohle-Absetzteichen im Saarrevier;
Karte: www.viamichelin.com

Die zur Untersuchung ausgewählten Absetzteiche liegen alle im Saarland, in der Nähe von Saarbrücken. Ihre geographische Lage ist in Abbildung 25 in einer Übersicht dargestellt. Die genaue Lage wird in den jeweiligen Kapiteln 2.1. bis 2.4., näher beschrieben.

3.2.2 Absetzteich Absinkweiher

3.2.2.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Der als *Absinkweiher* bezeichnete Absetzteich liegt etwa 1 km südwestlich des südlichen Ortsendes von Fischbach, direkt westlich der Landstrasse L 127 von Fischbach Richtung Saarbrücken. Der *Absinkweiher* befindet sich genau gegenüber der Halde des ehemaligen Bergwerks Camphausen. Der etwa 200 m lange und 70 m breite Weiher ist, dank eines Besucherparkplatzes und des stark frequentierten am Fischbach entlang führenden Rad- und Wanderweges, gut zu erreichen. Das Nord- und Süd- sowie das Ostufer liegen sehr flach, lediglich das Westufer fällt steil ein. So konnten die ODL - Messungen rund um den Absetzteich durchgeführt werden.

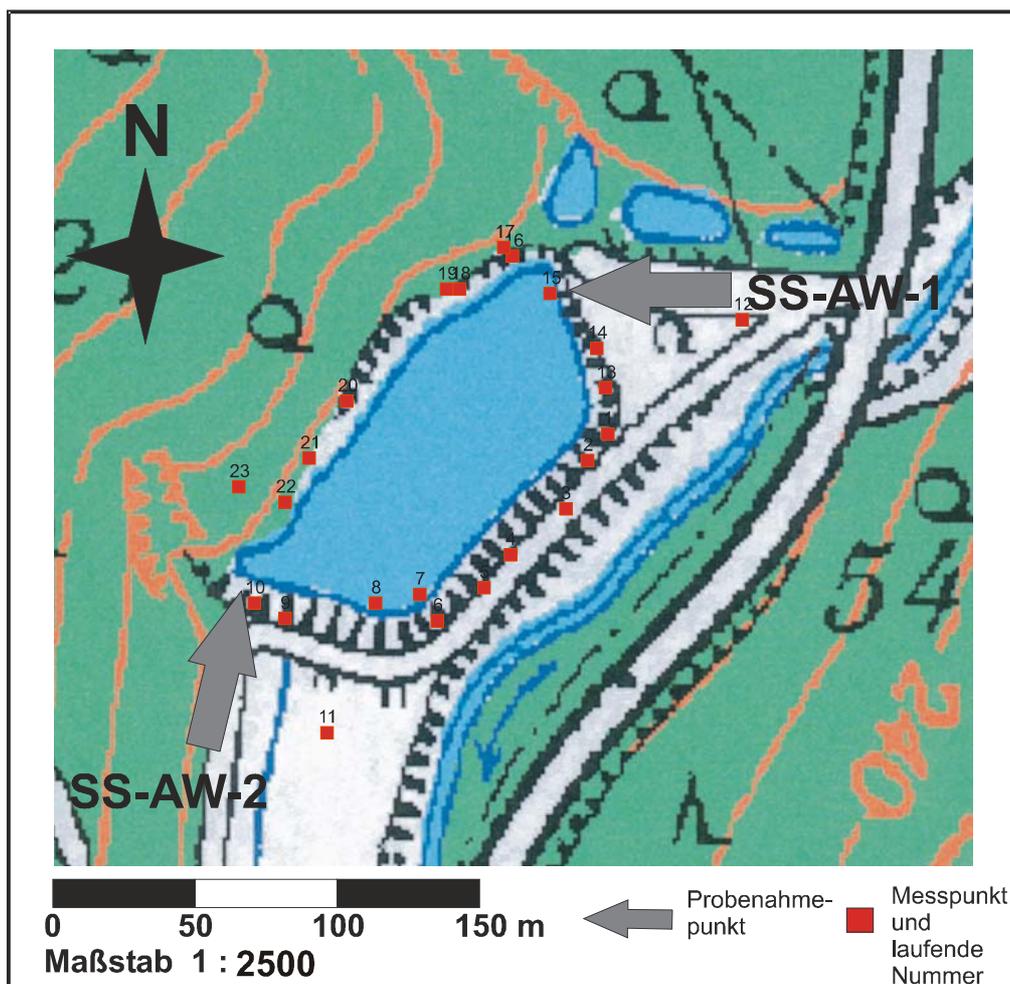


Abbildung 26: Lokationen am NORM-Standort „Absetzteich Absinkweiher“

Es wurden 20 ODL-Messungen im Uferbereich, sowie 4 ODL-Messungen vom Ufer entfernt als Referenzmessungen durchgeführt. Zudem wurden zwei Sedimentproben des Absetzteiches entnommen. Die Lage der Mess- und Probeentnahmepunkte ist in Abbildung 26 graphisch dargestellt.

3.2.2.2 Messergebnisse

3.2.2.2.1 Gamma-Dosisleistung

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: sonnig	
Standort: <i>Absinkweiher</i> , bei Fischbach						Datum: 08.02.2005	
Messgerät: Ludlum Model 316-3 Gate Frisker				Datenerfasser: Beck			
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff- Probe- nahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	flach; eben	
1	2573837	5462885	75	f	G	s	.
2	2573828	5462873	85	f	G	s	.
3	2573818	5462851	70	f	G	s	.
4	2573793	5462830	80	f	G	s	.
5	2573781	5462815	75	f	G	s	.
6	2573760	5462800	80	f	G	s	.
7	2573752	5462812	85	f	G	e	.
8	2573732	5462808	80	f	o	e	.
9	2573691	5462801	80	f	o	f	.
10	2573677	5462808	78	n	o	e	SS-AW-1
11	2573710	5462749	80	f	G	e	.
12	2573898	5462937	75	f	G	e	.
13	2573836	5462906	85	f	o	f	.
14	2573832	5462924	90	f	o	e	.
15	2573811	5462949	90	f	o	s	SS-AW-2
16	2573794	5462966	80	f	o	s	.
17	2573790	5462970	70	t	o	f	.
18	2573770	5462951	70	t	o	e	.
19	2573764	5462951	70	t	e	s	.
20	2573719	5462900	60	t	l	s	.
21	2573837	2573702	55	t	l	s	.
22	2573828	2573691	60	t	l	s	.
23	2573818	2573670	70	f	l	f	.
24	2573793	2573708	70	f	l	s	.

Grau unterlegt: Referenzmessungen außerhalb der NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 23: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Absinkweiher“

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 23 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 26 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 23 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag und zur Geländebeschaffenheit (Bodenfeuchte, Bodenbewuchs Bodenneigung).

In Tabelle 23 ist angegeben, an welchen Positionen die Feststoff-Proben entnommen wurden.

3.2.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der Proben sind Tabelle 23 zu entnehmen.

Es wurde jeweils 1 Liter Probenmaterial in einer Tiefe bis zu ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlungsmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen. Tabelle 24 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
SS-AW-1	42	41	40	77	61	59	2	3	949
SS-AW-2	43	37	36	18	57	57	2	2	975

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 23

Tabelle 24: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Proben, die am NORM-Standort „Absinkweiher“ entnommen wurden

3.2.2.3 Diskussion der Messergebnisse

Die mittlere Gamma-Dosisleistung am Teichufer liegt mit 76 nSv/h (Variationskoeffizient 12 %) nur unwesentlich über dem Strahlungsuntergrund mit 74 nSv/h.

Dementsprechend zeigen auch die Aktivitäten der beiden Sedimentproben keine stark erhöhten Werte. Im Rahmen der Messunsicherheiten können beide Proben als aktivitätsgleich bezeichnet werden. Mit Ausnahme des Pb-210 herrscht innerhalb der drei Zerfallsreihen radioaktives Gleichgewicht.

3.2.3 Absetzteich Fischbachthalweiher

3.2.3.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Etwa 3 km südwestlich vom südlichen Ortsende von Fischbach, entlang der L 127, liegt der *Fischbachthalweiher*, genau zwischen der Landstrasse und der im Fischbachtal verlaufenden Bahnstrecke. Der Weiher kann gut auf einem von der Landstrasse abgehenden Forst- und Waldweg erreicht werden. Das Gewässer erstreckt sich über eine Länge von ca. 400 m und einer max. Breite von ca. 120 m. Das flache Ost- und etwas steilere Westufer sind gut erreichbar und zugänglich. Das Nord- und Südufer ist stark mit Schilf bewachsen.

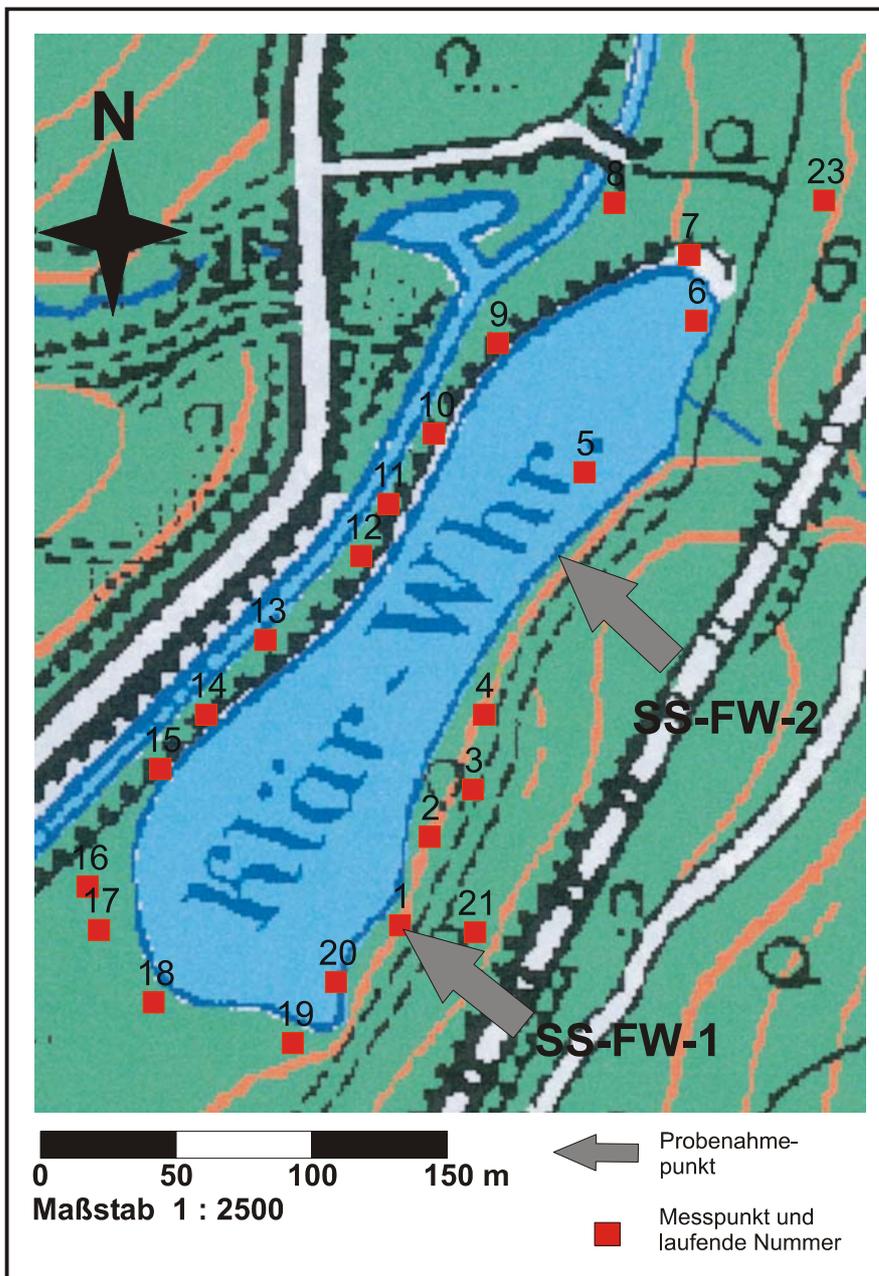


Abbildung 27:
Lokationen am NORM-
Standort „Absetzteich
Fischbachthalweiher“

Dennoch konnten hier problemlos 21 ODL-Messungen im Uferbereich, sowie 2 Referenzmessungen durchgeführt werden. Zudem wurden auch hier 2 Sedimentproben entnommen. Die Lage der Mess- und Probenahmepunkte ist in Abbildung 27 graphisch dargestellt.

3.2.3.2 Messergebnisse

3.2.3.2.1 Gamma-Dosisleistung

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: sonnig	
Standort: <i>Fischbachthalweiher</i> , bei Fischbach						Datum: 08.02.2005	
Messgerät: Ludlum Model 316-3 Gate Frisker				Datenerfasser: Beck			
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff-Probe-nahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	flach; eben	
1	2572591	5461060	85	n	o	f	SS-FW-1
2	2572604	5461099	65	f	l	e	.
3	2572623	5461120	62	f	o	f	.
4	2572628	5461153	60	f	o	e	.
5	2572672	5461260	70	f	l	f	.
6	2572721	5461327	82	f	G	e	.
7	2572718	5461356	80	n	G	e	.
8	2572685	5461379	70	t	G	e	.
9	2572634	5461317	75	f	G	e	.
10	2572606	5461277	90	f	o	f	.
11	2572586	5461246	90	f	o	s	.
12	2572574	5461223	80	f	o	f	.
13	2572532	5461186	85	n	o	f	.
14	2572506	5461153	82	n	G	e	.
15	25724869	5461129	85	f	l	e	.
16	2572454	5461077	90	f	G	e	.
17	2572459	5461058	82	f	l	e	.
18	2572483	5461026	75	f	G	e	.
19	2572544	5461008	70	f	l	e	.
20	2572563	5461035	75	f	l	e	.
21	2572624	5461057	100	f	l	e	.
22	2572611	5461166	70	n	o	e	SS-FW-2
23	2572777	5461380	70	f	l	F	.

Grau unterlegt: Referenzmessungen außerhalb der NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 25: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Fischbachthalweiher“

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 25 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 27 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 25 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag und zur Geländebeschaffenheit (Bodenfeuchte, Bodenbewuchs Bodenneigung).

In Tabelle 25 ist angegeben, an welchen Positionen die Feststoff-Proben entnommen wurden.

3.2.3.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der Proben sind Tabelle 25 zu entnehmen.

Es wurde jeweils 1 Liter Probenmaterial in einer Tiefe bis zu ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen. Tabelle 26 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
SS-FW-1	47	46	44	36	60	60	2	4	735
SS-FW-2	28	27	28	17	30	31	2	2	369

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 25

Tabelle 26: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Proben, die am NORM-Standort „Fischbachthalweiher“ entnommen wurden

3.2.3.3 Diskussion der Messergebnisse

Die mittlere Gamma-Dosisleistung am Teichufer ist mit 78 nSv/h (Variationskoeffizient 12 %) nicht erhöht gegenüber ihrer Umgebung.

Auch die sich jeweils im radioaktiven Gleichgewicht befindlichen Radionuklide der drei Zerfallsreihen (nur Pb-210 weicht etwas ab) zeigen keine nennenswert erhöhten Werte.

3.2.4 Absetzteich Brönnchesthal

Der Absinkweiher *Brönnchesthal* bzw. *Landsweiler-Reden* wird derzeit im Zuge der Rekultivierung mit Erdmassen und Bauschutt verfüllt bzw. renaturiert. Das gesamte Gelände ist abgesperrt und wird als Bauschuttdeponie betrieben. Das Gelände befindet sich genau zwischen Friedrichsthal Bildstock und *Landsweiler-Reden*. Der Absetzteich liegt genau an der Halde des ehemaligen Bergwerkes Reden. Das Gelände kann über die Auffahrt zur Bauschuttanlieferung gut erreicht werden und konnte am 09. Februar 2005 begangen werden.

Der jetzige Zustand der Absinkweiher ist in Abbildung 28 dargestellt. Die gut zugänglichen Teile des ehemaligen Absetzteiches sind Wege und Flächen die komplett mit Bauschutt und Erdmassen über- bzw. bedeckt sind, was ODL-Messungen in diesem Bereich für das vorliegende Projektziel nicht aussagekräftig werden lässt.

Von dem gesamten Absetzteich sind nur noch zwei kleinere, stark mit Schilf bewachsene Weiher übrig (mit T in Abbildung 28 gekennzeichnet). Aufgrund schon verschiedenen aufgetretener schwerer Unfälle im Bereich dieser Weiher wurde der Zugang zu diesen von den Angestellten der Bauschuttdeponie untersagt. Es besteht aufgrund des stark schlammigen Charakters der Sedimente akute Gefahr zu versinken und zu ertrinken. Deshalb kann der Uferbereich, wenn überhaupt, nur mit mehreren Personen und durch Planken und Seile gesichert betreten werden.

Dies machte sowohl die ODL-Messungen, als auch die Sedimentprobenahme im gesamten Bereich des Absetzteiches *Brönnchesthal* unmöglich.

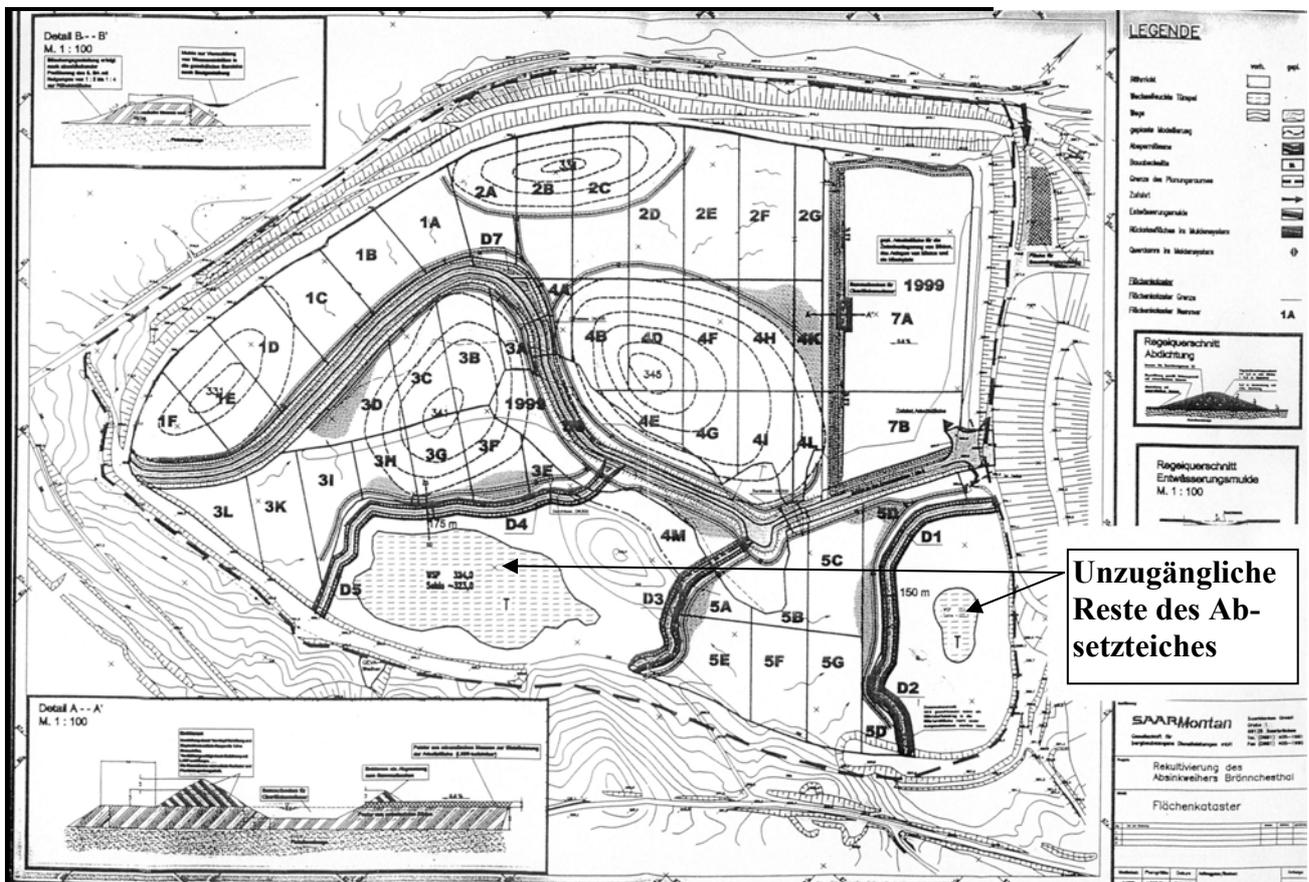


Abbildung 28: Derzeitiger Stand der Rekultivierung des Absetzteiches Brönnchesthal (Kopie wurde von Angestellten der Bauschuttdeponie ausgegeben)

3.2.5 Absetzteich Hahnwies

3.2.5.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Im Illtal bei Merchweiler liegt der Absetzteich Hahnwies bzw. Merchweiler. Der etwa 700 m lange und bis max. 400 m breite See ist über einen Feldweg von Steinertshaus aus gut zu erreichen. Wegen des zur Zeit sinkenden Wasserspiegels umgibt ein breiter Uferstreifen den Weiher. Durch das so nicht mehr von Wasser bedeckte Sediment, das teilweise treibsandartigen Charakter aufweist, besteht auch hier die Gefahr zu versinken. Zum Schutz wurde der gesamte Uferbereich mit einem Zaun bzw. einer Absperrung eingefasst. Am steil abfallenden Ostufer waren so keine ODL – Messungen möglich. Im restlichen Uferbereich konnten stellenweise die Messungen vorgenommen werden, wenn auch nicht in der Regelmäßigkeit, wie an den anderen Absetzteichen. Im Laufe der Begehung wurden 17 ODL–Messungen im Uferbereich und 4 Referenzmessungen durchgeführt. Zudem wur-

den auch hier 2 Sedimentproben entnommen. Die Lage der Mess- und Probenahmepunkte ist in Abbildung 29 graphisch dargestellt.

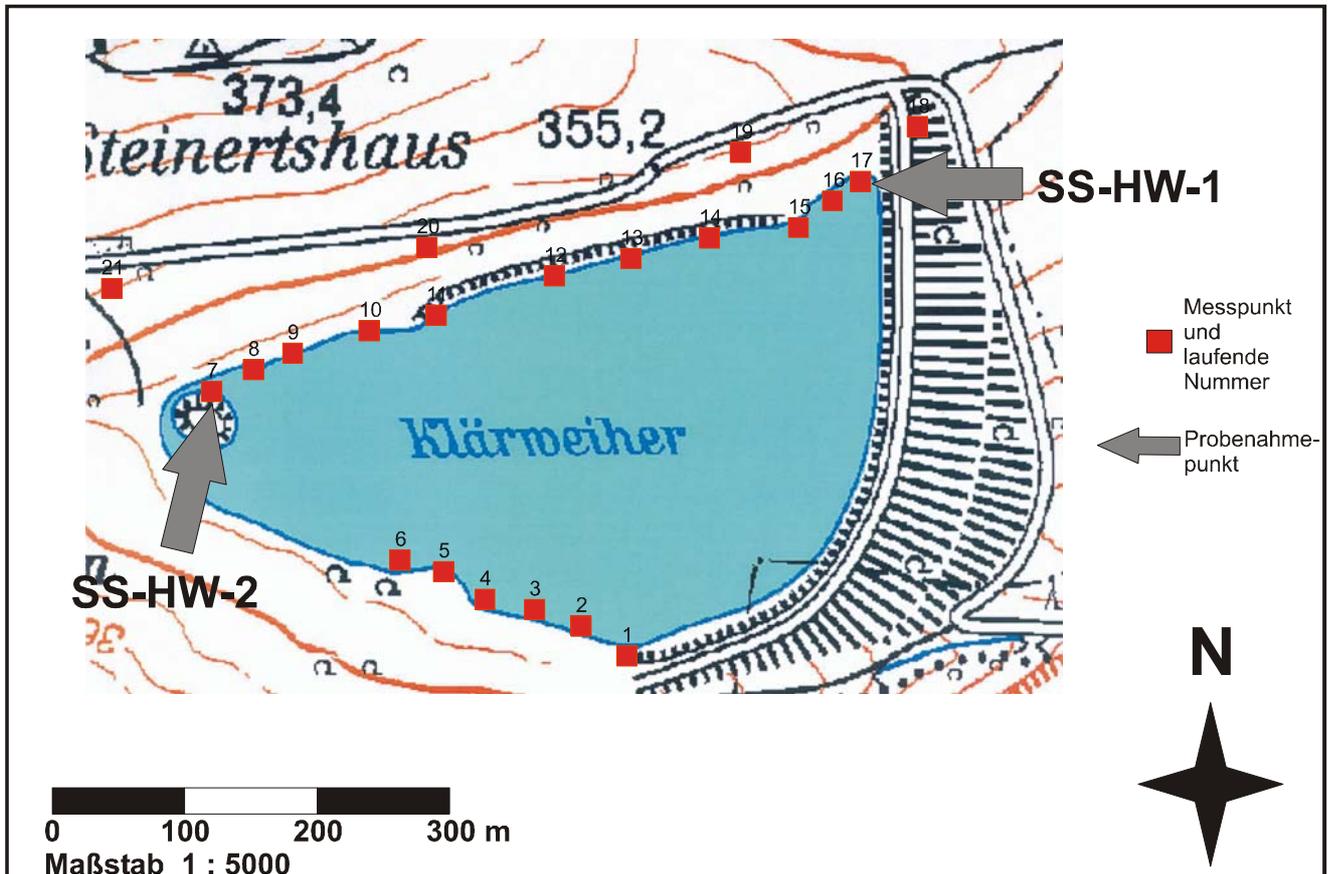


Abbildung 29: Lokationen am NORM-Standort „Absetzteich Hahnwies“

3.2.5.2 Messergebnisse

3.2.5.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 27 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 29 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 27 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag und zur Geländebeschaffenheit (Bodenfeuchte, Bodenbewuchs Bodenneigung).

In Tabelle 27 ist angegeben, an welchen Positionen die Feststoff-Proben entnommen wurden.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: sonnig	
Standort: Absetzteich <i>Hahnwies</i> , bei Merchweiler						Datum: 09.02.2005	
Messgerät: Ludlum Model 316-3 Gate Frisker				Datenerfasser: Beck			
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff- Probe- nahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt	ohne; Gras; laubbedeckt	flach; eben	
1	2575088	5469544	110	f	G	f	.
2	2575044	5469573	120	f	G	f	.
3	2574999	5469589	120	f	o	e	.
4	2574951	5469599	110	n	G	f	.
5	2574911	5469626	100	f	o	f	.
6	2574869	5469637	90	n	o	f	.
7	2574687	5469801	120	n	G	f	.
8	2574727	5469822	110	n	o	s	.
9	2574765	5469838	110	n	G	f	.
10	2574839	5469860	100	n	G	e	.
11	2574904	5469875	110	n	o	e	.
12	2575018	5469913	100	f	o	s	.
13	2575092	5469930	115	f	o	s	.
14	2575168	5469950	120	f	o	s	.
15	2575254	5469960	110	n	G	f	.
16	2575287	5469986	110	f	G	f	.
17	2575314	5470005	120	f	o	l	SS-HW-1
18	2575369	5470058	110	f	G	e	.
19	2575198	5470033	100	f	G	f	.
20	2574895	5469941	105	f	G	f	.
21	2574590	5469901	120	f	G	f	.
22	2574687	5469800	110	n	o	f	SS-HW-2

Grau unterlegt: Referenzmessungen außerhalb der NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 27: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Absetzteich Hahnwies“

3.2.5.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der Proben sind Tabelle 27 zu entnehmen.

Es wurde jeweils 1 Liter Probenmaterial in einer Tiefe bis zu ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des

TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auf die Trockenmasse bezogen. Tabelle 28 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
SS-HW-1	34	59	57	85	62	59	2	5	887
SS-HW-2	50	50	53	103	61	59	2	5	1045

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 27

Tabelle 28: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität der Feststoff-Proben, die am NORM-Standort „Absetzteich Hahnwies“ entnommen wurden

3.2.5.3 Diskussion der Messergebnisse

Die mittlere Gamma-Dosisleistung am Teichufer ist mit 110 nSv/h (Variationskoeffizient 8 %) etwas höher als bei den beiden anderen Absetzteichen im Saarrevier (vgl. Kap. 3.2.2.3 und Kap. 3.2.3.3), aber nicht erhöht gegenüber der Umgebung (109 nSv/h).

Auch die Aktivitäten der beiden Sedimentproben können als nicht nennenswert erhöht angesehen werden. Soweit es durch die gemessenen Radionuklide und die Messunsicherheiten beurteilt werden kann, herrscht quasi radioaktives Gleichgewicht in der Th-Reihe. In der Uran-Reihe sind bei der Probe SS-HW-1 U-238 und Pb-210 nicht vollständig im Gleichgewicht mit Ra-226, bei der Probe SS-HW-2 nur Pb-210. In der Actinium-Reihe hat Ac-227 eine höhere Aktivität als U-235. Eine nennenswerte Radonemanation liegt in der Probe nicht vor.

4 OBERBAYERN

4.1 Allgemeines

Mit ca. 140 Bq/kg pro Radionuklid der Uran-Reihe liegt die oberbayerische Pechkohle in ihrer Aktivität um fast eine Größenordnung höher als die Steinkohle des Ruhrgebietes, Saarlandes oder Ibbenbüren (vgl. Teil 3a). Da ein erhöhter Aktivitätsgehalt der Kohle auch für das Bergematerial zu erwarten ist, wurden die oberbayerischen Pechkohle-Fördergebiete als Standorte mit zu untersuchenden NORM-Hinterlassenschaften ausgewählt.

In Oberbayern wurde seit Ende des 16. Jh. Pechkohle gefördert. Durch die inzwischen stillgelegten Bergwerke bei den Ortschaften *Peißenberg*, *Hohenpeißenberg*, *Peiting*, *Hausham*, *Penzberg*, *Miesbach* und *Marienstein* wurden die Pechkohlenlagerstätten in ihren oberflächennahen Bereichen erschlossen. Seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden durch den in großtechnischem Umfang betriebenen Kohleabbau nahezu 100 Mio. t verwertbare Pechkohle gewonnen, davon ca. 40 Mio. t allein in Peißenberg. Die maximale Förderleistung lag mit ca. 1,8 Mio. t pro Jahr um das Jahr 1960 (vgl. Teil 3a).

Im Rahmen der Arbeiten zu Teil 3a wurde ermittelt, dass der Bergeanteil der geförderten Rohkohle 50 % beträgt sowie im Schnitt 2 m³ Grubenwasser pro 1 t Rohförderpechkohle anfielen. Daraus ergibt sich, dass im Laufe der Förderzeit ca. 100 Mio. t Berge aufgehaldet und 400 Mio. m³ Grubenwasser gefördert wurden.

Als erste Grube stellte *Marienstein* im Jahre 1961 ihren Förderbetrieb ein, gefolgt von *Penzberg* und *Hausham* (1965), *Peiting* (1968) sowie zuletzt *Peißenberg* (1971).

Im Rahmen der vorliegenden Felduntersuchungen wurden alle sieben oberbayerischen Fördergebiete mit insgesamt dreizehn Haldenkörpern orientierend untersucht.

Die Halden werden heute zur Naherholung genutzt oder sind bebaut. Sie liegen teils mitten in den Ortschaften, teils auch außerhalb. Alle Halden waren gut zugänglich

An jeder Halde wurden ODL-Messungen vorgenommen und bei einigen noch zusätzlich Bodenproben entnommen sowie der Radongehalt in der Bodenluft bestimmt.

4.2 Halden

4.2.1 Lage

In der Region *Oberbayern* wurden insgesamt dreizehn Haldenkörper des Pechkohlebergbaus in sieben Gebieten untersucht (Abbildung 30 und Abbildung 31):

- Haldengebiet *Peißenberg*
- Haldengebiet *Hohenpeißenberg*
- Haldengebiet *Peiting*
- Haldengebiet *Penzberg*
- Haldengebiet *Miesbach*
- Haldengebiet *Hausham*
- Haldengebiet *Marienstein*

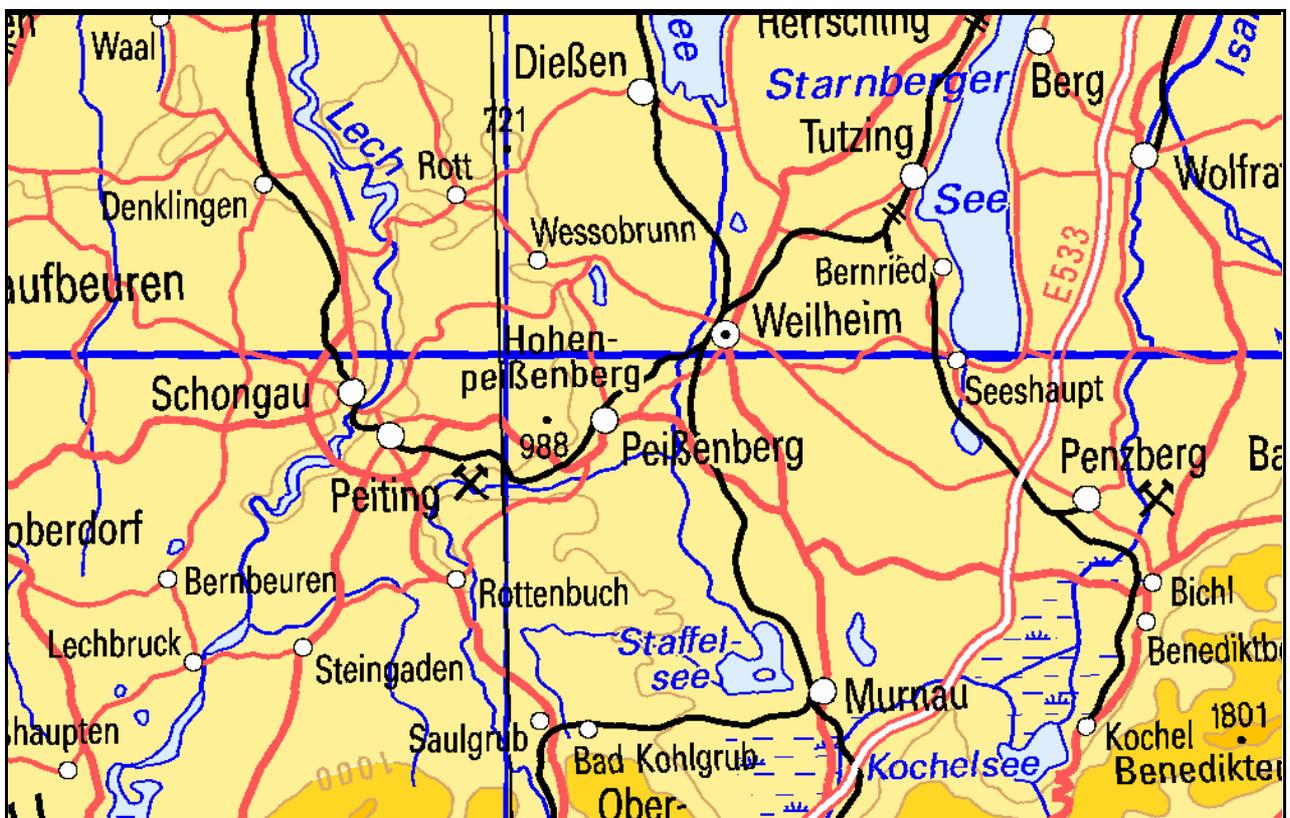


Abbildung 30: Übersichtskarte zu vier untersuchten Standorten von NORM-Hinterlassenschaften als Folge des Pechkohlenbergbaus in Oberbayern
Haldengebiete: „Peißenberg“, „Hohenpeißenberg“, „Peiting“, „Penzberg“;
Karte: /Bayern Süd, 2003/

Alle Halden sind verkehrstechnisch gut angeschlossen und über Bundes- und Landstraßen zu erreichen. In der Regel sind sie gut zugänglich.

Sie werden heute als Sportstätten und Naherholungsgebiete genutzt, sind mit Wohn- und öffentlichen Gebäuden teilweise oder vollständig bebaut oder werden als Gewerbeflächen, Parkplatz, Mülldeponie etc. verwendet. Meist sind sie innerhalb von Ortschaften gelegen.

Sie befinden sich in der Molassezone der Alpen.

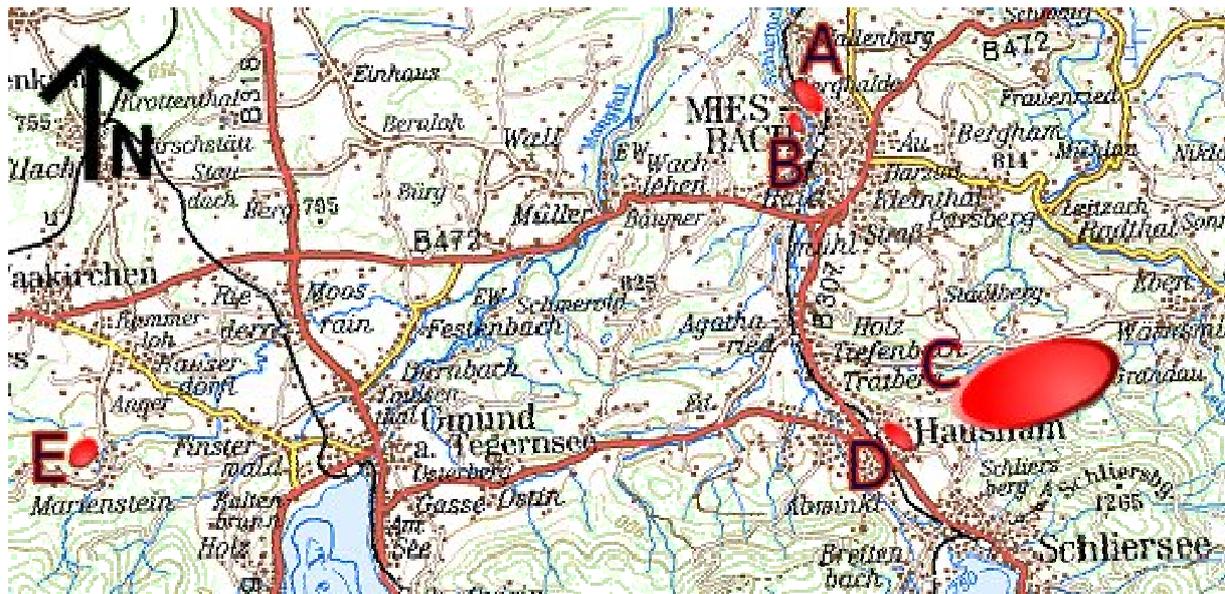


Abbildung 31: Übersichtskarte zu drei untersuchten Standorten von NORM-Hinterlassenschaften als Folge des Pechkohlenbergbaus in Oberbayern

- Haldengebiete: A: große Halde „Miesbach“
B: kleine Halde „Miesbach“
C: große Halde „Hausham“
D: kleine Halde „Hausham“
E: Halde „Marienstein“;

Karte: Top50 Bayern Süd, Maßstab 1:50.000

Karte von Abbildung 32 sind die Messpunkte für die Gamma-Dosisleistungsmessungen incl. der Referenzmessungen in der Umgebung der Halde eingezeichnet.

4.2.2.1.2 Halde 2 (Grandlmoos)

Die Halde Grandlmoos ist hauptsächlich mit Gras bewachsen und ist Teil eines Naherholungsgebietes (Abbildung 33). In der Karte von Abbildung 33 sind die Messpunkte für die Gamma-Dosisleistungsmessungen incl. der Referenzmessungen in der Umgebung der Halde eingezeichnet.



Abbildung 33: Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg, Halde 2“
Ausschnitt aus dem Stadtplan von Peißenberg mit ODL-Messpunkten;
Karte: www.stadtplan.de

4.2.2.1.3 Halde 3 (Alte Bergehalde)

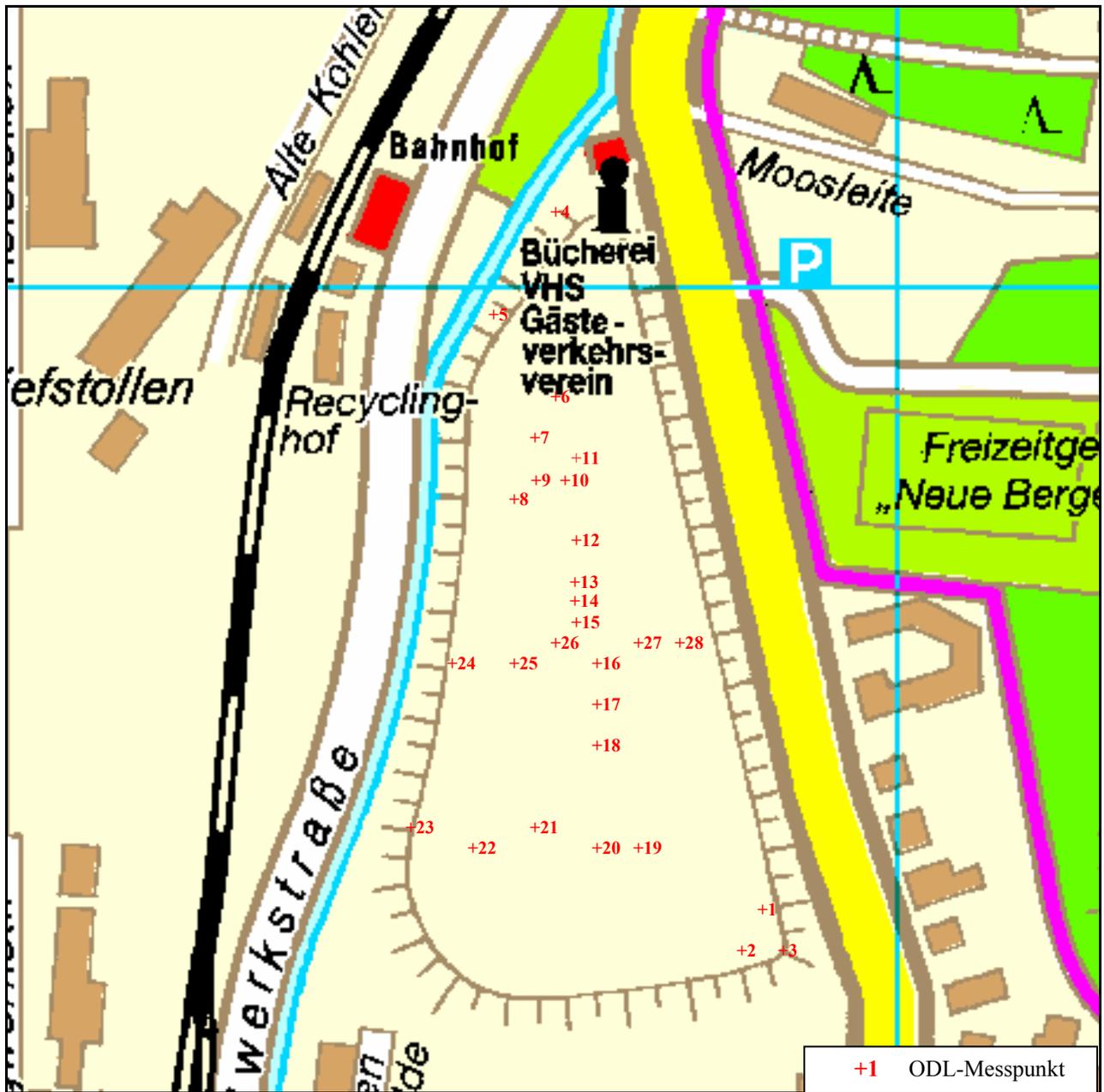


Abbildung 34: Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg, Halde 3“
Ausschnitt aus dem Stadtplan von Peißenberg mit ODL-Messpunkten;
Karte: www.stadtplan.de

Die Alte Bergehalde ist zum Großteil bewaldet. In der Mitte befindet sich eine Wiese (Abbildung 34). In der Karte von Abbildung 34 sind die Messpunkte für die Gamma-Dosisleistungsmessungen incl. der Referenzmessungen in der unmittelbaren Umgebung der Halde eingezeichnet.

4.2.2.1.4 Halde 4 (Neue Bergehalde)

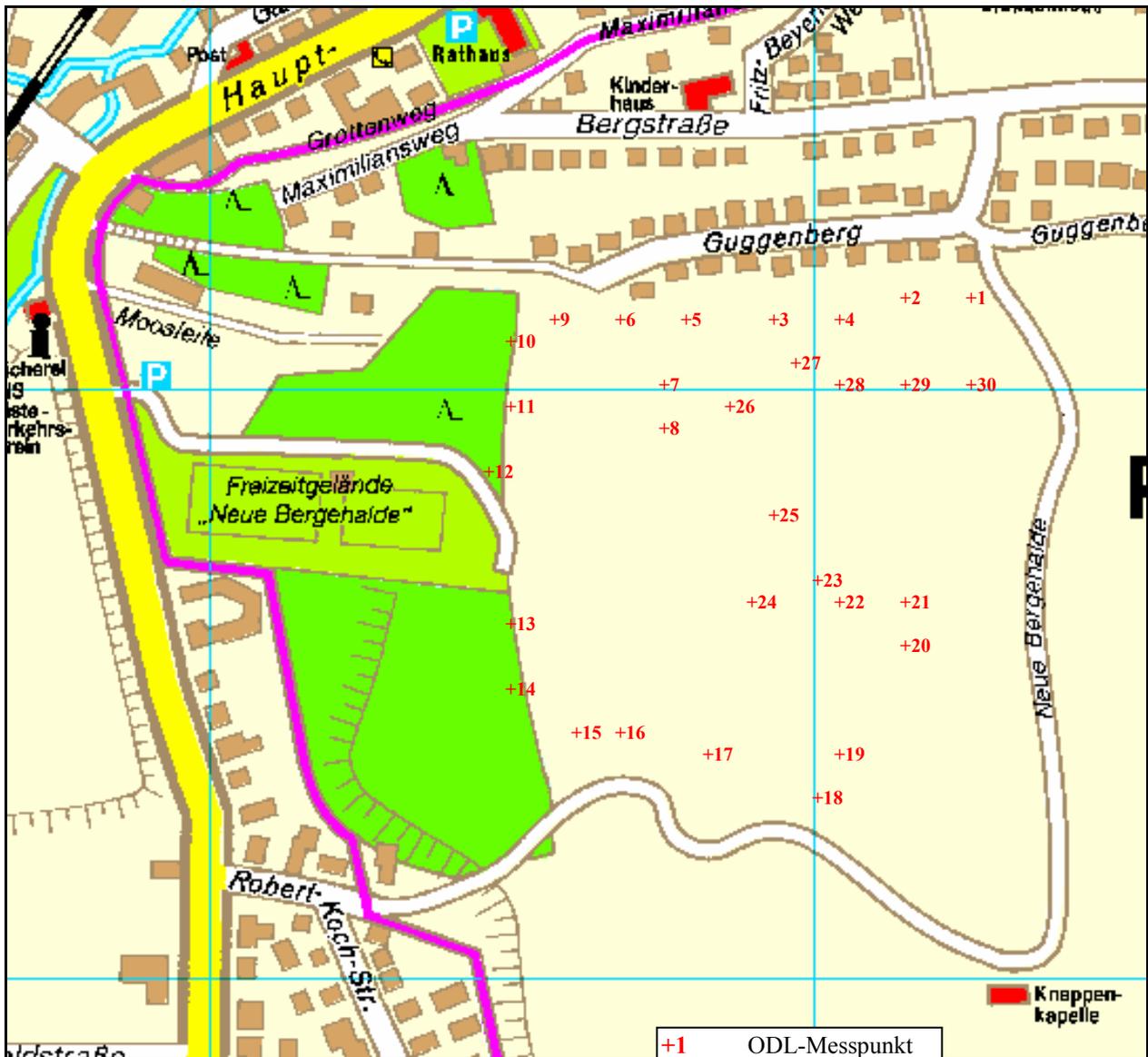


Abbildung 35: Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg, Halde 4“
Ausschnitt aus dem Stadtplan von Peißenberg mit ODL-Messpunkten;
Karte: www.stadtplan.de

Die Halde wurde zu einem Naherholungsgebiet umgewandelt und ist hauptsächlich mit Gras bewachsen (Abbildung 35). In der Karte von Abbildung 35 sind die Messpunkte für die Gamma-Dosisleistungsmessungen incl. der Referenzmessungen in der unmittelbaren Umgebung der Halde eingezeichnet.

4.2.2.2 Messergebnisse

4.2.2.2.1 Halde 1 (am Bergbaumuseum)

4.2.2.2.1.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 29 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 32 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 29 enthält außerdem die genaue Position der Messpunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zum Bodenzustand und zur Bodenneigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau				Witterung: heiter	
Standort: Halde am Bergbaumuseum, Peißenberg			Blatt: TK 8132, Weilheim		Datum: 11.12.2004
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E			Datenerfasser: Dworazik, Renk, Mayer, Streit		
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Böschungswinkel
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt, gefroren	steil; flach; eben
1	4429479	5295810	97	g	f
2	4429584	5295795	98	g	f
3	4429544	5295775	133	g	f
4	4429539	5295835	116	g	f
5	4429534	5295910	134	g	f

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 29: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 1“

4.2.2.2.2 Halde 2 (Grandlmoos)

4.2.2.2.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 30 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 33 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 30 enthält außerdem die genaue Position der Messpunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zum Bodenzustand und zur Bodenneigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau				Witterung: heiter	
Standort: Halde Grandlmoos, Peißenberg			Blatt: TK 8132, Weilheim		Datum: 11.12.2004
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E			Datenerfasser: Dworazik, Renk, Mayer, Streit		
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Böschungswinkel
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; gefroren	steil; flach; eben
1	4430434	5295000	102	g	f
2	4430439	5295060	145	g	f
3	4430534	5295205	148	g	f
4	4430524	5295390	115	g	f
5	4430774	5295425	113	g	f
6	4431049	5295710	126	g	f
7	4430874	5295820	120	g	f
8	4430629	5295845	93	g	f

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 30: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 2“

4.2.2.2.3 Halde 3 (Alte Bergehalde)

4.2.2.2.3.1 Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. Die Bodenluft zur Bestimmung der Radonaktivitätskonzentration wurde in einer Tiefe von 0,8 m mittels einer Sonde angesaugt.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau					Witterung: heiter			
Standort: Alte Bergehalde, Peißenberg			Blatt: TK 8132, Weilheim		Datum: 13.12.2004			
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe								
Datenerfasser: Dworazik, Renk, Mayer, Streit								
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert		Boden feucht; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbedeckt	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff- Probe- entnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}				
1	4429894	5295555	103	4,6	g	l	f	OB-3-1
2	4429884	5295530	104	.	g	l	f	.
3	4429904	5295540	104	.	g	l	f	.
4	4429784	5295890	103	.	g	l	f	OB-3-2
5	4429749	5295820	130	.	g	l	f	.
6	4429804	5295810	142	115,6	g	l	f	OB-3-3
7	4429779	5295790	142	.	g	l	f	.
8	4429769	5295745	150	21,9	g	G	f	OB-3-4
9	4429779	5295760	192	24,5	g	G	f	OB-3-5
10	4429804	5295760	176	33,7	g	G	f	OB-3-6
11	4429829	5295780	156	.	g	G	f	.
12	4429799	5295720	160	.	g	G	f	.
13	4429804	5295695	165	18,5	g	G	f	OB-3-7
14	4429804	5295685	164	.	g	G	f	.
15	4429804	5295675	189	.	g	G	f	.
16	4429809	5295660	204	104,3	g	G	f	OB-3-8
17	4429809	5295640	190	.	g	G	f	.
18	4429814	5295630	212	.	g	G	f	.
19	4429859	5295570	195	.	g	l	f	.
20	4429834	5295565	222	27,5	g	l	f	OB-3-9
21	4429799	5295570	195	.	g	G	f	.
22	4429759	5295565	158	.	g	l	f	.
23	4429719	5295580	144	.	g	l	f	.
24	4429734	5295660	140	.	g	l	f	.
25	4429774	5295660	155	.	g	G	f	.
26	4429794	5295665	174	.	g	G	f	.
27	4429814	5295665	179	.	g	G	f	.
28	4429834	5295665	176	91,5	g	G	f	OB-3-10

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 31: Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 3“

In Tabelle 31 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] sowie die Messergebnisse der Aktivitätskonzentration des Radionuklids Rn-222 in

der Bodenluft in der Einheit [Bq/l] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 34 eingezeichneten Messpunkte

Tabelle 31 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 31 ist gleichsam angegeben, an welchen Positionen mit welchen Bezeichnungen Bodenproben entnommen wurden.

4.2.2.2.3.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der jeweiligen Proben sind Tabelle 31 zu entnehmen.

Nach Entfernen der Bodenauflage wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen. Tabelle 32 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
OB-3-1	35	32	30	42	14	15	2	2	187
OB-3-2	31	31	31	39	10	10	2	1	145
OB-3-3	173	183	97	162	24	24	9	7	327
OB-3-4	144	180	106	160	23	23	8	10	329
OB-3-5	638	562	517	516	28	32	37	33	421
OB-3-6	334	391	250	279	27	24	17	19	277
OB-3-7	180	218	123	264	17	15	10	10	196
OB-3-8	269	344	191	315	17	17	14	18	183
OB-3-9	297	363	270	278	23	21	16	18	251
OB-3-10	123	230	113	167	33	31	11	6	344

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 31; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 32: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 3“ entnommen wurden

4.2.2.2.4 Halde 4 (Neue Bergehalde)

4.2.2.2.4.1 Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. Die Bodenluft zur Bestimmung der Radonaktivitätskonzentration wurde in einer Tiefe von 0,8 m mittels einer Sonde angesaugt.

In Tabelle 33 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] sowie die Messergebnisse der Aktivitätskonzentration des Radionuklids Rn-222 in der Bodenluft in der Einheit [Bq/l] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 35 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 33 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 33 ist gleichsam angegeben, an welchen Positionen mit welchen Bezeichnungen Bodenproben entnommen wurden.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau					Witterung: heiter			
Standort: Neue Bergehalde, Peißenberg			Blatt: TK 8132, Weilheim		Datum: 12.12.2004			
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe								
Datenerfasser: Dworazik, Renk, Mayer, Streit								
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert		Boden feucht; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbedeckt	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff- Probe- entnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}				
1	4430464	5295880	115		G	G	f	.
2	4430434	5295880	178	123,2	G	G	f	OB-2-1
3	4430314	5295855	202	230,3	G	G	f	OB-2-2
4	4430389	5295855	129		G	G	f	.
5	4430200	5295855	209	90,6	G	G	f	OB-2-3
6	4430140	5295855	138		G	G	f	.
7	4430185	5295830	222		G	G	f	.
8	4430185	5295810	106		G	G	f	.
9	4430090	5295855	142		G	G	f	.
10	4430059	5295853	265		G	G	f	OB-2-4
11	4430059	5295820	181		G	G	f	.
12	4430053	5295800	127		G	G	f	.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau					Witterung: heiter			
Standort: Neue Bergehalde, Peißenberg			Blatt: TK 8132, Weilheim		Datum: 12.12.2004			
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe								
Datenerfasser: Dworazik, Renk, Mayer, Streit								
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert		Boden feucht; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbedeckt	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff- Probe- entnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}				
13	4430059	5295630	126	.	G	G	f	.
14	4430059	5295595	151	.	G	G	f	.
15	4430109	5295610	130	.	G	G	f	.
16	4430179	5295615	136	.	G	G	f	.
17	4430264	5295605	160	.	G	G	f	OB-2-5
18	4430364	5295580	124	.	G	G	f	.
19	4430389	5295605	127	.	G	G	f	.
20	4430409	5295685	145	79,7	G	G	f	OB-2-6
21	4430409	5295730	126	.	G	G	f	.
22	4430349	5295725	134	.	G	G	f	.
23	4430324	5295740	151	.	G	G	f	.
24	4430274	5295735	140	.	G	G	f	.
25	4430314	5295775	118	.	G	G	f	.
26	4430309	5295820	122	.	G	G	f	.
27	4430364	5295850	181	.	G	G	f	.
28	4430389	5295830	200	.	G	G	f	OB-2-8
29	4430434	5295830	133	.	G	G	f	.
30	4430464	5295835	108	.	G	G	f	.
31	4430054	5295440	99	45,1	G	G	f	OB-2-9
32	4430069	5295470	96	.	G	G	f	.
33	4430004	5295545	90	.	G	G	f	.
34	4430094	5295470	103	.	G	G	f	OB-2-10

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 33: Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 4“

4.2.2.2.4.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der jeweiligen Proben sind Tabelle 33 zu entnehmen.

Nach Entfernen der Bodenaufgabe wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im

akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen. Tabelle 34 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
OB-2-1	324	326	171	309	23	22	17	17	196
OB-2-2	476	566	277	461	28	31	26	28	281
OB-2-3	521	620	255	429	22	24	27	31	154
OB-2-4	650	712	515	421	25	27	32	38	263
OB-2-5	163	222	130	151	21	23	9	12	332
OB-2-6	398	413	119	307	16	16	21	20	93
OB-2-7	48	44	38	94	13	15	3	2	205
OB-2-8	160	250	134	265	17	17	7	12	208
OB-2-9	30	32	32	73	11	11	2	2	135
OB-2-10	43	43	40	101	16	16	3	3	220

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 33; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 34: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peißenberg, Halde 4“ entnommen wurden

4.2.2.3 Diskussion der Messergebnisse

In Teil 3a wurde anhand von Literaturzitate belegt, dass die oberbayerischen Bergehalde deutlich erhöhte ODL-Werte sowie Aktivitäten oberhalb 200 Bq/kg aufweisen.

Die durchschnittlich gemessenen Gamma-Dosisleistungswerte auf den vier Halden des Peißenberger Gebietes sind in Tabelle 35 zusammengefasst.

Statistische Kennzahl	Halde 1 (Halde am Museum)	Halde 2 (Halde Grandlmoos)	Halde 3 (Alte Bergehalde)	Halde 4 (Neue Bergehalde)
MW Halde	128 nSv/h	128 nSv/h	171 nSv/h	151 nSv/h
MW Nulleff. (NE)	98 nSv/h	98 nSv/h	104 nSv/h	97 nSv/h
MW Halde/ MW NE	1,3	1,3	1,7	1,6
StaAbw. Halde	10,1 nSv/h	15,2 nSv/h	24,8 nSv/h	37,8 nSv/h
Var.-Koeff.. Halde	7,9 %	11,9 %	14,5 %	25,0 %
MW PN-Pkt. Halde	.	.	178 nSv/h	194 nSv/h
MW PN-Pkt. NE	.	.	103 nSv/h	101 nSv/h

Tabelle 35: Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg“ anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)

Die mittleren ODL-Werte liegen bei Halde 1 und Halde 2 um einen Faktor 1,3 über dem natürlichen Strahlungsuntergrund. Damit ist Halde 1 und Halde 2 in etwa mit den betrachteten Halden des Ruhrgebietes vergleichbar (s. Kap. 2.2.2.3 u. 2.2.3.3). Bei Halde 3 sowie

Halde 4 ist der Dosisleistungs-Unterschied zwischen Halde und „Background“ höher, der Faktor beträgt hier 1,7 bzw. 1,6 bei einer mittleren Dosisleistung von ca. 170 nSv/h bzw. ca. 150 nSv/h.

Die Gamma-Dosisleistung der *Peißenberger* Halden erweist sich heterogener als die der Halden des *Ruhrgebietes*. Dies zeigt sich am Variationskoeffizient, der in Oberbayern zwischen 8 % bis 25 % liegt (Ruhrgebiet i. M. 5 %).

Die mittlere ODL an den Punkten zur Entnahme der Materialproben betrug bei *Halde 3* 178 nSv/h und bei *Halde 4* 194 nSv/h. Damit liegt die ODL an den Probeentnahmepunkten um 4 % bzw. 29 % höher als im Haldendurchschnitt. Man kann deshalb bei *Halde 3* noch von einer „Repräsentativen Beprobung“ sprechen, wohingegen *Halde 4* in Richtung „Hot-Spot-Beprobung“ tendiert.

Bei den massenbezogenen Aktivitäten lässt sich in Oberbayern ein höheres Verhältnis zwischen Halde und „Background“ finden, als dies im Ruhrgebiet der Fall war. Tabelle 36 zeigt zusammenfassend die entsprechenden Verhältniszahlen.

Standort	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
Halde 3	8,2	9,8	6,8	6,6	2,0	1,9	7,6	10,1	1,8
Halde 4	9,4	10,5	5,7	3,5	1,5	1,6	7,1	8,0	1,2

Tabelle 36: Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg“; Halde 3 und Halde 4

Nach Tabelle 36 zeigen sich bei den beprobten *Halden 3 und 4* ähnliche nuklidspezifische Verhältnisse. Dabei sind die Verhältniszahlen von K-40 sowie der Radionuklide der Th-Reihe deutlich kleiner als die der Uran- und Actinium-Reihe. Damit liegen andere Gegebenheiten als im Ruhrgebiet vor, denn hier waren die Verhältniszahlen in der Th-Reihe höher als in der U-Reihe (s. Kap. 2.2.2.3 u. 2.2.3.3). Absolut gesehen sind die Aktivitätsverhältnisse zwischen Halde und „Background“ in Oberbayern größer. Lag das maximale Verhältnis im Ruhrgebiet bei 5,0 (Pb-210; Halde Rungenberg), so liegt es in Oberbayern bei 10,5 (Ra-226; Halde 4).

Die höhere Inhomogenität der oberflächennahen Haldenaktivität der *Peißenberger* Halden zeigt sich erwartungsgemäß auch bei den ermittelten massenbezogenen Aktivitäten. So liegt der Variationskoeffizient zwischen 23 % und 68% bei *Halde 3* (Tabelle 37) und zwischen 24 % und 72 % bei *Halde 4* (Tabelle 38).

Die mittleren Halden-Aktivitäten sind in der Uran-Reihe generell > 200 Bq/kg (vgl. Tabelle 37 u. Tabelle 38).

Kennzahl	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
MW [Bq/kg]	270	309	208	268	24	23	15	15	291
StaAbw. [Bq/kg]	167	132	142	118	5	6	9	9	80
Var.-Koeff.	62%	43%	68%	44%	23%	26%	61%	59%	28%

Tabelle 37: Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg“; Halde 3

Kennzahl	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
MW [Bq/kg]	343	394	205	305	21	22	18	20	217
StaAbw. [Bq/kg]	207	227	147	133	5	6	11	12	75
Var.-Koeff.	60%	58%	72%	44%	24%	26%	59%	59%	35%

Tabelle 38: Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg“; Halde 4

Im Rahmen der Messunsicherheiten kann radioaktives Gleichgewicht innerhalb der Th-Reihe (Ra-228 → Tl-208/Po-212) festgestellt werden.

Im Gegensatz zum Ruhrgebiet liegt in den *Peißenberger* Proben eine deutlich messbare Radonemanation vor (vgl. Ra-226/Rn-222 in Tabelle 39).

Ein geringfügiges mittleres Ungleichgewicht zwischen U-238 und Ra-266 liegt vor, hingegen sind U-238 und Pb-210 im Mittel im radioaktiven Gleichgewicht (Tabelle 39).

Standort	U-238/Ra-226	U-238/Pb-210	Ra-226/Rn-222
Halde 3	0,8	1,0	1,6
Halde 4	0,9	1,0	2,0

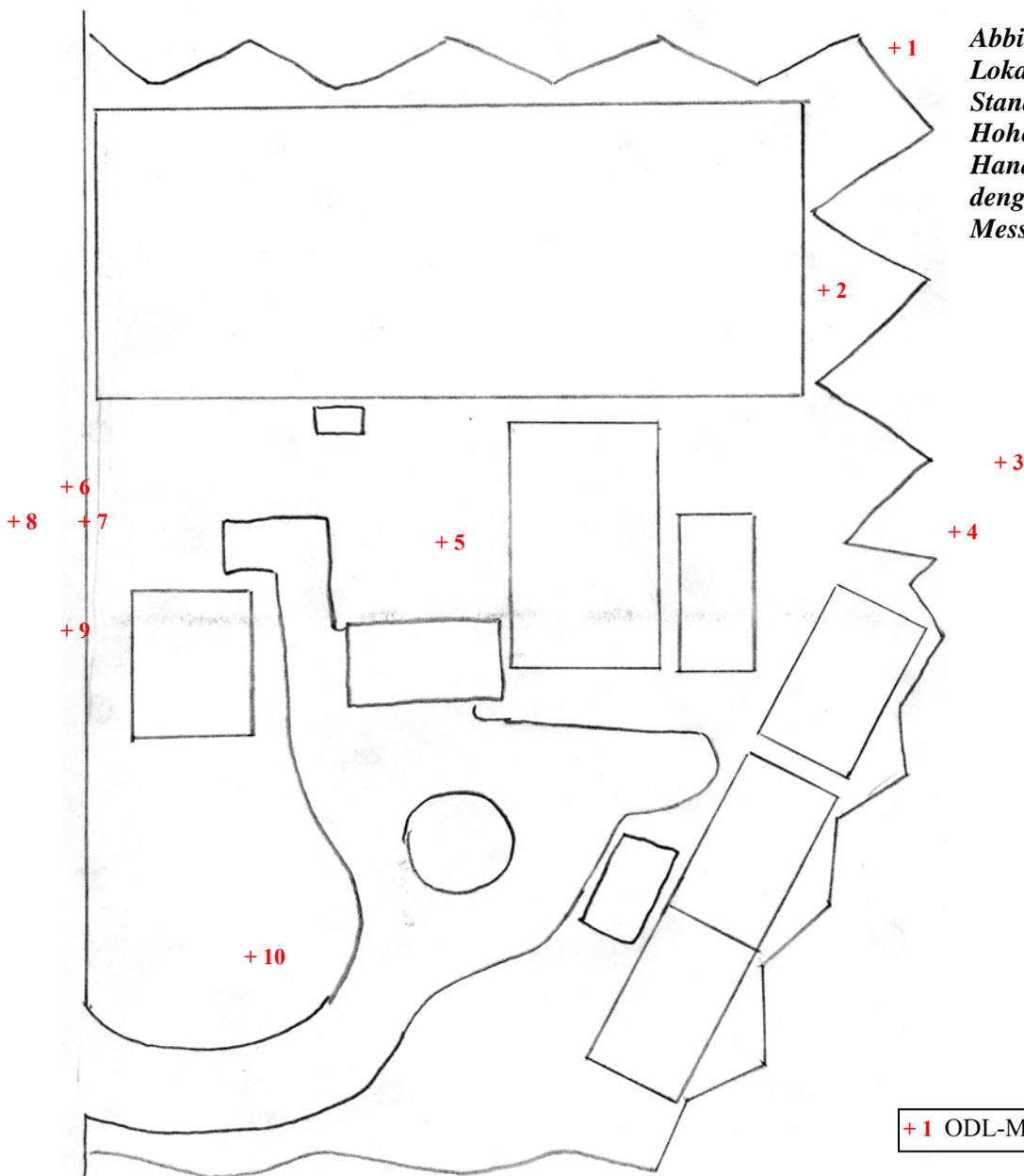
Tabelle 39: Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Haldengebiet Peißenberg“; Halde 3 und Halde 4

Die Rn-222-Konzentrationen in der Bodenluft der Halde sind deutlich höher als in der Haldenumgebung. Der maximale Wert von 230 Bq/l (Halde 4) ist für das Untersuchungsgebiet relativ hoch.

4.2.3 Haldengebiet Hohenpeißenberg

4.2.3.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Das Haldengebiet *Hohenpeißenberg* liegt etwa vier Kilometer westlich von Peißenberg. Auf dem ehemaligen Haldengelände befinden sich heute Sportanlagen sowie die Sportgaststätte "Rigi-Alm". In der Skizze von Abbildung 36 sind die Messpunkte für die Gamma-Dosisleistungsmessungen eingezeichnet.



4.2.3.2 Messergebnisse

4.2.3.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 40 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 36 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 40 enthält außerdem die genaue Position der Messpunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zum Bodenzustand und zur Bodenneigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau				Witterung: heiter	
Standort: Halde in Hohenpeißenberg			Blatt: TK 8132, Weilheim		Datum: 13.12.2004
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E			Datenerfasser: Dworazik, Renk, Mayer, Streit		
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Böschungswinkel
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt, gefroren	steil; flach; eben
1	4426794	5294770	133	g	f
2	4426764	5294805	123	g	f
3	4426749	5294775	162	g	f
4	4426714	5294785	143	g	f
5	4426754	5294885	162	g	f
6	4426789	5294970	145	g	f
7	4426764	5294930	124	g	f
8	4426764	5295005	153	g	f
9	4426719	5294950	186	g	f
10	4426689	5294940	177	g	f

Tabelle 40: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Hohenpeißenberg“

4.2.3.3 Diskussion der Messergebnisse

Mit im Mittel 151 nSv/h liegt die gemessene Gamma-Dosisleistung auf dem gleichen Niveau wie die *Neue Bergehalde* in Peißenberg (*Halde 4*, s. Kap. 4.2.2.3). Der Variationskoeffizient von 14 % ist mit dem der *Alten Bergehalde* (*Halde 3*) in Peißenberg vergleichbar.

4.2.4 Haldengebiet Peiting

4.2.4.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Peiting liegt ca. 12 km westlich von Peißenberg. Die Halde ist östlich der Ortschaft Ramsau gelegen, welche sich zwei Kilometer südlich von Peiting befindet. Der Absetz-
teich sowie das Haldengelände selbst wurden vorbildlich rekultiviert und aufgeforstet. In der Skizze von Abbildung 37 sind die Messpunkte für die Gamma-Dosisleistungsmessungen eingezeichnet.

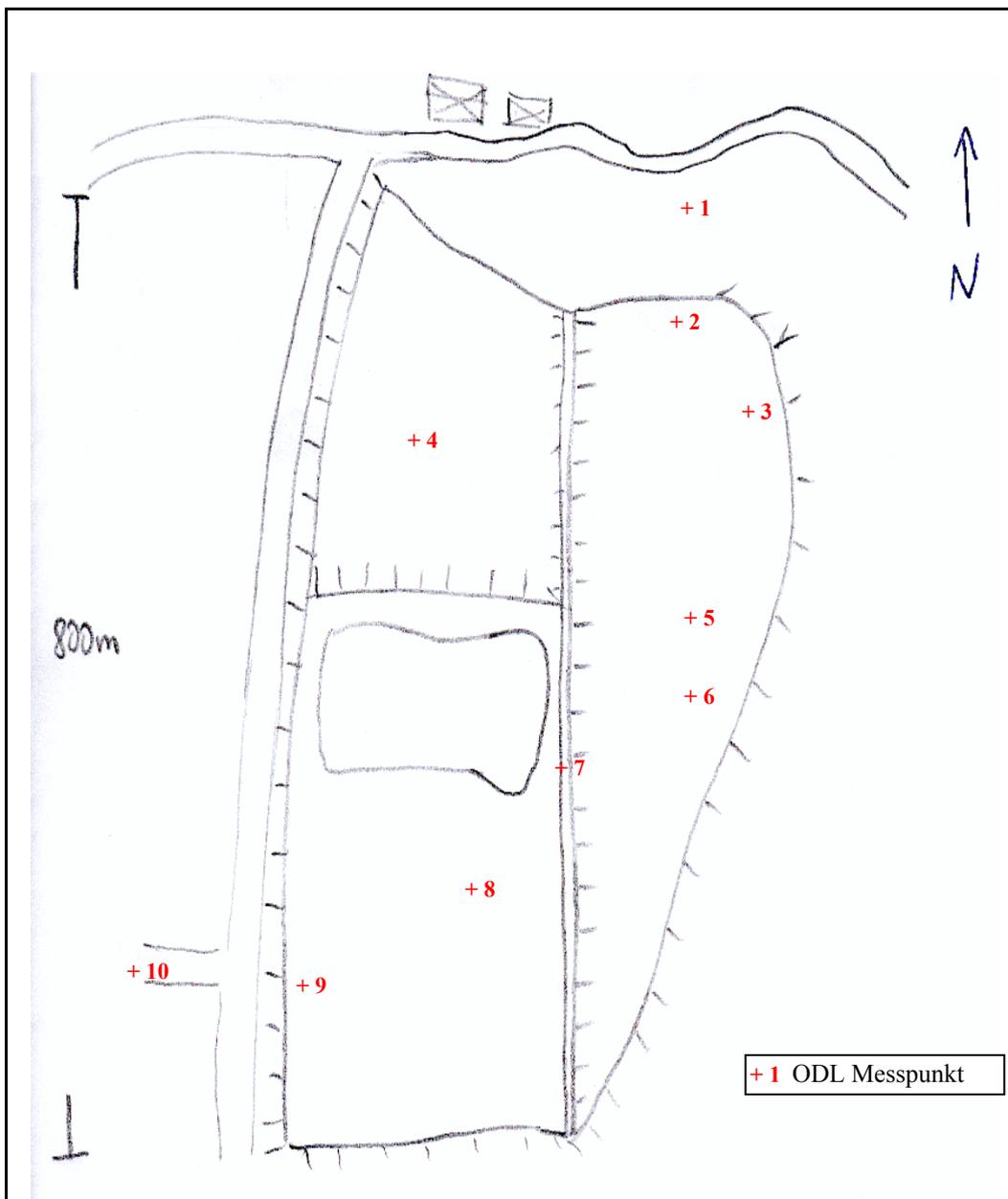


Abbildung 37:
Lokationen am
NORM-Standort
„Haldengebiet
Peiting“, Hand-
skizze des Hal-
dengeländes mit
ODL-
Messpunkten

4.2.4.2 Messergebnisse

4.2.4.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 41 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 37 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 41 enthält außerdem die genaue Position der Messpunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zum Bodenzustand und zur Bodenneigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau				Witterung: heiter	
Standort: Halde bei Peiting			Blatt: TK 8231, Peiting		Datum: 14.12.2004
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E			Datenerfasser: Dworazik, Renk, Mayer, Streit		
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Böschungswinkel
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt, gefroren	steil; flach; eben
1	4421454	5293805	90	g	f
2	4421419	5293755	134	g	f
3	4421419	5293690	165	g	f
4	4421234	5293685	94	g	f
5	4421374	5293575	121	g	f
6	4421374	5293505	164	g	f
7	4421304	5293425	104	g	f
8	4421244	5293375	125	g	f
9	4421089	5293355	129	g	f
10	4420984	5293400	100	g	f

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 41: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Peiting“

4.2.4.3 Diskussion der Messergebnisse

Mit im Mittel 126 nSv/h liegt die gemessene Gamma-Dosisleistung auf dem gleichen Niveau wie die *Halde am Bergbaumuseum* und die *Halde Grandlmoos* in Peißenberg (*Halde 1* und *Halde 2*, s. Kap. 4.2.2.3). Sie liegt im Mittel um einen Faktor 1,4 über dem natürlichen Strahlungsuntergrund von 90 nSv/h. Der Variationskoeffizient beträgt 20 %.

4.2.5 Haldengebiet Penzberg

4.2.5.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Penzberg liegt etwa 19 km westlich von Bad Tölz und ca. sieben Kilometer südlich vom Starnberger See. Das Haldengebiet Penzberg besteht aus zwei Halden.

4.2.5.1.1 Halde 1 (Nonnenwald)

Auf der Halde befindet sich ein geteertes, abgesperrtes Firmengelände. Lediglich ein kleiner bewaldeter Haldenabschnitt ist frei zugänglich. In der Karte von Abbildung 38 sind die Messpunkte für die Gamma-Dosisleistungsmessungen der Halde eingezeichnet.

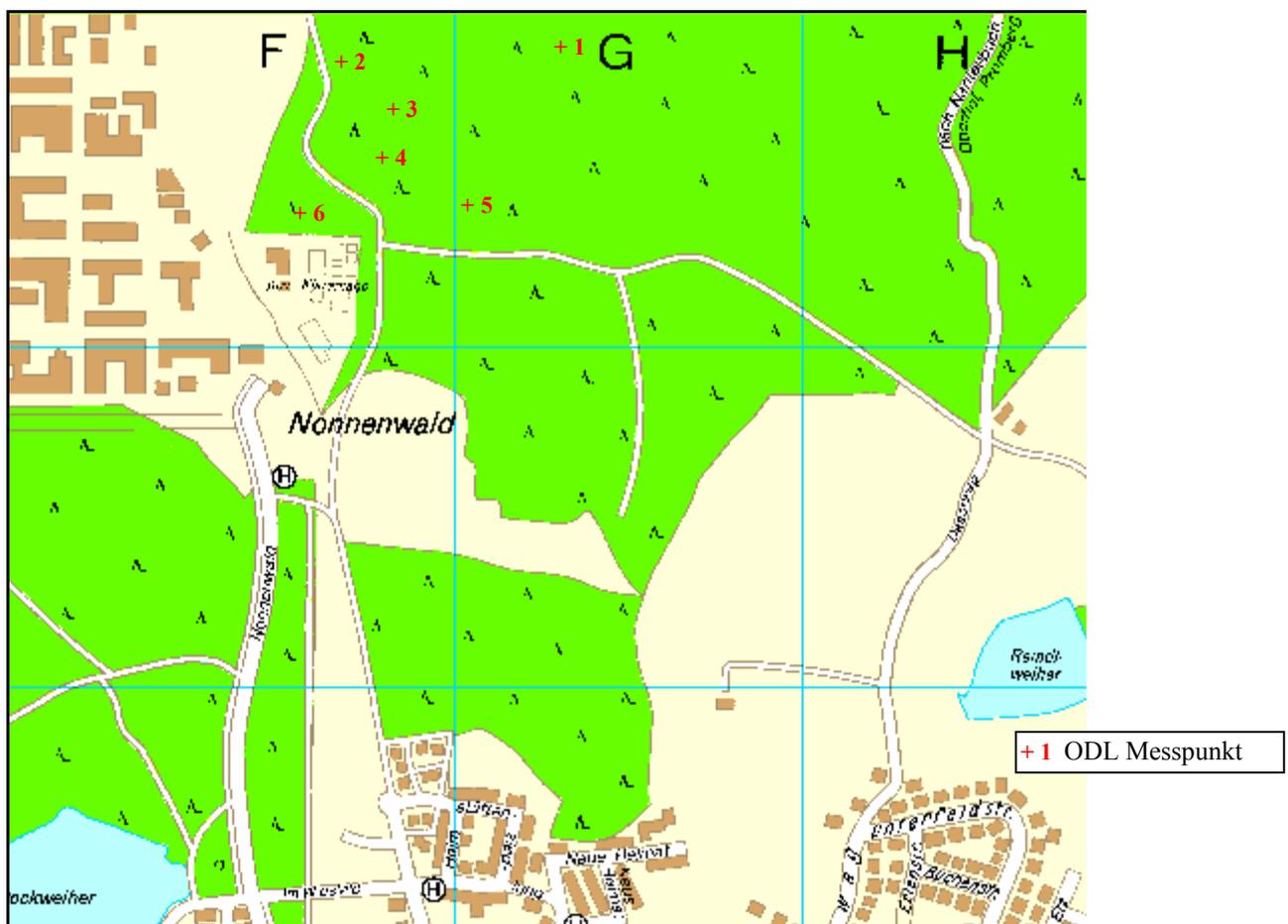


Abbildung 38: Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg, Halde 1“, Ausschnitt aus dem Stadtplan von Penzberg mit ODL-Messpunkten, Karte: www.stadtplan.de

4.2.5.1.2 Halde 2 (Erholungs- und Freizeitzentrum)

Das Haldengelände wurde in ein Naherholungszentrum mit Langlaufloipe, Tellerlift, Rodelpiste und anderen Sportanlagen umgewandelt (Abbildung 39). In der Karte von Abbildung 39 sind die Messpunkte für die Gamma-Dosisleistungsmessungen incl. der Referenzmessungen in der Umgebung der Halde eingezeichnet.

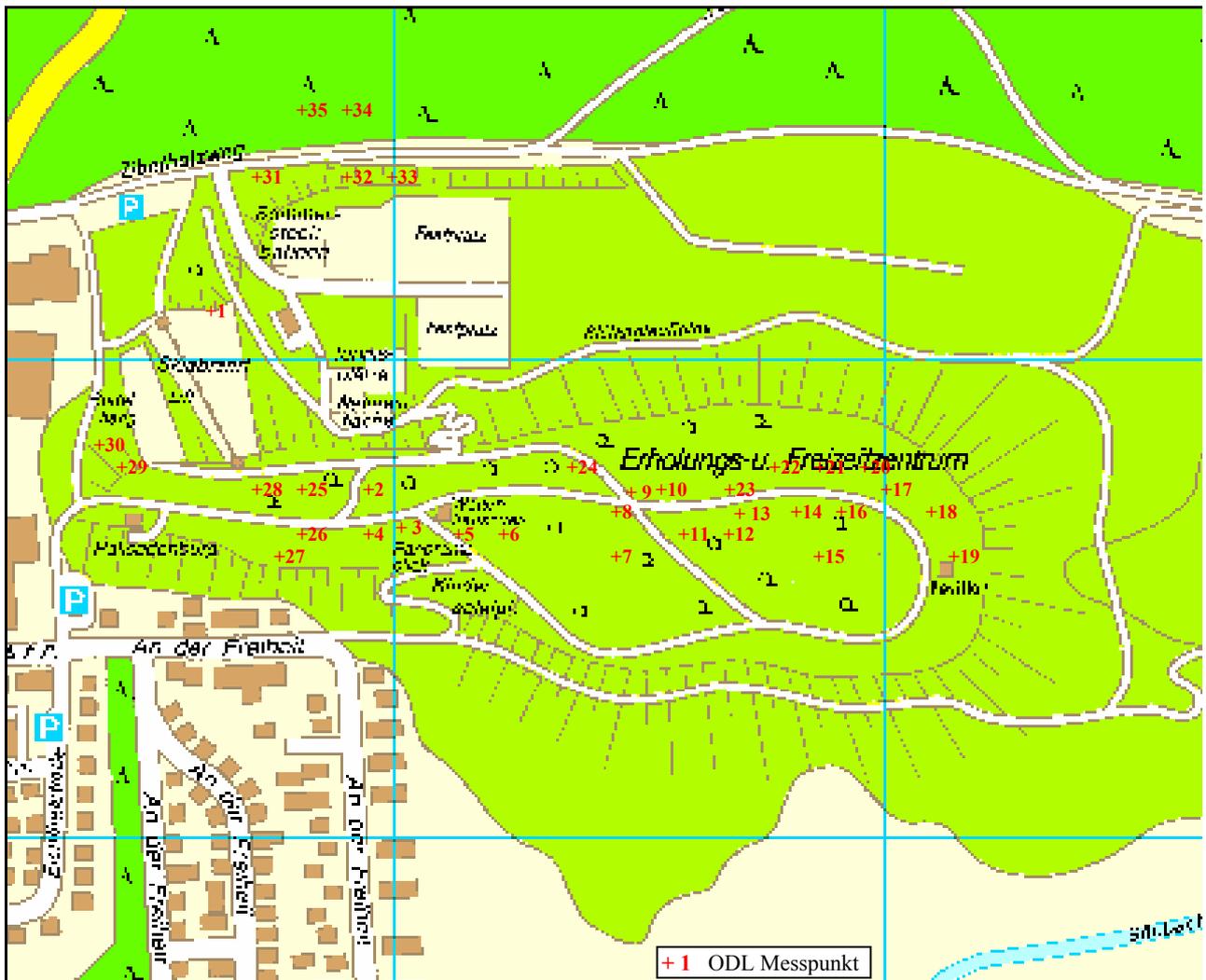


Abbildung 39: Lokationen am NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg, Halde 2“, Ausschnitt aus dem Stadtplan von Penzberg mit ODL-Messpunkten; Karte: www.stadtplan.de

4.2.5.2 Messergebnisse

4.2.5.2.1 Halde 1 (Nonnenwald)

4.2.5.2.1.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 42 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 38 eingezeichneten Messpunkte.

Tabelle 42 enthält außerdem die genaue Position der Messpunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zum Bodenzustand und zur Bodenneigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau				Witterung: heiter	
Standort: Halde am Nonnenwald, Penzberg			Blatt: TK 8334, Bad Tölz		Datum: 12.12.2004
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E			Datenerfasser: Dworazik, Renk, Mayer, Streit		
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert	Boden	Böschungswinkel
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt, gefroren	steil; flach; eben
1	4453819	5293150	78	g	f
2	4453664	5293155	74	g	f
3	4453729	5293110	111	g	f
4	4453729	5293070	107	g	f
5	4453804	5293035	101	g	f
6	4453614	5293035	91	G	f

Tabelle 42: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Penzberg, Halde 1“

4.2.5.2.2 Halde 2 (Erholungs- und Freizeitzentrum)

4.2.5.2.2.1 Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. Die Bodenluft zur Bestimmung der Radonaktivitätskonzentration wurde in einer Tiefe von 0,8 m mittels einer Sonde angesaugt.

In Tabelle 43 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] sowie die Messergebnisse der Aktivitätskonzentration des Radionuklids Rn-222 in der Bodenluft in der Einheit [Bq/l] angegeben. Die Tabellenangabe „Lfd. Nr.“ bezieht sich jeweils auf die in Abbildung 39 eingezeichneten Messpunkte.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau						Witterung: heiter		
Standort: Halde als Erholungs- und Freizeitzentrum-Penzberg				Blatt: TK 8334, Bad Tölz		Datum: 12.12.2004		
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe								
Datenerfasser: Dworazik, Renk, Mayer, Streit								
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert		Boden feucht; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbedeckt	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff- Probentnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}				
1	4454089	5291210	134	.	G	G	f	OB-1-1
2	4454229	5291030	133	28,1	G	G	f	OB-1-2
3	4454264	5290990	132	.	G	G	f	.
4	4454239	5290990	127	.	G	G	f	.
5	4454319	5290975	121	19,8	G	G	f	OB-1-3
6	4454374	5290975	126	.	G	G	f	.
7	4454444	5290965	128	.	G	G	f	.
8	4454439	5291015	144	.	G	G	f	.
9	4454444	5291045	215	75,4	G	G	f	OB-1-4
10	4454474	5291045	140	.	G	G	f	.
11	4454489	5291000	128	.	G	G	f	.
12	4454524	5291000	221	61,1	G	G	f	OB-1-5
13	4454589	5291030	186	57,6	G	G	f	OB-1-6
14	4454624	5291025	198	.	G	G	f	.
15	4454664	5290995	133	.	G	G	f	.
16	4454684	5291030	141	.	G	G	f	.
17	4454734	5291050	206	22,9	G	G	f	OB-1-7
18	4454774	5291005	233	28,0	G	G	f	OB-1-8
19	4454774	5290970	231	.	G	G	f	.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau					Witterung: heiter			
Standort: Halde als Erholungs- und Freizeitzentrum-Penzberg				Blatt: TK 8334, Bad Tölz		Datum: 12.12.2004		
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe								
Datenerfasser: Dworazik, Renk, Mayer, Streit								
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert		Boden feucht; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbedeckt	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff- Probe- entnah- me
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}				
20	4454684	5291065	125	.	G	G	f	.
21	4454654	5291065	123	.	G	G	f	.
22	4454609	5291070	176	.	G	G	f	.
23	4454549	5291045	134	.	G	G	f	.
24	4454389	5291050	118	.	G	G	f	.
25	4454249	5291035	139	.	G	G	f	.
26	4454254	5291095	129	.	G	G	f	OB-1-9
27	4454239	5290975	133	.	G	G	f	.
28	4454224	5291030	163	.	G	G	f	OB-1-10
29	4454169	5291050	149	.	G	G	f	.
30	4454144	5291080	174	.	G	G	f	.
31	4454124	5291295	97	36,7	G	G	f	OB-1-11
32	4454229	5291310	91	.	G	G	f	.
33	4454279	5291305	95	.	G	G	f	.
34	4454229	5291399	108	55,5	G	G	f	OB-1-12
35	4454199	5291385	107	.	G	G	f	OB-1-13

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 43: Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Penzberg Halde 2“

Tabelle 43 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 43 ist gleichsam angegeben, an welchen Positionen mit welchen Bezeichnungen Bodenproben entnommen wurden.

4.2.5.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der jeweiligen Proben sind Tabelle 43 zu entnehmen.

Nach Entfernen der Bodenauflage wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen. Tabelle 44 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
OB-1-1	57	66	61	88	19	19	6	6	262
OB-1-2	250	225	224	213	31	30	14	13	455
OB-1-3	43	39	37	111	28	28	3	2	379
OB-1-4	149	122	127	198	15	15	9	9	217
OB-1-5	497	515	413	438	35	37	23	24	467
OB-1-6	117	112	111	178	41	41	9	6	439
OB-1-7	433	439	350	329	39	36	25	23	480
OB-1-8	143	177	133	159	28	28	8	9	373
OB-1-9	95	123	65	167	20	19	4	3	297
OB-1-10	144	193	121	137	23	27	6	11	373
OB-1-11	20	20	19	44	16	15	2	1	389
OB-1-12	27	32	31	76	13	13	2	2	188
OB-1-13	52	48	45	124	30	28	5	5	363

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 43 ; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 44: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Penzberg, Halde 2“ entnommen wurden

4.2.5.3 Diskussion der Messergebnisse

Tabelle 45 zeigt die im Mittel gemessene Gamma-Dosisleistung auf den beiden Penzberger Halden sowie weitere statistische Kennzahlen.

Statistische Kennzahl	Halde 1 (Nonnenwald)	Halde 2 (Erholungs- u. Freizeitzentrum)
MW Halde	94 nSv/h	155 nSv/h
MW Nulleff. (NE)	.	102 nSv/h
MW Halde/ MW NE	.	1,5
StaAbw. Halde	15,3 nSv/h	36,2 nSv/h
Var.-Koeff. Halde	16,3 %	23,4 %
MW PN-Pkt. Halde	.	174 nSv/h
MW PN-Pkt. NE	.	104 nSv/h

Tabelle 45: Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg“ anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)

Halde 1 zeigt relativ niedrige ODL-Werte; „Background“-Werte wurden hier nicht aufgenommen. Bei *Halde 2*, die bzgl. ihrer Dosisleistungswerte mit *Halde 4* des *Peißenberger* Gebietes vergleichbar ist, beträgt die im Mittel gemessene Gamma-Dosisleistung 155 nSv/h. Sie liegt damit um einen Faktor 1,5 über dem natürlichen Strahlungsuntergrund.

Mit einem Variationskoeffizienten von 16 % und 23 % erweisen sich die Halden als recht heterogen.

Die mittlere ODL an den Punkten zur Entnahme der Materialproben betrug bei *Halde 2* 174 nSv/h und liegt damit an den Probeentnahmepunkten um 13 % höher als im Haldendurchschnitt. Obwohl nicht konsequent die Stellen mit der höchsten Dosisleistung beprobt wurden, liegt damit eine Tendenz in Richtung „Hot-Spot-Beprobung“ vor.

In Tabelle 46 sind die Verhältniszahlen zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität der Halde und des „Backgrounds“ angegeben. Die Verhältnisse sind qualitativ mit denen in *Peißenberg* vergleichbar (s. Kap. 4.2.2.3), erreichen jedoch nicht die hohen Werte wie dort (Tabelle 36).

Standort	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
Halde 2	5,8	6,0	5,2	2,5	1,4	1,5	3,6	4,0	1,2

Tabelle 46: Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg“; Halde 2

Die oberflächennahe Haldenaktivität ist sehr inhomogen, was sich im jeweiligen Variationskoeffizienten ausdrückt (Tabelle 47). War bezüglich der Dosisleistung *Halde 2* (Var.-Koeff. 23 %) mit der *Peißenberger Halde 4* (Var.-Koeff. 25 %) vergleichbar, so ist bei den massenbezogenen Aktivitäten der Koeffizient im Mittel größer (57 %) als bei *Halde 4* in *Peißenberg* (48 %).

Kennzahl	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
MW [Bq/kg]	193	201	164	202	28	28	11	11	374
StaAbw. [Bq/kg]	155	157	126	106	9	8	8	8	91
Var.-Koeff.	80%	78%	77%	53%	31%	30%	72%	72%	24%

Tabelle 47: Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg“; Halde 2

Die mittleren Halden-Aktivitäten liegen in der Uran-Reihe um die 200 Bq/kg (ausgenommen Rn-222 aufgrund der Emanation). Sie sind damit niedriger als bei *Halde 4* in *Peißenberg*.

Wie bereits bei den *Peißenberger* Halden, kann auch hier im Rahmen der Messunsicherheiten radioaktives Gleichgewicht innerhalb der Th-Reihe (Ra-228 → Tl-208/Po-212) festgestellt werden (vgl. Tabelle 44).

Die Radonemanation fällt mit einem Faktor 1,2 zwischen Ra-226-Aktivität und Rn-222-Aktivität (Tabelle 48) geringer aus als in *Peißenberg* (Faktor 1,6 und 2,0).

Standort	U-238/Ra-226	U-238/Pb-210	Ra-226/Rn-222
Halde 2	1,0	0,9	1,2

Tabelle 48: Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Haldengebiet Penzberg“; Halde 2

Im Mittel liegt radioaktives Gleichgewicht zwischen U-238 und Ra-226 vor (Faktor 1,0; Faktoren in *Peißenberg*: 0,8 und 0,9).

Zwischen U-238 und Pb-210 gibt es mit einem Faktor von 0,9 im Mittel ein geringfügiges Ungleichgewicht (Faktoren in *Peißenberg*: 1,0 und 1,0).

Die mittlere gemessene Rn-222-Konzentration in der Bodenluft der Halde beträgt 42 Bq/l, bei einem Maximalwert von 75 Bq/l. Da der mittlere „Background“-Wert 46 Bq/l beträgt, kann die Rn-222-Bodenluftaktivitätskonzentration als nicht erhöht angesehen werden.

4.2.6 Haldengebiet Miesbach

4.2.6.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

In Miesbach sind zwei durch den Bergbau im 19. Jahrhundert entstandene Halden vorzufinden. Entsprechend ihrer Größe werden sie im Folgenden als *große Halde* und als *kleine Halde* bezeichnet.

Wie aus Abbildung 40 erkenntlich, liegen sie direkt in Miesbach und sind heute vollständig bebaut. Die Siedlung, die auf der größeren der beiden Halden steht, nennt sich *Berghalde*.

Die zwei im Nordwesten von Miesbach gelegenen Halden sind gut über die Hauptstraße von Miesbach zu erreichen.

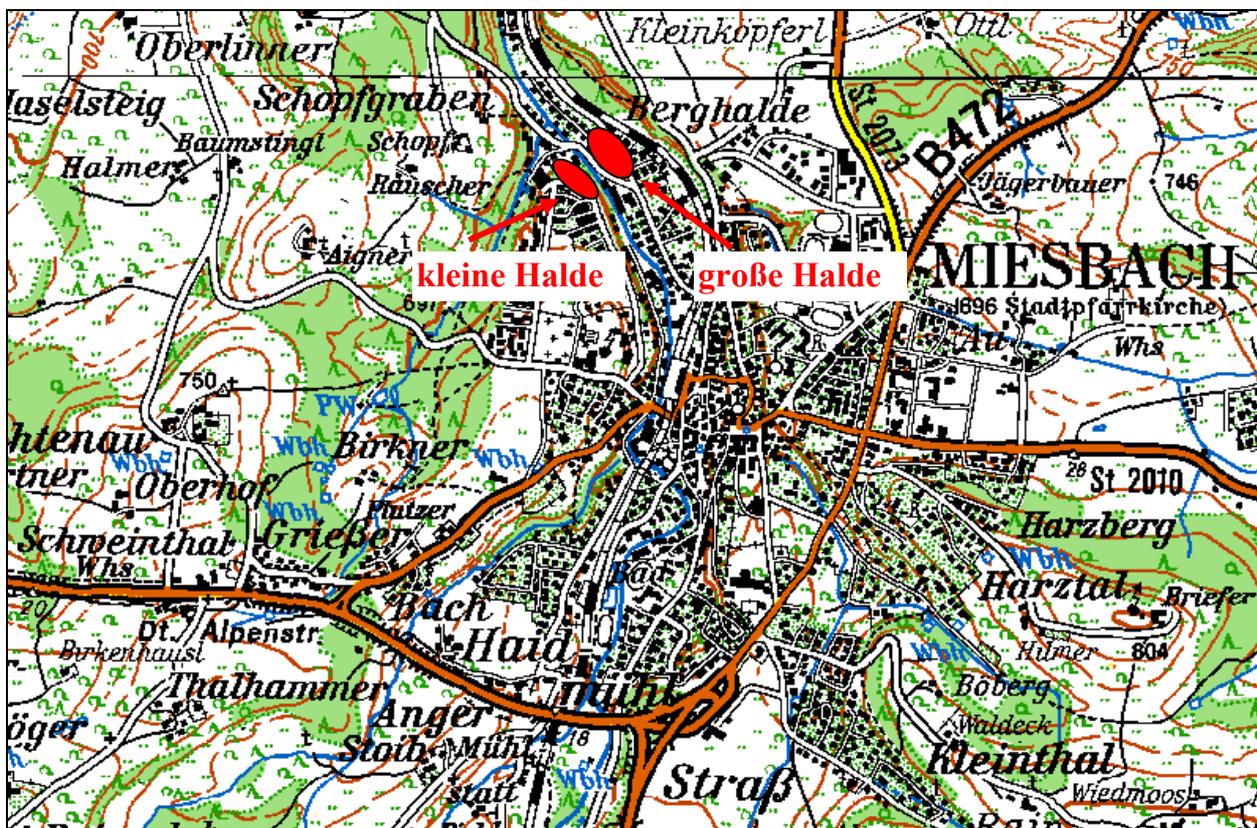


Abbildung 40: NORM-Standort „Haldengebiet Miesbach, große und kleine Halde“;
Karte: Top 50, Bayern Süd

4.2.6.1.1 Halde 1 (große Halde)



Abbildung 41:
Wohnsiedlung „Bergehalde“ auf
der großen Halde in Miesbach

Einen Eindruck von der Bebauung der großen Halde vermittelt Abbildung 41, welche eine Aufnahme der *Wohnsiedlung Bergehalde* zeigt.

Aufgrund der orientierend gemessenen Gamma-Dosisleistungswerte, welche keine Erhöhung des natürlich vorhandenen Strahlungsuntergrundes erkennen ließen, wurden keine Positionsangaben der einzelnen Messpunkte aufgenommen und auch keine Bodenproben entnommen.

4.2.6.1.2 Halde 2 (kleine Halde)

Die kleinere der beiden *Miesbacher* Halden weist eine ebenso starke Bebauung mit relativ niedrigen Gamma-Dosisleistungswerten auf, wie die große Halde. Aus diesem Grund wurden auch hier keine Positionsangaben zu den einzelnen Messpunkten kartographisch aufgenommen und keine Bodenproben entnommen.

4.2.6.2 Messergebnisse

4.2.6.2.1 Halde 1 (große Halde)

4.2.6.2.1.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 49 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Tabelle 49 enthält außerdem die mittlere Position der Haldenmitte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zum Bodenzustand und zur Bodenneigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau				Witterung: Sonne	
Standort: große Halde, Miesbach			Blatt: TK 8237, Miesbach		Datum: 26.11.2004
Messgerät: ODL: Automess, Szintomat 6134				Datenerfasser: Mayer, Streit	
Lfd.- Nr.:	Lokation (Haldenmitte)		Messwert	Boden	Böschungswinkel
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt, gefroren	steil; flach; eben
1	4487240	5295390	90	n	f
2	4487240	5295390	80	n	f
3	4487240	5295390	70	n	f
4	4487240	5295390	80	n	f
5	4487240	5295390	90	n	f
6	4487240	5295390	80	n	f
7	4487240	5295390	70	n	f
8	4487240	5295390	70	n	f
9	4487240	5295390	90	n	f
10	4487240	5295390	60	n	f

Tabelle 49: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Miesbach“, Halde 1 (große Halde)

4.2.6.2.2 Halde 2 (kleine Halde)

4.2.6.2.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 50 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Tabelle 50 enthält außerdem die Position der Haldenmitte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zum Bodenzustand und zur Boden­neigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau				Witterung: Sonne	
Standort: kleine Halde, Miesbach		Blatt: TK 8237, Miesbach		Datum: 26.11.2004	
Messgerät: ODL: Automess, Szintomat 6134			Datenerfasser: Mayer, Streit		
Lfd.- Nr.:	Lokation (Haldenmitte)		Messwert	Boden	Böschungswinkel
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt, gefroren	steil; flach; eben
1	4487130	5295390	80	n	f
2	4487130	5295390	80	n	f
3	4487130	5295390	60	n	f
4	4487130	5295390	60	n	f
5	4487130	5295390	70	n	f
6	4487130	5295390	50	n	f

Tabelle 50: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Miesbach“ Halde 2 (kleine Halde)

4.2.6.3 Diskussion der Messergebnisse

Mit einer mittleren Gamma-Dosisleistung von 78 nSv/h (Halde 1) und 67 nSv/h (Halde 2) kann diese als nicht erhöht angesehen werden. „Background“-Werte aus der näheren Haldenumgebung liegen nicht vor.

Mit einem Variationskoeffizient von 13 % und 18 % bestätigt sich die höhere Heterogenität der oberbayerischen Halden im Vergleich zum Ruhrgebiet (vgl. z. B. Tabelle 35, Tabelle 45).

4.2.7 Haldengebiet Hausham

4.2.7.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Etwas außerhalb des Ortes Hausham gelegen befindet sich eine Halde, die derzeit zu einer Mülldeponie ausgebaut wird (im Folgenden als *große Halde* bezeichnet). Die Halde befindet sich nördlich der Stadt (Abbildung 42).

Im Osten von Hausham befindet sich ein Wohngebiet, bei welchem davon ausgegangen werden kann, dass es auf einer ehemaligen Halde errichtet wurde (im Folgenden als *kleine Halde* bezeichnet). Aushubmaterial von neu zu errichtenden Gebäuden bestätigte diese Annahme.

Beide Gebiete sind gut erreichbar. Die als Mülldeponie umfunktionierte *große Halde* war nur innerhalb der Öffnungszeiten begehbar.

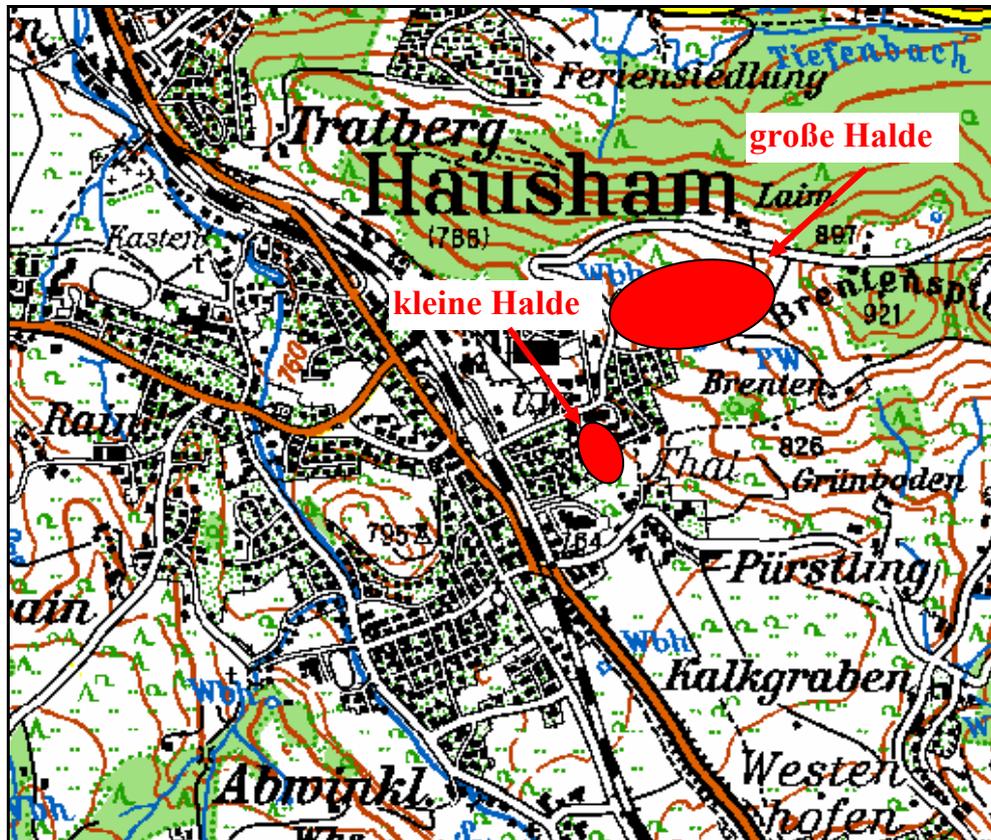


Abbildung 42: NORM-Standort „Haldengebiet Hausham, große und kleine Halde“;
Karte: Top 50. Bayern Süd

4.2.7.1.1 Halde 1 (große Halde)



*Abbildung 43:
Große Halde in Hausham (jetzt
Mülldeponie)*

Die Aufnahme von Abbildung 43 zeigt die als Mülldeponie umgestaltete *große Halde*.

Aufgrund der orientierend gemessenen Gamma-Dosisleistungswerte, welche keine nennenswerte Erhöhung des natürlich vorhandenen Strahlungsuntergrundes zeigten, wurden keine Positionsangaben der einzelnen Messpunkte aufgenommen und auch keine Bodenproben entnommen.

4.2.7.1.2 Halde 2 (kleine Halde)

Auf der kleinen Halde in Hausham wurden zum Zeitpunkt der Messkampagne weitere Gebäude errichtet (Abbildung 44). Da auch hier relativ niedrige Gamma-Dosisleistungswerte registriert wurden, wurde auf die grafische Darstellung von Messpunktpositionen verzichtet und keine Bodenproben entnommen.



Abbildung 44: Kleine Halde in Hausham (Wohnsiedlung); Bodenaushub für Neubauten

4.2.7.2 Messergebnisse

4.2.7.2.1 Halde 1 (große Halde)

4.2.7.2.1.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 51 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Tabelle 51 enthält außerdem die Position der Haldenmitte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zum Bodenzustand und zur Bodenneigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau				Witterung: Sonne	
Standort: große Halde, Hausham		Blatt: TK 8237, Miesbach		Datum: 26.11.2004	
Messgerät: ODL: Automess, Szintomat 6134			Datenerfasser: Mayer, Streit		
Lfd.- Nr.:	Lokation (Haldenmitte)		Messwert	Boden	Böschungswinkel
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt,	steil; flach; eben
1	4489630	5290650	110	f	f
2	4489630	5290650	120	f	f
3	4489630	5290650	100	f	f
4	4489630	5290650	50	f	f
5	-	-	60	f	f
6	4489630	5290650	80	f	f

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 51: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Hausham“, Halde 1 (große Halde)

4.2.7.2.2 Halde 2 (kleine Halde)

4.2.7.2.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. In Tabelle 52 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Tabelle 52 enthält außerdem die Position der Haldenmitte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zum Bodenzustand und zur Boden­neigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau			Witterung: Sonne		
Standort: kleine Halde, Hausham		Blatt: TK 8237, Miesbach		Datum: 26.11.2004	
Messgerät: ODL: Automess, Szintomat 6134			Datenerfasser: Mayer, Streit		
Lfd.- Nr.:	Lokation (Haldenmitte)		Messwert	Boden	Böschungswinkel
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt, gefroren	steil; flach; eben
1	4488320	5290290	110	n	e
2	4488320	5290290	90	n	e
3	4488320	5290290	100	n	e
4	4488320	5290290	90	n	e
5	4488320	5290290	80	n	e

Tabelle 52: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Hausham“, Halde 2 (kleine Halde)

4.2.7.3 Diskussion der Messergebnisse

Mit einer mittleren Gamma-Dosisleistung von 92 nSv/h (Halde 1) und 94 nSv/h (Halde 2) liegen die beiden Halden um ca. einen Faktor 1,5 über dem natürlichen Strahlungsuntergrund von 60 nSv/h. Dieser Faktor ist mit *Peißenberg*, *Penzberg* und *Peiting* vergleichbar. Absolut gesehen erreicht die Dosisleistung jedoch nicht die Werte der vorgenannten Haldengebiete.

Die Heterogenität der Halden ist mit denen der anderen oberbayerischen Haldengebiete vergleichbar (Variationskoeffizient 30 % und 12 %).

4.2.8 Haldengebiet Marienstein

4.2.8.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

In der Ortschaft Marienstein, bei Bad Tölz, haben wir eine Halde vorgefunden. Marienstein ist ein Sackgassen-Ort und nur über die B472 zu erreichen (Abbildung 46). Die Halde ist unbebaut jedoch am Top relativ üppig bewachsen. Die Hänge sind sehr steil und weisen daher weniger Bewuchs auf (Abbildung 45).



*Abbildung 45:
Bergehalde in Marienstein*

Zunächst wurden im November 2004 orientierende Untersuchungen in Form von Ortsdosisleistungsmessungen durchgeführt. Nachdem mehrmals Werte bis zu 120 nSv/h gemessen wurden, entschloss man sich, die Halde im Dezember 2004 genauer zu untersuchen.



*Abbildung 46: NORM-Standort „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“;
Karte: Top 50, Bayern Süd*

4.2.8.2 Messergebnisse

4.2.8.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau				Witterung: Sonne	
Standort: Bergehalde, Marienstein		Blatt: TK 8236, Tegernsee		Datum: 26.11.2004	
Messgerät: ODL: Automess, Szintomat 6134			Datenerfasser: Mayer, Streit		
Lfd.- Nr.:	Lokation (Haldenmitte)		Messwert	Boden	Böschungswinkel
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	feucht; trocken; nass; versiegelt, gefroren	steil; flach; eben
1	4476210	5290380	60	f	f
2	-	-	60	f	f
3	4476210	5290380	80	f	f
4	4476210	5290380	90	f	f
5	4476210	5290380	110	f	f
6	4476210	5290380	120	f	f
7	4476210	5290380	100	f	f
8	4476210	5290380	110	f	f
9	4476210	5290380	100	f	f
10	4476210	5290380	90	f	f
11	4476210	5290380	100	f	f
12	4476210	5290380	100	f	f
13	4476210	5290380	100	f	f
14	-	-	70	f	f
15	-	-	80	f	f
16	4476210	5290380	100	f	f
17	4476210	5290380	80	f	f
18	4476210	5290380	80	f	f
19	4476210	5290380	120	f	f
20	4476210	5290380	120	f	f
21	4476210	5290380	110	f	f

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 53: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“; Voruntersuchung

Zunächst sind in Tabelle 53 die Messergebnisse der Voruntersuchungen angegeben (Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h]). Tabelle 53 enthält außerdem die

Position der Haldenmitte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Messtag, zum Bodenzustand und zur Bodenneigung.

Tabelle 54 enthält die Ergebnisse der detaillierten Messungen (Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h]; Aktivitätskonzentration des Radionuklids Rn-222 in der Bodenluft (0,8 m Tiefe) in der Einheit [Bq/l]) inklusive der Angaben zur Witterung am Messtag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs, zur Bodenneigung und zu den Koordinaten der Mess- und Probeentnahmepunkte. Sie enthält auch Informationen, an welchen Positionen mit welchen Bezeichnungen Bodenproben entnommen wurden.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau							Witterung: Sonne	
Standort: Bergehalde, Marienstein				Datenerfasser: Mayer, Streit		Datum: 13.12.2004		
Messgerät: ODL: Automess, Szintomat 6134; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe						Blatt: TK 8236, Tegernsee		
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert		Boden	Bewuchs	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff- Probeentnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}	nass; trocken; gefroren	ohne; Gras; laubbedeckt		
1	4476199	5290335	89		n	l	f	
2	4476219	5290355	95		n	l	f	
3	4476234	5290370	108		n	l	f	
4	4476249	5290385	122		n	l	f	
5	4476259	5290400	127		n	l	f	
6	4476269	5290420	161	94	n	l	f	OB-4-3
7	4476279	5290445	131		n	l	f	
8	4476279	5290470	163	80	n	l	f	OB-4-4
9	4476259	5290470	143		n	l	f	
10	4476239	5290460	171		n	l	f	
11	4476219	5290445	236		n	l	f	OB-4-5
12	4476199	5290430	160		n	l	f	
13	4476179	5290410	246		n	l	f	OB-4-6
14	4476159	5290395	180		n	l	f	
15	4476144	5290385	191		n	l	f	OB-4-7
16	4476129	5290360	191		n	l	f	
17	4476119	5290335	209		n	l	f	OB-4-8
18	4476129	5290300	187		n	l	f	
19	4476149	5290305	180		n	l	f	
20	4476179	5290315	253	848	n	l	f	OB-4-10
21	4476179	5290328	198		n	l	f	
22	4476149	5290335	206		n	l	f	
23	4476169	5290360	193		n	l	f	
24	4475194	5290380	166		n	l	f	
25	4475219	5290410	187		n	l	f	

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Pechkohlenbergbau						Witterung: Sonne		
Standort: Bergehalde, Marienstein			Datenerfasser: Mayer, Streit			Datum: 13.12.2004		
Messgerät: ODL: Automess, Szintomat 6134; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe						Blatt: TK 8236, Tegernsee		
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert		Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff-Probentnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}	nass; trocken; gefroren	ohne; Gras; laubbedeckt	steil; flach; eben	
26	4476139	5290768	174		n	l	f	
27	4476129	5290741	146		n	l	f	
28	4476159	5290739	156		n	l	f	
29	4476164	5290773	132		n	l	f	
30	4476114	5290255	94	69	n	G	e	OB-4-1
31	4476264	5290555	99	81	n	G	e	OB-4-2

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 54: Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“

4.2.8.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der jeweiligen Proben sind Tabelle 54 zu entnehmen. Nach Entfernen der Bodenaufgabe wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen. Tabelle 55 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
OB-4-1	18	41	26	146	38	36	3	1	504
OB-4-2	20	26	26	0,5	3	3	2	2	93
OB-4-3	347	439	202	460	29	31	14	21	460
OB-4-4	417	497	273	472	36	35	20	24	476
OB-4-5	697	656	426	501	38	37	35	34	435
OB-4-6	355	385	355	980	28	30	17	19	395
OB-4-7	275	300	170	402	10	12	14	15	107
OB-4-8	304	378	353	330	55	55	18	22	542
OB-4-10	183	227	134	296	30	28	12	10	419

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 54; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 55: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“ entnommen wurden

4.2.8.3 Diskussion der Messergebnisse

Für die nachfolgende Betrachtung und Diskussion wurden die Ergebnisse der detaillierten Untersuchung (Tabelle 54, Tabelle 55) zugrunde gelegt. Zur Ermittlung des „Backgrounds“ wurden zusätzlich die Ergebnisse der Voruntersuchung einbezogen (Tabelle 53).

In Tabelle 56 ist die im Mittel gemessene Gamma-Dosisleistung auf der *Mariensteiner Bergehalde* verzeichnet. Weitere statistische Kennzahlen sind angegeben.

Statistische Kennzahl	Bergehalde
MW Halde	169 nSv/h
MW Nulleff. (NE)	77 nSv/h
MW Halde/ MW NE	2,2
StaAbw. Halde	41,3 nSv/h
Var.-Koeff. Halde	24,4%
MW PN-Pkt. Halde	208 nSv/h
MW PN-Pkt. NE	97 nSv/h

Tabelle 56: Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“ anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)

Mit einer mittleren Gamma-Dosisleistung von 169 nSv/h ist die *Bergehalde* in *Marienstein* mit *Halde 3* des *Peißenberger* Gebietes (171 nSv/h) vergleichbar. Der Unterschied zum Strahlungsuntergrund ist jedoch höher, er beträgt 2,2 (*Halde 3* in *Peißenberg*: 1,7).

Der Variationskoeffizient beträgt 24 %, was auf eine recht hohe Heterogenität hinweist, vergleichbar mit *Peißenberg, Halde 4* (25 %) sowie *Penzberg, Halde 2* (23 %).

Die mittlere ODL an den Positionen zur Entnahme der Materialproben betrug 208 nSv/h und liegt damit an diesen Positionen um 23 % höher als im Haldendurchschnitt. Obwohl nicht konsequent die Stellen mit der höchsten ODL beprobt wurden, liegt damit, ähnlich wie bei *Halde 4* in *Peißenberg* und beim Haldengebiet *Penzberg*, eine Tendenz in Richtung „Hot-Spot-Beprobung“ vor.

In Tabelle 57 sind radionuklidspezifische Verhältniszahlen zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität der Halde und des „Backgrounds“ angegeben. Die Verhältnisse erreichen bei den Radionukliden U-238, Ra-226, Rn-222 und Ac-227 mit Abstand die höchsten Werte, die im Rahmen des vorliegenden Projektes an den oberbayerischen Haldenstandorten ermittelt wurden. Die Verhältnisse der übrigen Radionuklide sind mit denen des *Peißenberger* Haldengebietes (vgl. Kap. 4.2.2.3) vergleichbar.

U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
19,4	12,3	10,5	6,7	1,6	1,7	7,4	13,8	1,4

Tabelle 57: Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“

Der auf die einzelnen Radionuklide bezogene Variationskoeffizient der massenbezogenen Haldenaktivität, welcher eine Aussage über die Homogenität der Aktivitätsverteilung zulässt, ist relativ konstant und beträgt im Mittel 40 % (Tabelle 58). Damit ist er höher als bei der Gamma-Dosisleistung dieser Halde, aber bei den Kontaminations-Radionukliden der Uran- und Actinium-Reihe im Allgemeinen niedriger als bei den übrigen oberbayerischen Standorten. (vgl. Tabelle 37, Tabelle 38, Tabelle 47).

Kennzahl	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
MW [Bq/kg]	368	412	273	492	32	33	19	21	405
StaAbw. [Bq/kg]	162	139	109	228	13	13	8	8	140
Var.-Koeff.	44%	34%	40%	46%	42%	39%	42%	36%	34%

Tabelle 58: Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“

Die mittleren Halden-Aktivitäten liegen in der Uran-Reihe um die 400 Bq/kg (ausgenommen Rn-222 aufgrund der Emanation). Sie sind damit noch etwas höher als bei Halde 4 in *Peißenberg*.

Wie bereits bei den *Peißenberger* Halden und der untersuchten *Penzberger* Halde, kann auch hier im Rahmen der Messunsicherheiten radioaktives Gleichgewicht innerhalb der Th-Reihe (Ra-228 → Tl-208/Po-212) festgestellt werden (vgl. Tabelle 32, Tabelle 34, Tabelle 44).

Die Radonemanation ist mit einem Faktor 1,6 zwischen Ra-226-Aktivität und Rn-222-Aktivität (Tabelle 59) mit der Halde 3 aus *Peißenberg* zu vergleichen.

Standort	U-238/Ra-226	U-238/Pb-210	Ra-226/Rn-222
Halde 2	0,9	0,8	1,6

Tabelle 59: Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Haldengebiet Marienstein, Bergehalde“

Das Aktivitätsverhältnis U-238/Ra-226 beträgt 0,9 und ist damit mit den übrigen untersuchten oberbayerischen Standorten vergleichbar (*Peißenberg*: 0,8 und 0,9; *Penzberg*: 1,0).

Zwischen U-238 und Pb-210 gibt es mit einem Faktor von 0,8 im Mittel ein geringfügiges Ungleichgewicht (*Peißenberg*: 1,0 und 1,0; *Penzberg*: 0,9).

Die bei Beprobungsposition 20 (Tabelle 54) gemessene Rn-222-Konzentrationen in der Bodenluft von 848 Bq/l liegt um eine Größenordnung (Faktor 11,3) höher als der ermittelte Nulleffekt (75 Bq/l) und muss absolut gesehen als sehr hoch eingeordnet werden.

5 OBERFRANKEN

5.1 Allgemeines

Eines der Untersuchungsgebiete für den bayerischen Steinkohlenbergbau liegt im Norden Bayerns, im Regierungsbezirk *Oberfranken*. Das Bergbaugebiet *Stockheim/Reitsch* im Landkreis Kronach liegt direkt an der Landesgrenze zu Thüringen. Wenige Kilometer westlich von Stockheim, bereits in Thüringen gelegen, schließt sich das Bergbaugebiet *Neuhaus/Buch* an.

Die Anfahrt nach *Oberfranken* erfolgt vom Norden wie vom Süden am besten auf der A9 bis zum Autobahndreieck Bad Berneck-Himmelkron. Von Bad Berneck führen mehrere Wege nach Kronach. Auf der Bundesstrasse 85 sind es von dort in Richtung Saalfeld nur noch 15 km bis Stockheim bzw. Reitsch. Um zu den Lokalitäten bei Neuhaus zu kommen, muss man auf die Bundesstrasse 89 Richtung Sonneberg (in Thüringen) abbiegen.

Geographisch befindet man sich am Übergang vom *Thüringer Wald* aus dem Nordwesten kommend und dem *Frankenwald*, der sich nach Südosten fortsetzt. Das Rotliegendebcken von *Neuhaus-Stockheim* mit den Steinkohlelagerstätten liegt also im Bereich des ostthüringischen Schiefergebirges im Frankenwald. Zwischen *Neuhaus-Buch* und *Stockheim* läuft schon lange die Grenze zwischen Thüringen und Bayern, zuletzt als Grenze zur ehemaligen DDR. Die Geologie ist beidseits die gleiche.

Es handelt sich um ein permo-karbonisches Sedimentbecken /Fleischmann, 1990/. Das Rotliegende ist bei *Stockheim* durch zwei NW-SE streichende Störungen in drei Becken geteilt. Das Kohleflöz aus *Neuhaus* streicht SSE und biegt südlich von *Stockheim* um, um im Reitscher Becken nach NE zu streichen. Das mehrere Meter mächtige Hauptflöz beißt z. B. am Waldrand östlich der *Büttnerszeche* aus. Die Flözstufe mit diesem Hauptflöz gehört zum unteren Rotliegenden.

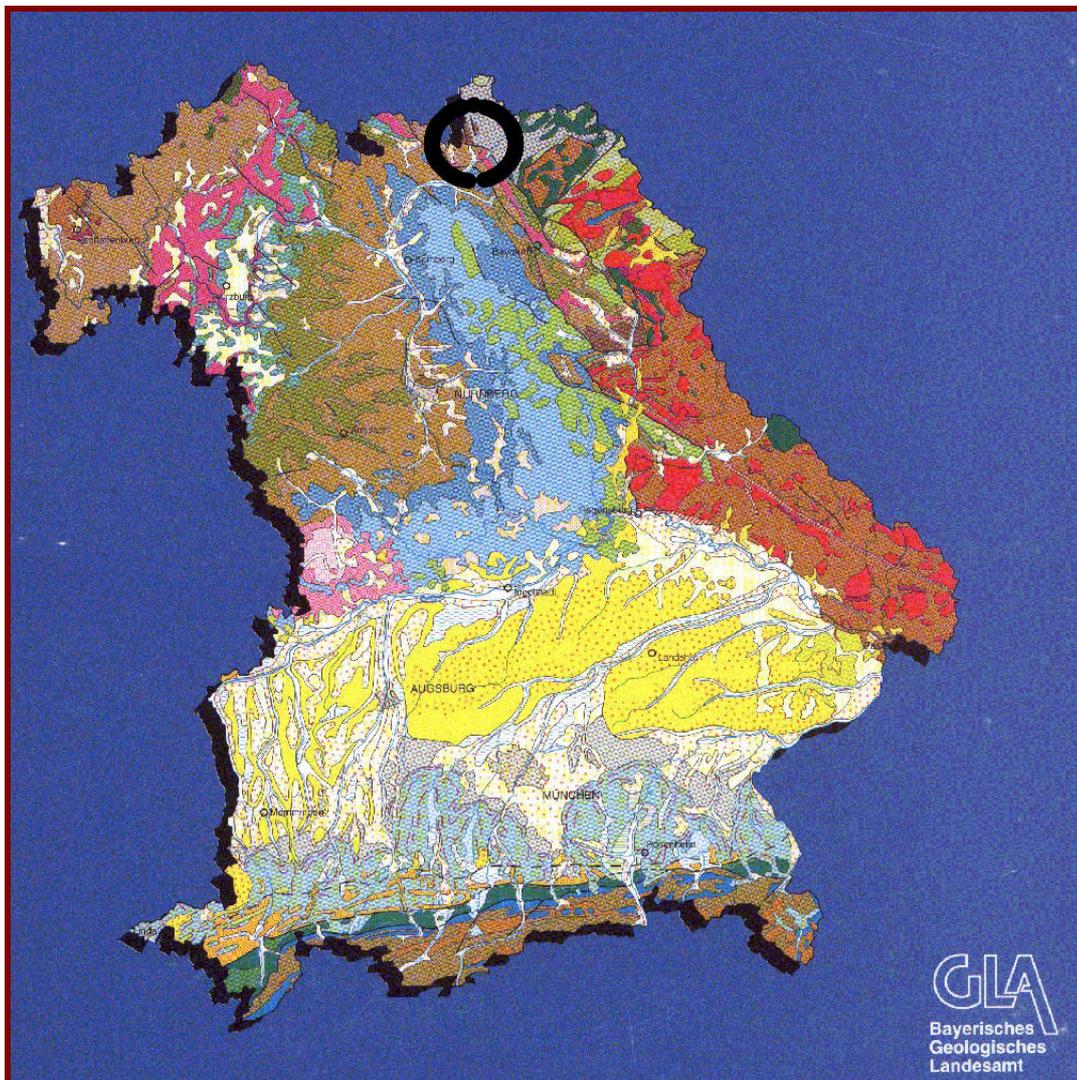
Die gesamte Schichtserie ist 800 bis 900 Meter mächtig und beginnt im Liegenden mit Porphyrgesteinen, die diskordant über Kulmgrauwacken des Unterkarbon lagern. Im Hangenden folgen die Flözschiefer, Schiefertone und eine 150 m mächtige Kalkfolge, die zusammen das untere Rotliegende bilden. Die Flözmächtigkeiten schwanken stark zwischen 0,5 m und 20 m. Die Stockheimer Kohle enthält ca. 72% Vitrit, 2,1% Fusit und 0,5% Clarit /Leutwein und Rösler, 1956/. Der Inkohlungsgrad entspricht der unteren Gaskohle (Inkohlung bis 35%).

Eine Besonderheit ist das Vorkommen von Uran im Rotliegenden von Stockheim. Die höchsten Gehalte treten in einer bis 6 Meter breiten Störungszone im Flözbereich auf und liegen zwischen 0,1 und 0,2 % Uran. Die Anreicherung könnte im Tertiär erfolgt sein.

Nach der Schließung des Kohlebergbaus wurde 1969 geprüft, ob sich die Urangewinnung lohnt. Aber auch diese Bemühungen wurden 1971 eingestellt.

Am 21. Juli 1582 wird die Grube „Zur heiligen Dreifaltigkeit“ in *Reitsch* zum ersten mal urkundlich erwähnt. Der Begründer des Bergbaus von *Stockheim*, *Christof Friedrich Gundermann*, lebte allerdings erst 1756. Er entdeckt das ausbeißende Kohleflöz am *Zinnrück* bei den *Dachslöchern zu Stockheim*.

Mit Höhen und Tiefen entwickelte sich bis zum ersten Weltkrieg der Bergbau in *Stockheim* und Umgebung. Meisterstück der Technik war eine Drahtseilbahn, die Kohle von den Stollen in luftiger Höhe zur Eisenbahn beförderte. Nach dem ersten Weltkrieg wurden viele Stollen reanimiert. Dies versuchte man auch noch einmal nach dem zweiten Weltkrieg, aber dennoch konnte das Aus im Jahre 1969 nicht aufgehalten werden.



**Abbildung 47: Lage des Arbeitsgebietes im Norden von Bayern (eingekreist);
Karte: Orientierungskarte Geologie von Bayern 1 : 500.000**

5.2 Halden

5.2.1 Lage

In der Region *Oberfranken* wurden zusammen mit den Standorten in Thüringen sieben Haldenkörper des Steinkohlebergbaus an fünf Standorten in Oberfranken und Thüringen untersucht (Abbildung 48):

- Halde am *St. Katharinen-Stollen*, Stockheim
- Halden am *König-Ludwig-Stollen*, Reitsch
- Halde am *Minna-Stollen*, Neuhaus
- Halde am *Sophien-Stollen*, Buch
- Stollen *St. Wolfgang*, Stockheim



Abbildung 48: Lage der ehemaligen Zechen bei Stockheim, Reitsch, Neuhaus und Buch;
Karte: Übersichtskarte Kreis Kronach 1 : 75.000

5.2.2 Halde am Stollen St. Katharina bei Stockheim

5.2.2.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Die beprobte Halde am ehemaligen *St. Katharinen-Stollen* befindet sich westlich von *Stockheim*, südlich des Bauhofes, in der Bergwerkstrasse, am Ende eines älteren Wohngebietes am Waldrand (Abbildung 49). Sie ist über die B85 (Bier- und Burgenstrasse) über *Stockheim* zu erreichen.

Die Halde wurde im Rahmen des Steinkohlebergbaus 1775 in *Stockheim* neben dem *St. Katharinen-Stollen* angelegt und liegt heute auf dem eingezäunten Grundstück des ortsansässigen Bauhofes. Die Hänge der Halde sowie das Plateau sind von einer Vegetationsdecke aus Gras und Laub, Sträuchern und Bäumen vor Erosion geschützt (Abbildung 50).

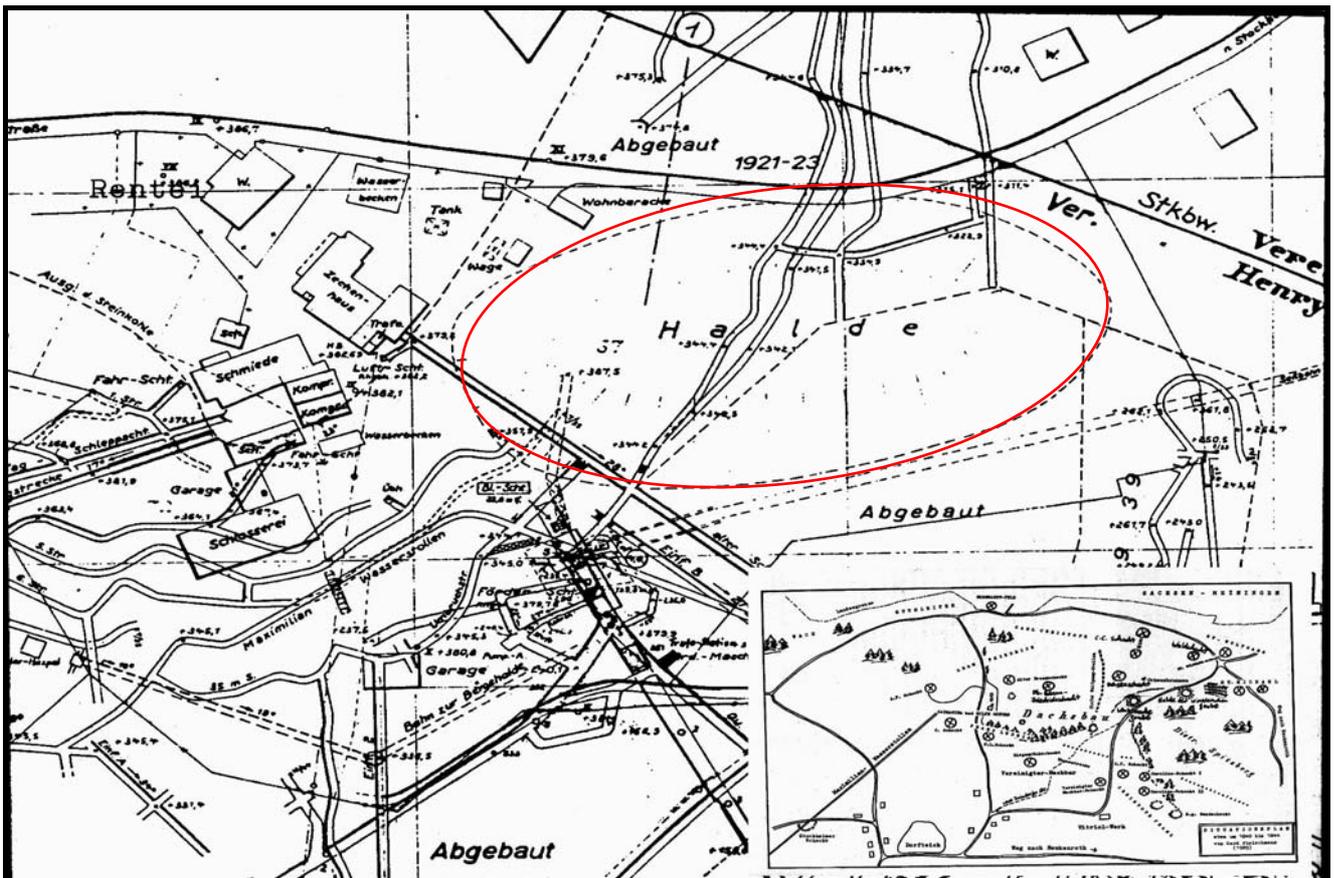


Abbildung 49: NORM-Standort „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“
Lageplan der Zechengebäude und der Halde (rot markiert)
der Einsatz rechts unten zeigt die Stollen in der Umgebung von Stockheim (aus:
/Fleischmann, 1990/)

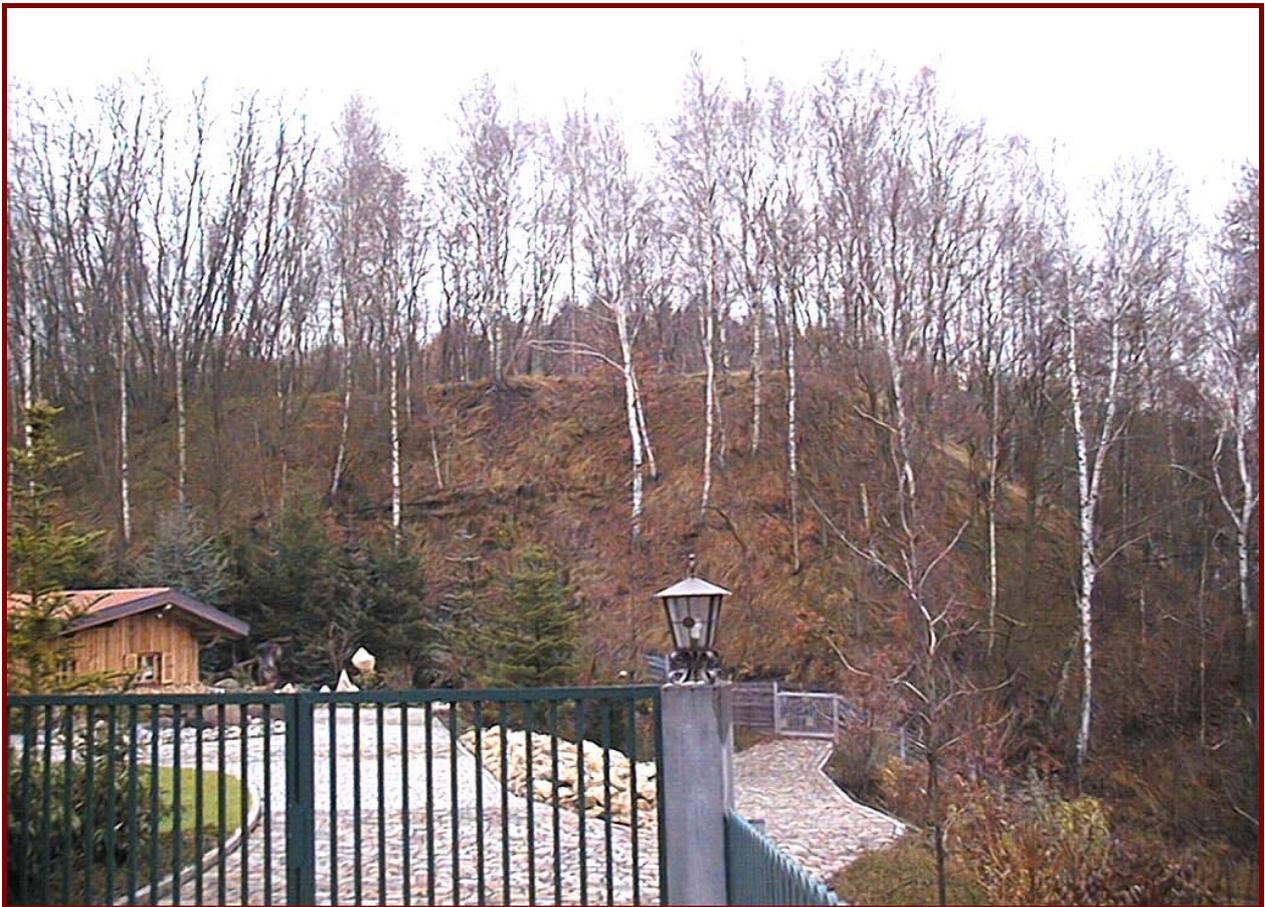


Abbildung 50: Die Halde von St.-Katharina in der Ansicht von der Schafgasse (Messpunkt 19)

Abbildung 51 zeigt die Lage der Messprofile.

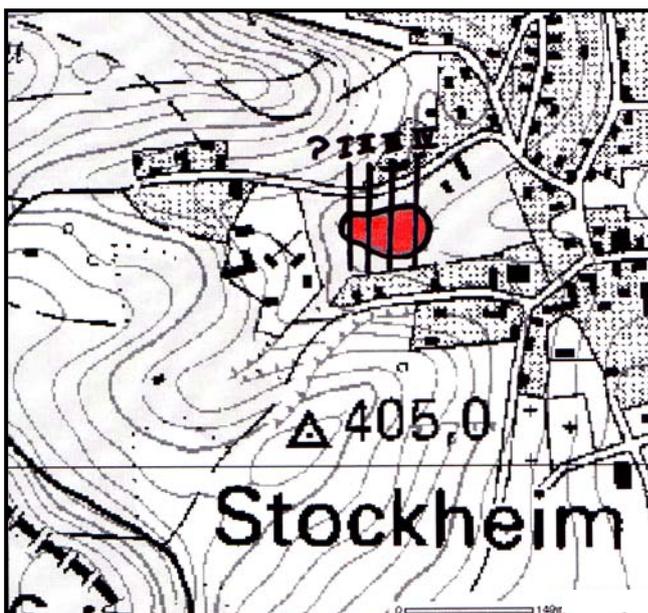


Abbildung 51:
Halde des St.-Katharinen-Stollens, Stockheim
4 Messprofile: rote Markierung, schwarze Linien
(R5575255/H4448323)

5.2.2.2 Messergebnisse

5.2.2.2.1 Gamma-Dosisleistung und Rn-222-Aktivitätskonzentration der Bodenluft

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. Die Bodenluft zur Bestimmung der Radonaktivitätskonzentration wurde in einer Tiefe von 0,8 m mittels einer Sonde angesaugt.

In Tabelle 60 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] sowie die Messergebnisse der Aktivitätskonzentration des Radionuklids Rn-222 in der Bodenluft in der Einheit [Bq/l] angegeben.

Tabelle 60 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 60 ist angegeben, an welchen Positionen Feststoff-Proben entnommen wurden. Damit fungiert sie gleichzeitig als Probenverzeichnis der Feststoff-Proben.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: Nieselregen		
Standort: Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim				Blatt: TOP 50, Bayern Nord, digital				
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe						Datum: 03.12.2004		
Datenerfasser: Hicks								
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert		Boden feucht; nass; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbedeckt	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff-Probeentnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}				
1	4448251	5575743	143	1,0	n	G	f	.
2	4448241	5575723	147	1,5	n	G	f	F-1-1a
3	4448241	5575703	127	2,6	n	G	f	.
4	4448276	5575748	166	3,2	n	G	f	.
5	4448276	5575728	143	0,7	n	G	f	F-1-1
6	4448276	5575708	712	0,8	n	G	f	F-1-2a
7	4448271	5575688	137	2,1	n	G	f	.
8	4448311	5575738	191	1,4	n	G	f	.
9	4448311	5575718	175	2,9	n	G	f	.
10	4448306	5575703	273	4,2	n	G	f	.
11	4448306	5575698	133	3,3	n	G	f	F-1-2
12	4448306	5575688	127	.	n	G	f	.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: Nieselregen		
Standort: Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim				Blatt: TOP 50, Bayern Nord, digital				
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E; Bodenluft: Sonde in 0,8m Tiefe						Datum: 03.12.2004		
Datenerfasser: Hicks								
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert		Boden feucht; nass; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbedeckt	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff- Probentnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}				
13	4448351	5575738	153	.	n	G	f	.
14	4448351	5575718	170	9,7	n	G	f	F-1-4a
15	4448346	5575698	188	.	n	G	f	.
16	4448346	5575688	549	.	n	G	f	F-1-3a
17	4448321	5575643	204	.	n	G	f	F-1-5a
18	4448361	5575643	147	.	N	G	f	F-1-6a
19	4448282	5575295	115	.	N	G	f	.
20	4448256	5575563	93	54,5	N	G	f	F-1-3
21	4448216	5575713	136	13,6	N	G	f	F-1-4
22	4448161	5575608	254	.	N	o	f	.

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 60: Gamma-Dosisleistung und Radon-Konzentrationen der Bodenluft an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“

5.2.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
F-1-1a	66	64	71	90	38	37	5	3	463
F-1-1	51	76	76	98	50	48	3	2	597
F-1-2a	2597	5460	5106	6618	30	22	179	300	312
F-1-2	69	62	66	101	60	58	4	4	625
F-1-4a	1889	1935	1516	2098	53	54	97	97	645
F-1-3a	3086	3676	3241	3441	55	58	151	168	669
F-1-5a	645	686	666	489	54	54	37	24	565
F-1-6a	80	108	104	151	41	40	5	4	541
F-1-3	85	89	87	214	45	45	7	5	504
F-1-4	42	29	27	46	34	33	2	1	646

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 60; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 61: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“ entnommen wurden

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der jeweiligen Proben sind Tabelle 60 zu entnehmen.

Nach Entfernen der Bodenauflage wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen. Tabelle 61 enthält die Messergebnisse.

5.2.2.3 Diskussion der Messergebnisse

Von den Bergehalden des Steinkohlebergbaus in Oberfranken lagen uns gemäß Teil 3a bisher keine radiologischen Daten vor.

Die in Tabelle 60 aufgeführten Messwerte der Gamma-Dosisleistung wurden ausgewertet und in Tabelle 62 zusammenfassend dargestellt.

Statistische Kennzahl	Bergehalde
MW Halde	218 nSv/h
MW Nulleff. (NE)	115 nSv/h
MW Halde/ MW NE	1,9
StaAbw. Halde	153 nSv/h
Var.-Koeff. Halde	70,3 %
MW PN-Pkt. Halde	276 nSv/h
MW PN-Pkt. NE	115 nSv/h

Tabelle 62: Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“, anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)

Die mittlere Gamma-Dosisleistung ist mit 218 nSv/h deutlich höher als im Ruhrgebiet (137 nSv/h auf der *Schurenbachhalde* bzw. 124 nSv/h auf der *Halde Runenberg*; vgl. Kap. 2.2.2.3 bzw. Kap. 2.2.3.3) und auch höher als bei den Pechkohlehalden in Oberbayern (max. 171 nSv/h auf der *Alten Bergehalde in Peißenberg*; vgl. Tabelle 35).

Der Unterschied zum Strahlungsuntergrund beträgt 1,9 und war bisher nur bei der *Mariensteiner Bergehalde* größer (2,2; vgl. Tabelle 56).

Der Variationskoeffizient ist mit 70 % bisher mit Abstand am höchsten, was eine sehr hohe Heterogenität bedeutet (zum Vergleich: *Peißenberg, Halde 4*: 25 %; *Penzberg, Halde 2*: 23 %; *Marienstein*: 24 %).

Die mittlere ODL an den Positionen zur Entnahme der Materialproben betrug 276 nSv/h und liegt damit an diesen Positionen um 27 % höher als im Haldendurchschnitt. Obwohl

auch hier nicht konsequent die Stellen mit der höchsten ODL beprobt wurden, liegt damit, ähnlich wie bei *Halde 4 in Peißenberg* sowie beim Haldengebiet *Penzberg und Marienstein*, eine Tendenz in Richtung „Hot-Spot-Beprobung“ vor.

In Tabelle 63 sind radionuklidspezifische Verhältniszahlen zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität der Halde und des „Backgrounds“ angegeben. Die Verhältnisse erreichen bei den Radionukliden Ra-226, Rn-222 und Ac-227 noch höhere Werte als am Standort *Marienstein*, an welchem für Oberbayern die höchsten Verhältnisse ermittelt wurden (vgl. Tabelle 57). Sie liegen um ca. einen Faktor zwei höher. U-238 ist in etwa mit dem Aktivitätsverhältnis in *Marienstein* (19,4) vergleichbar. Die Verhältnisse bei Pb-210 und U-235 erreichen ebenfalls um ca. einen Faktor zwei höhere Werte als es bei den Haldengebieten *Marienstein* und *Peißenberg* (vgl. Kap. 4.2.2.3) der Fall war. Ra-228 und Th-228 sind wie bei allen anderen Standorten nicht wesentlich erhöht, bei K-40 ist zwischen Halde und Haldenumgebung kein Aktivitätsunterschied feststellbar.

U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
16,7	25,6	23,8	12,6	1,2	1,2	13,4	25,1	1,0

Tabelle 63: Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“

Der auf die einzelnen Radionuklide bezogene Variationskoeffizient der massenbezogenen Haldenaktivität liegt bei den Kontaminations-Radionukliden der Uran- und Actinium-Reihe bei über 100 % (Tabelle 64). Damit zeigt sich auch bei den Aktivitätsmessungen die bereits durch die Auswertung der Gamma-Dosisleistungs-Messwerte (70 %) bestätigte hohe radiologische Heterogenität der Halde.

Kennzahl	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
MW [Bq/kg]	1060	1508	1356	1636	48	46	60	75	552
StaAbw. [Bq/kg]	1269	2048	1876	2358	10	13	72	109	117
Var.-Koeff.	120%	136%	138%	144%	21%	27%	121%	145%	21%

Tabelle 64: Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“

Die mittleren Halden-Aktivitäten liegen in der Uran-Reihe bei über 1000 Bq/kg und sind damit deutlich höher als bei den oberbayerischen Haldengebieten.

Wie bereits beim Ruhrgebiet und allen Bergehalden in Oberbayern, kann auch hier im Rahmen der Messunsicherheiten radioaktives Gleichgewicht innerhalb der Th-Reihe (Ra-228 → Tl-208/Po-212) festgestellt werden.

Standort	U-238/Ra-226	U-238/Pb-210	Ra-226/Rn-222
Halde 2	0,8	0,7	1,0

Tabelle 65: Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Halde am Stollen St.-Katharina bei Stockheim“

Eine Rn-Emanation ist wie bei den Ruhrgebiet-Haldenproben im Rahmen der Messfehler im Mittel nicht festzustellen (Tabelle 65). Bei Einzelproben tritt eine leichte Emanation auf.

Das Aktivitätsverhältnis U-238/Ra-226 beträgt 0,8 und ist damit mit den untersuchten Standorten im Ruhrgebiet und in Oberbayern vergleichbar (0,8 bis 1,0).

Das U-238/Pb-210 Verhältnis ist mit 0,7 kleiner als in Oberbayern (0,8 - 1,0). Im Ruhrgebiet betragen die Verhältnisse 0,6 (*Schurenbachhalde*) und 1,2 (*Halde Rungenberg*).

Die gemessene Rn-222-Konzentration in der Bodenluft der Halde ist mit im Mittel 2,8 Bq/l, verglichen mit der Feststoff-Bodenaktivität, erstaunlich niedrig.

5.2.3 Halden am König-Ludwig-Stollen in Reitsch

5.2.3.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Die *Büttnerszeche* am *König-Ludwig-Stollen* in Reitsch ist ebenfalls über die B85, über Haßlach bei Kronach, zu erreichen. An der *Büttnerszeche* existieren 2 Halden, die beide beprobt wurden.

Die *alte Halde* wurde 1924 angelegt; die *neue*, kleinere *Halde* nach 1945. Beide frei zugängliche Halden liegen am Ende eines Wohngebietes, am Waldrand. Die Hänge der Halde sowie das Plateau sind, wie bei St. Katharina, von einer Vegetationsdecke aus Gras und Laub, Sträuchern und Bäumen vor Erosion geschützt.

Südlich der *neuen Halde* verläuft ein Bach, an dessen Ufer eine Referenzprobe entnommen wurde.

Abbildung 52 zeigt einen Plan des Zechengeländes aus dem Jahre 1924, auf welchem auch die alte Halde eingezeichnet ist.

Auf der fotografischen Aufnahme von Abbildung 53 ist ein Weg zu sehen, der genau zwischen der alten und der neuen Halde verläuft.

Einen Eindruck von der neuen Halde vermittelt die Aufnahme von Abbildung 54. Die Lage der Messprofile ist in Abbildung 55 dargestellt.

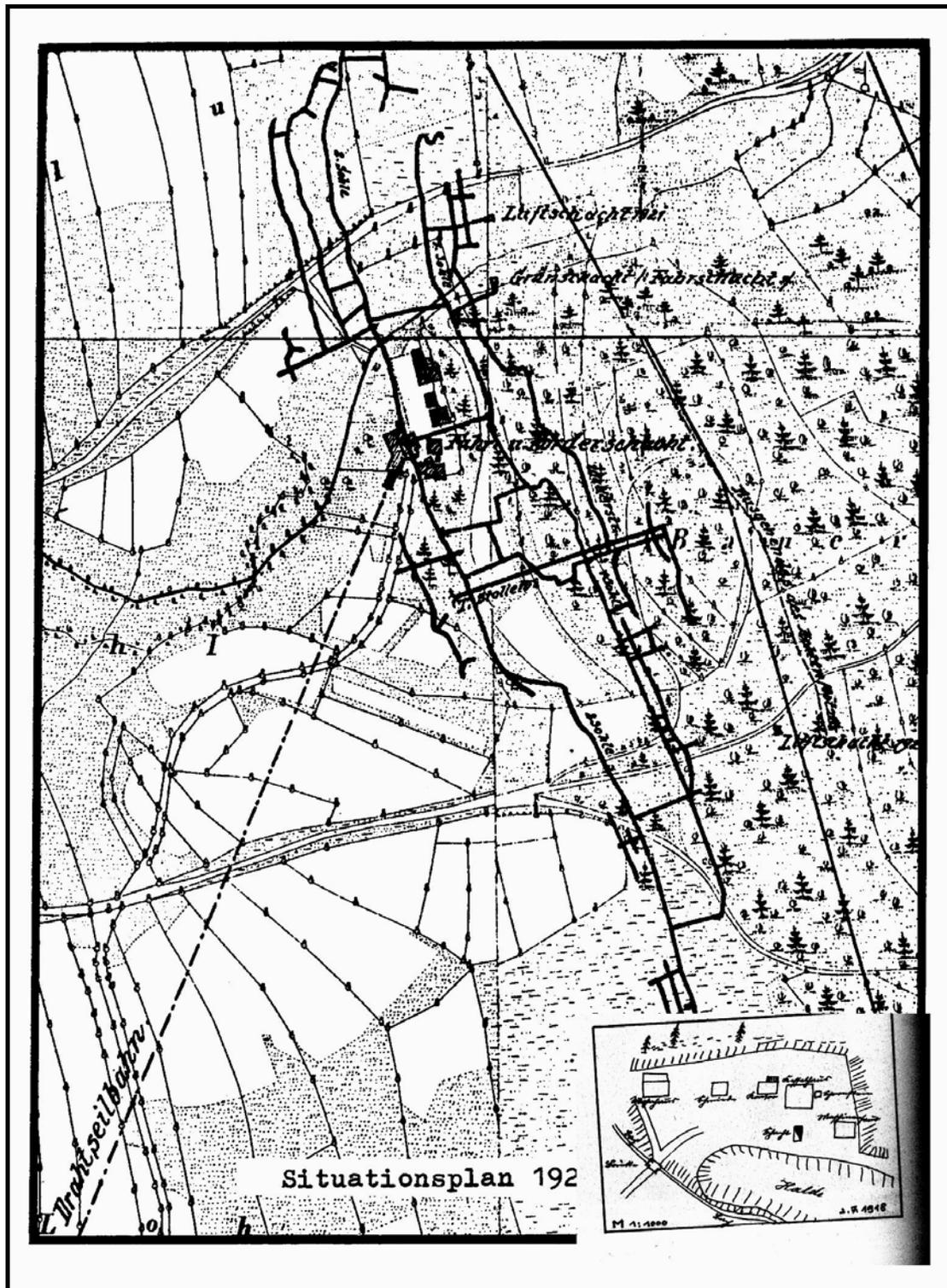


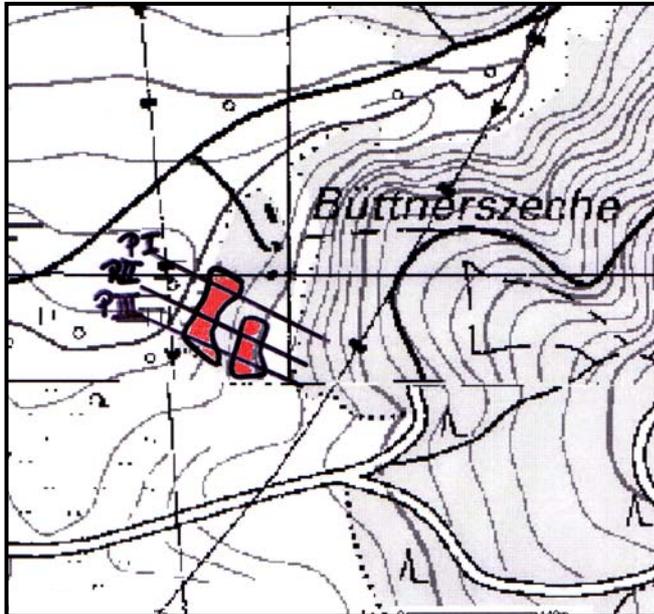
Abbildung 52: NORM-Standort „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“
der Situationsplan der Büttnerszeche von 1924 in Reitsch
der Einsatz unten rechts zeigt die Lage der Halde. Die „neue“ Halde liegt südöstlich da-
von (aus: /Fleischmann, 1990/)



Abbildung 53: Weg zwischen den beiden Halden des König-Ludwigs-Stollens. Er zeigt flächig Werte über 400 nSv/h; rechts liegt die neue Halde, die nach 1945 entstand, links der Anstieg zur alten Halde von 1924; auf halber Höhe, bei den zwei Birken direkt am Weg wurden die höchsten Werte mit 1200 nSv/h (in ein Meter Höhe über dem Boden) gemessen



Abbildung 54: Die neue Halde des König-Ludwig-Stollens vom Messpunkt 20 aus gesehen, der gleichzeitig für die Referenzmessung verwendet wurde; vor der Halde läuft ein Bach, der jedoch nach der Halde keine Werte über dem „Background“ zeigte



*Abbildung 55:
Halden des König-Ludwig-Stollens, Reitsch
3 Messprofile: rote Markierung, schwarze Linien
(R4450826/H5574378)*

5.2.3.2 Messergebnisse

5.2.3.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt.

In Tabelle 66 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Tabelle 66 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 66 ist angegeben, an welchen Positionen Feststoff-Proben entnommen wurden. Damit fungiert sie gleichzeitig als Probenverzeichnis der Feststoff-Proben.

Gemäß dem Messprofil aus Abbildung 55 wurden beide Halden (alte und neue Halde) in die Messreihen einbezogen.

Auf dem Weg zwischen den beiden Halden wurden flächig Werte über 400 nSv/h gemessen. Punktuell wurde ein Wert von 1200 nSv/h mit dem Messgerät registriert (vgl. hierzu Abbildung 53).

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau					Witterung: Nieselregen			
Standort: neue und alte Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch					Blatt: TOP 50, Bayern Nord, digital			
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E;				Datenerfasser: Hicks		Datum: 03.12.2004		
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert		Boden feucht; nass; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbe- deckt	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff- Probe- entnah- me
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}				
1	4450751	5574403	126	.	n	G	f	.
2	4450836	5574403	244	.	n	G	f	.
3	4450826	5574378	631	.	n	G	f	F-2-1
4	4450816	5574388	265	.	n	G	f	.
5	4450811	5574313	133	.	n	G	f	F-2-2
6	4450846	5574308	129	.	n	G	f	F-2-3
7	4450826	5574333	243	.	n	G	f	.
8	4450841	5574328	408	.	n	G	f	F-2-4
9	4450846	5574323	175	.	n	G	f	.
10	4450841	5574368	573	.	n	G	f	F-2-5
11	4450856	5574363	135	.	n	G	f	.
12	4450871	5574378	147	.	n	G	f	.
13	4450841	5574388	141	.	n	G	f	.
14	4450851	5574308	148	.	n	G	f	F-2-6
15	4450821	5574385	349	.	n	G	f	F-2-7
16	4450826	5574403	217	.	n	G	f	.
17	4450811	5574408	194	.	n	G	f	.
18	4450801	5574388	239	.	n	G	f	.
19	4450816	5574383	315	.	n	G	f	F-2-8
20	4450786	5574368	198	.	n	G	f	F-2-9
21	4450806	5574358	228	.	n	G	f	.
22	4450821	5574358	253	.	n	G	f	F-2-10

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 66: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“

5.2.3.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der jeweiligen Proben sind Tabelle 66 zu entnehmen.

Tabelle 67 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
F-2-1	23497	24773	24866	20187	75	73	1064	1113	724
F-2-2	48	28	26	6	43	43	3	3	435
F-2-3	38	34	31	32	52	50	3	2	532
F-2-4	858	643	492	578	95	96	41	39	950
F-2-5	3723	3621	3386	3899	50	54	245	274	506
F-2-6	105	73	70	164	54	53	6	6	592
F-2-7	525	490	382	394	115	113	26	26	896
F-2-8	1271	2125	1698	1191	45	43	49	127	408
F-2-9	125	174	150	122	78	78	7	7	541
F-2-10	497	558	432	553	63	64	25	23	595

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 66; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 67: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“ entnommen wurden

Nach Entfernen der Bodenaufgabe wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen.

5.2.3.3 Diskussion der Messergebnisse

Die in Tabelle 66 aufgeführten Messwerte der Gamma-Dosisleistung wurden ausgewertet und in Tabelle 68 zusammenfassend dargestellt.

Statistische Kennzahl	Bergehalde
MW Halde	269 nSv/h
MW Nulleff. (NE)	129 nSv/h
MW Halde/ MW NE	2,1
StaAbw. Halde	138 nSv/h
Var.-Koeff. Halde	51,3%
MW PN-Pkt. Halde	359 nSv/h
MW PN-Pkt. NE	131 nSv/h

Tabelle 68: Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“, anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)

Die im Mittel gemessene Gamma-Dosisleistung ist mit 269 nSv/h noch etwas höher als bei der Halde des St.-Katharinen-Stollens bei Stockheim (218 nSv/h – vgl. Tabelle 62).

Der Unterschied zum Strahlungsuntergrund beträgt 2,1 und ist damit ebenfalls höher als bei der Halde des *St.-Katharinen-Stollens* (1,9). Er wurde lediglich von der *Mariensteiner Bergehalde* in Oberbayern übertroffen (2,2; vgl. Tabelle 56).

Der Variationskoeffizient ist mit 51 % zwar niedriger als bei *St.-Katharinen*, aber höher als in Oberbayern, was wieder eine sehr hohe Heterogenität bedeutet.

Die mittlere ODL an den Positionen zur Entnahme der Materialproben betrug 359 nSv/h und liegt damit an diesen Positionen um 34 % höher als im Haldendurchschnitt. Damit liegt, wie bei der oberfränkischen *Halde des St.-Katharinen-Stollens* und bei den meisten oberbayerischen Halden eine starke Tendenz in Richtung „Hot-Spot-Beprobung“ vor.

In Tabelle 69 sind radionuklidspezifische Verhältniszahlen zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität der Halde und des „Backgrounds“ angegeben. Die Verhältnisse der Kontaminations-Radionuklide liegen alle höher als bei der *Halde des St.-Katharinen-Stollens*: bei den Radionukliden Ra-226, Rn-222 und U-235 um ca. einen Faktor 4, bei U-238 um ca. einen Faktor 5, bei Pb-210 um ca. einen Faktor 11 und bei Ac-227 um ca. einen Faktor 2,5. Ra-228, Th-228 und K-40 sind wie bei allen anderen Standorten nicht wesentlich erhöht.

U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
89,0	104,9	110,6	142,8	1,4	1,4	49,0	64,8	1,3

Tabelle 69: Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“

Der auf die einzelnen Radionuklide bezogene Variationskoeffizient der massenbezogenen Haldenaktivität liegt bei den Kontaminations-Radionukliden der Uran- und Actinium-Reihe bei über 200 % (Tabelle 70) und damit noch einmal höher als bei der Halde des *St.-Katharinen-Stollens*. Darin kommt die radiologische Heterogenität der Halde noch drastischer als bei der Gamma-Dosisleistung (51 %) zum Ausdruck.

Kennzahl	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
MW [Bq/kg]	3825	4057	3935	3386	72	72	183	202	652
StaAbw. [Bq/kg]	8034	8457	8531	6900	24	24	365	379	190
Var.-Koeff.	210 %	208 %	217 %	204 %	33 %	33 %	199 %	188 %	29 %

Tabelle 70: Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“

Die mittleren Halden-Aktivitäten liegen in der Uran-Reihe bei ca. 4000 Bq/kg und sind damit noch um einiges höher als bei der Halde des *St.-Katharinen-Stollens*.

Wie bei allen bisher untersuchten Halden kann auch hier im Rahmen der Messunsicherheiten radioaktives Gleichgewicht innerhalb der Th-Reihe (Ra-228 → Tl-208/Po-212) festgestellt werden (vgl. Tabelle 67).

Standort	U-238/Ra-226	U-238/Pb-210	Ra-226/Rn-222
Halde 2	1,0	1,1	1,2

Tabelle 71: Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Halde am König-Ludwig-Stollen bei Reitsch“

Eine Radon-Emanation ist entsprechend den an oberbayerischen Halden entnommenen Proben festzustellen, jedoch ist sie von leichter Ausprägung, vergleichbar mit *Penzberg* (Tabelle 71).

Das mittlere Aktivitätsverhältnis U-238/Ra-226 beträgt 1,0 und ist damit mit den untersuchten Standorten im Ruhrgebiet und in Oberbayern vergleichbar (0,8 bis 1,0).

Das U-238/Pb-210 Verhältnis ist mit 1,1 höher als bei der oberfränkischen Halde des *St.-Katharinen-Stollens* (0,7) und eher mit *Halde 3 und 4* des *Haldengebietes Peißenberg* (beide 1,0) sowie mit der Halde *Rungenberg* im Ruhrgebiet (1,2) vergleichbar.

Rn-222-Konzentrationen in der Bodenluft der Halde wurden nicht gemessen.

5.2.4 Halde am Minna-Stollen bei Neuhaus

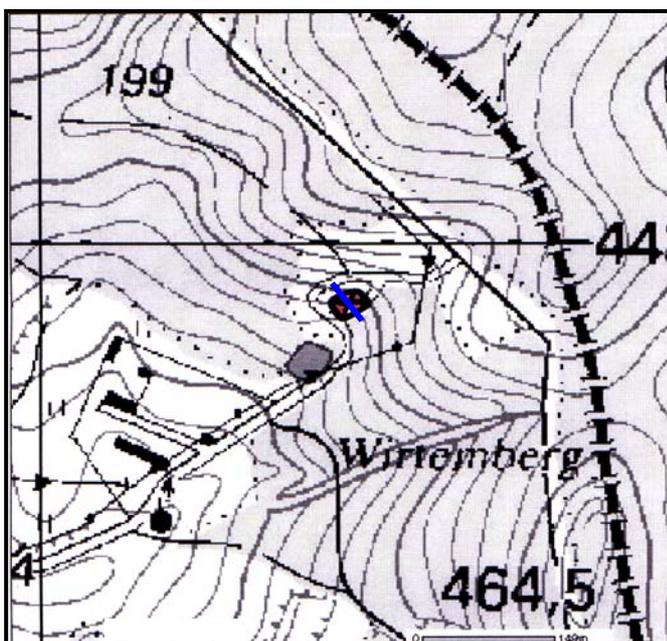
5.2.4.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Die kleine Halde, unterhalb der ehemaligen *Grube Minna*, erreicht man über die B89 in Richtung Sonneberg. In Neuhaus-Schiernitz biegt man an der Kirche rechts ab und fährt die Strasse durch den Ortsteil *Neuhaus* bis an das Ende zum Waldrand hinauf.

Die Halde (Abbildung 56) liegt dort im Wald an einem Hang unterhalb des ehemaligen Zechengeländes, oberhalb eines alten Schwimmbades. Sie ist von typischem Haldenbewuchs, wie Birkenwald, Gebüsch und Laub bedeckt. Die genaue Lage der Halde am Wirttemberg mit dem Messprofil ist auf Abbildung 57 dargestellt.



Abbildung 56: Halde der Grube Minna mit typischem Haldenbewuchs



*Abbildung 57:
Halde des Minna-Stollens, Neuhaus
Messprofil: rote Markierung, blaue Linie
(R4447251/H5576353)*

5.2.4.2 Messergebnisse

5.2.4.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt.

In Tabelle 72 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Tabelle 72 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 72 ist angegeben, an welchen Positionen Feststoff-Proben entnommen wurden. Damit fungiert sie gleichzeitig als Probenverzeichnis der Feststoff-Proben.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: Nieselregen		
Standort: Halde am Minna-Stollen in Neuhaus				Blatt: TK 50		Datum: 03.12.2004		
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E;					Datenerfasser: Hicks			
Lfd.-Nr.:	Lokation		Messwert		Boden feucht; nass; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbe- deckt	Böschungs- winkel steil; flach; eben	Fest- stoff- Probe- entnah- me
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}				
1	4447216	5576348	143	.	n	G	f	F-3-1
2	4447251	5576353	228	.	n	G	f	F-3-2
3	4447231	5576368	194	.	n	G	f	.
4	4447266	5576333	202	.	n	G	f	.

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 72: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am Minna-Stollen in Neuhaus“

5.2.4.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der jeweiligen Proben sind Tabelle 72 zu entnehmen. Tabelle 73 enthält die Messergebnisse.

Nach Entfernen der Bodenaufgabe wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiter-

detektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
F-3-1	56	59	58	56	40	38	4	3	465
F-3-2	337	354	328	159	48	50	19	21	428

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 72; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 73: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde am Minna-Stollen in Neuhaus“ entnommen wurden

5.2.4.3 Diskussion der Messergebnisse

Die in Tabelle 72 aufgeführten Messwerte der Gamma-Dosisleistung wurden ausgewertet und in Tabelle 74 zusammenfassend dargestellt.

Statistische Kennzahl	Bergehalde
MW Halde	208 nSv/h
MW Nulleff. (NE)	143 nSv/h
MW Halde/ MW NE	1,5
StaAbw. Halde	18 nSv/h
Var.-Koeff. Halde	8,5 %
MW PN-Pkt. Halde	228 nSv/h
MW PN-Pkt. NE	143 nSv/h

Tabelle 74: Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für den NORM-Standort „Halde am Minna-Stollen in Neuhaus“, anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)

Die im Mittel gemessene Gamma-Dosisleistung beträgt 208 nSv/h und ist damit niedriger als an den beiden anderen oberfränkischen Halden-Standorten (*St.-Katharinen-Stollens bei Stockheim*: 218 nSv/h – vgl. Tabelle 62; *König-Ludwig-Stollen bei Reitsch*: 269 nSv/h – vgl. Tabelle 68).

Der Unterschied zum Strahlungsuntergrund beträgt 1,5 und ist damit ebenfalls niedriger als an den beiden anderen oberfränkischen Halden-Standorten (*St.-Katharinen-Stollens bei Stockheim*: 1,9 – vgl. Tabelle 62; *König-Ludwig-Stollen bei Reitsch*: 2,1 – vgl. Tabelle 68).

Der Variationskoeffizient ist mit 8,5 % recht niedrig.

Die mittlere ODL an den Positionen zur Entnahme der Materialproben betrug 228 nSv/h und liegt damit an diesen Positionen um 10 % höher als im Haldendurchschnitt. Damit liegt eine weniger starke Tendenz in Richtung „Hot-Spot-Beprobung“ vor, als bei den anderen oberfränkischen und den meisten oberbayerischen Halden.

In Tabelle 75 sind radionuklidspezifische Verhältniszahlen zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität der Halde und des „Backgrounds“ angegeben. Die Verhältnisse der Kontaminations-Radionuklide liegen deutlich niedriger als an den beiden anderen oberfränkischen Halden-Standorten (*St.-Katharinen-Stollens* bei Stockheim – vgl. Tabelle 63; *König-Ludwig-Stollen* bei Reitsch – vgl. Tabelle 69). Sie sind am ehesten mit *Halde 2* in *Penzberg* vergleichbar (Tabelle 46). Ra-228, Th-228 sind wie bei allen anderen Standorten nicht wesentlich erhöht, die K-40-Aktivität ist sogar niedriger als beim „Backgrounds“.

U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
6,0	6,0	5,7	2,8	1,2	1,3	4,8	7,0	0,9

Tabelle 75: Verhältnis zwischen mittlerer massenbezogener Aktivität an den Probeentnahmepunkten der Halde und an den „Background“-Probeentnahmepunkten für den NORM-Standort „Halde am Minna-Stollen in Neuhaus“

Da nur je ein Messwert für die Halde und den „Backgrounds“ vorliegt, erübrigt sich die Angabe eines Variationskoeffizienten.

Die mittleren Halden-Aktivitäten liegen in der Uran-Reihe bei ca. 300 Bq/kg und sind damit deutlich niedriger als bei den beiden anderen oberfränkischen Halden-Standorten (*St.-Katharinen-Stollens* bei Stockheim: ca. 1000 Bq/kg -vgl. Tabelle 64; *König-Ludwig-Stollen* bei Reitsch: ca. 3000 Bq/kg – vgl. Tabelle 70). Sie sind am ehesten mit den *Peißenberger* Halden vergleichbar (Tabelle 37, Tabelle 38).

Innerhalb der Th-Reihe (Ra-228 → Tl-208/Po-212) kann wie bisher im Rahmen der Messunsicherheiten radioaktives Gleichgewicht festgestellt werden (vgl. Tabelle 73).

Standort	U-238/Ra-226	U-238/Pb-210	Ra-226/Rn-222
Halde 2	1,0	2,1	1,1

Tabelle 76: Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für den NORM-Standort „Halde am Minna-Stollen in Neuhaus“

Die Radon-Emanation ist von leichter Ausprägung, vergleichbar mit *Penzberg* (1,2 – vgl. Tabelle 48), *Stollen St.-Katharina* bei *Stockheim* (1,0 – vgl. Tabelle 65) und *König-Ludwig-Stollen bei Reitsch* (1,2 - vgl. Tabelle 71).

Das mittlere Aktivitätsverhältnis U-238/Ra-226 beträgt 1,0, wie beim *König-Ludwig-Stollen bei Reitsch* (vgl. Tabelle 71). Sie ist damit auch mit den untersuchten Standorten im Ruhrgebiet und in Oberbayern vergleichbar (0,8 bis 1,0).

Das U-238/Pb-210 Verhältnis ist mit 2,1 höher als bei den übrigen oberfränkischen, den oberbayerischen und den Ruhrgebiets-Halden.

5.2.5 Halden am Sophien-Stollen in Buch

5.2.5.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Man erreicht die ehemalige Anlage des *Sophienstollens* über die B89. In Neuhaus biegt man nach etwa 500 m rechts in Richtung Ortsteil Buch ab.

Das *Sophienfeld* wurde bis an die jetzige Landesgrenze nahezu vollständig ausgebeutet. Es konnten zwei Halden ausgemacht werden. Beide Halden sind auf Abbildung 58 dargestellt.

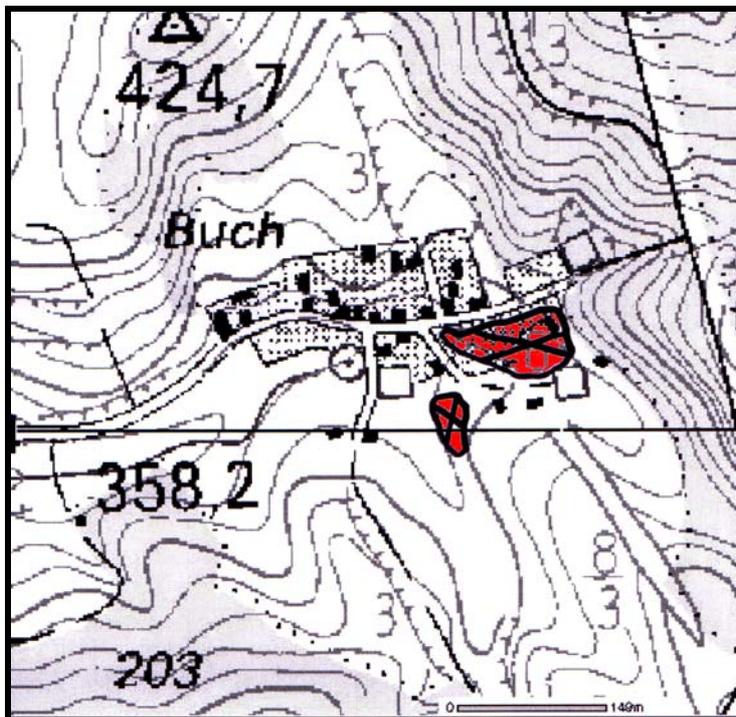


Abbildung 58:
Halden des Sophien-Stollens, Buch
die größere bei R4447366/H5575533, die
kleinere bei R4447386/H5575433

Abbildung 59 zeigt das gesamte Areal in einer Karte aus dem Jahre 1910.

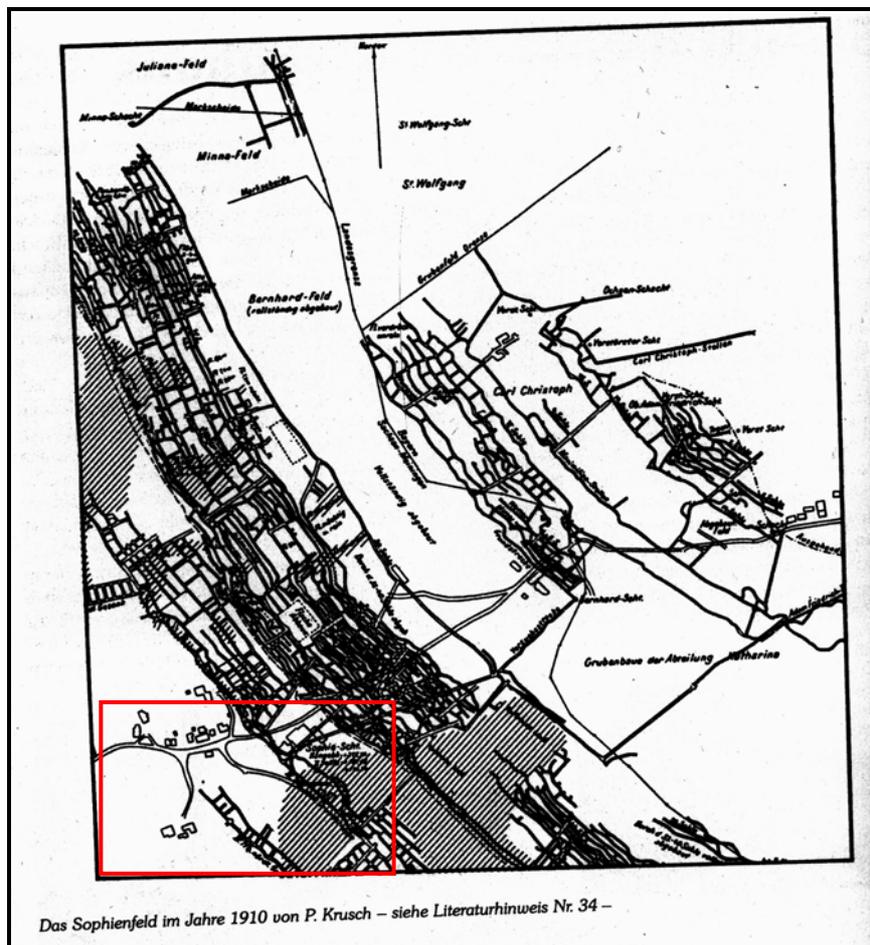


Abbildung 59: Das Sophienfeld im Jahre 1910 /Fleischmann, 1990/; die rote Markierung entspricht in etwa dem Gebiet, welches in Abbildung 58 dargestellt ist

5.2.5.2 Messergebnisse

5.2.5.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die ODL-Messungen der zwei Halden ergaben keine signifikant erhöhten Werte über dem Background. Aus diesem Grunde wurden die beiden Halden nicht weiter untersucht.

5.2.6 Stollen St. Wolfgang bei Stockheim

5.2.6.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Die *Zeche St.-Wolfgang*, auch *Kreuzgrube* genannt, war bereits 1783 in Betrieb. Der *Stollen St.-Wolfgang* bei R5575909/H4447796, NW' von *Stockheim*, wurde exemplarisch für die vielen weiteren, im Wald verteilten Stollen genauer untersucht.

Die Bodenprobe F-1-6 wurde auf dem Waldweg zwischen St.-Katharinen-Stollen und St.-Wolfgang-Stollen genommen. An der Probeentnahmestelle wurden ODL-Werte von 1500 nSv/h gemessen (Tabelle 77). Die Probe kommt aus dem Schotterkörper des Waldweges und besteht aus Bergematerial.

5.2.6.2 Messergebnisse

5.2.6.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt. Auf der dem Stollen zugeordneten Halde und dem Stollenumfeld fanden sich Werte um die 270 nSv/h.

In Tabelle 77 ist das Messergebnis der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben. Die Tabelle enthält auch die Position des Mess- und Probeentnahmepunktes in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert) sowie Angaben zur Witterung und Bodenbeschaffenheit. In Tabelle 77 ist auch die Bezeichnung der entnommenen Feststoff-Probe angegeben.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: Nieselregen		
Standort: Waldweg zwischen St.-Katharinen-Stollen und St.-Wolfgang-Stollen bei Stockheim						Blatt: TK 50		
Messgerät: ODL: FH 40 GL 10 mit FHZ 502 E;				Datenerfasser: Hicks		Datum: 03.12.2004		
Lfd.- Nr.:	Lokation		Messwert		Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff- Probe- entnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}	feucht; nass; trocken; gefroren	ohne; Gras; laubbedeckt	steil; flach; eben	
1	4447671	5576168	1500	.	n	o	f	F-1-6

Tabelle 77: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Stollen St. Wolfgang bei Stockheim“

5.2.6.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Position und die Bezeichnung der Probe sind Tabelle 77 zu entnehmen.

Nach Entfernen der Bodenauflage wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen.

Tabelle 78 enthält das Messergebnis.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
F-1-6	23490	48551	48564	49562	44	51	1168	2046	724

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 77

Tabelle 78: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität einer Feststoff-Probe, die am NORM-Standort „Stollen St. Wolfgang bei Stockheim“ entnommen wurde

5.2.6.3 Diskussion der Messergebnisse

Mit einer Gamma-Dosisleistung von 1500 nSv/h wurde hier der höchste, der während der Messkampagne ermittelten Werte, registriert (auf dem Weg zwischen den beiden Halden des *König-Ludwig-Stollens* bei *Reitsch* lag die ODL bei 1200 nSv/h - Abbildung 53).

Dementsprechend hoch, bis ca. 50000 Bq/kg, lassen sich auch die massenbezogenen Aktivitäten finden (Tabelle 78).

Ra-226, Rn-222 und Pb-210 befinden sich praktisch im radioaktiven Gleichgewichtszustand. U-238 hat gegenüber diesen Radionukliden eine um ca. einen Faktor 2 verminderte Aktivität.

In der Actinium-Reihe herrscht kein radioaktives Gleichgewicht.

Die Radionuklide der Thorium-Reihe zeigen keine wesentliche Aktivitätserhöhung.

Bildet man das ODL-Verhältnis an den Probeentnahmepositionen der Proben F-1-6 (Tabelle 77) und F-2-1 (Tabelle 66) so ergibt sich ein Wert von 2,38. Das Aktivitätsverhältnis der Proben beträgt für Ra-226 1,96 (Tabelle 67 und Tabelle 78).

Die gefundenen hot-spot-Werte sind jedoch nicht als repräsentativ für das gesamte Stollengebiet zu betrachten.

6 OBERPFALZ

6.1 Allgemeines

Ziel der Untersuchungen stellen die Hinterlassenschaften des ehemaligen Kohlebergbaus im *Raum Erbandorf* dar. *Erbandorf* liegt im Nord-Osten der *Oberpfalz* auf 509 m NN, etwa 140 km östlich von Coburg (Abbildung 60).

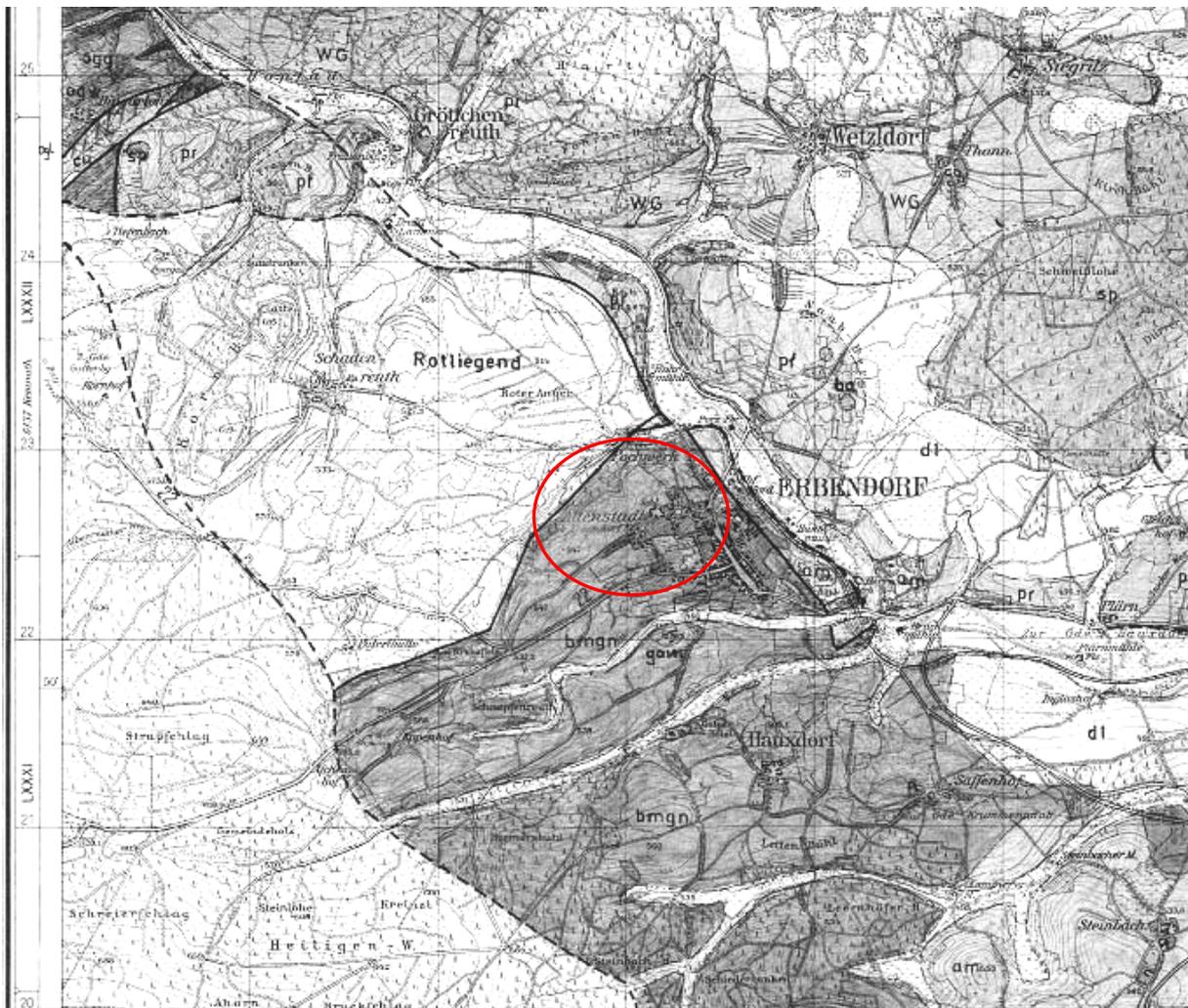


Abbildung 60: Übersichtskarte über das bearbeitete Gebiet bei Erbandorf-Altstadt;
(GK 1:25000, Blatt 6138 Erbandorf)

Die geologische Gliederung des *Raums Erbandorf* stellt sich recht komplex dar. Vorherrschend jedoch finden sich Gneise, Grünschiefer und Hornblendenschiefer aus dem Oberdevon bis Unterkarbon /Baumann, 1998/.

6.2 Halden

6.2.1 Lage

Bei *Erbendorf* wurden sechs Halden angetroffen. Abbildung 61 zeigt deren Lage.

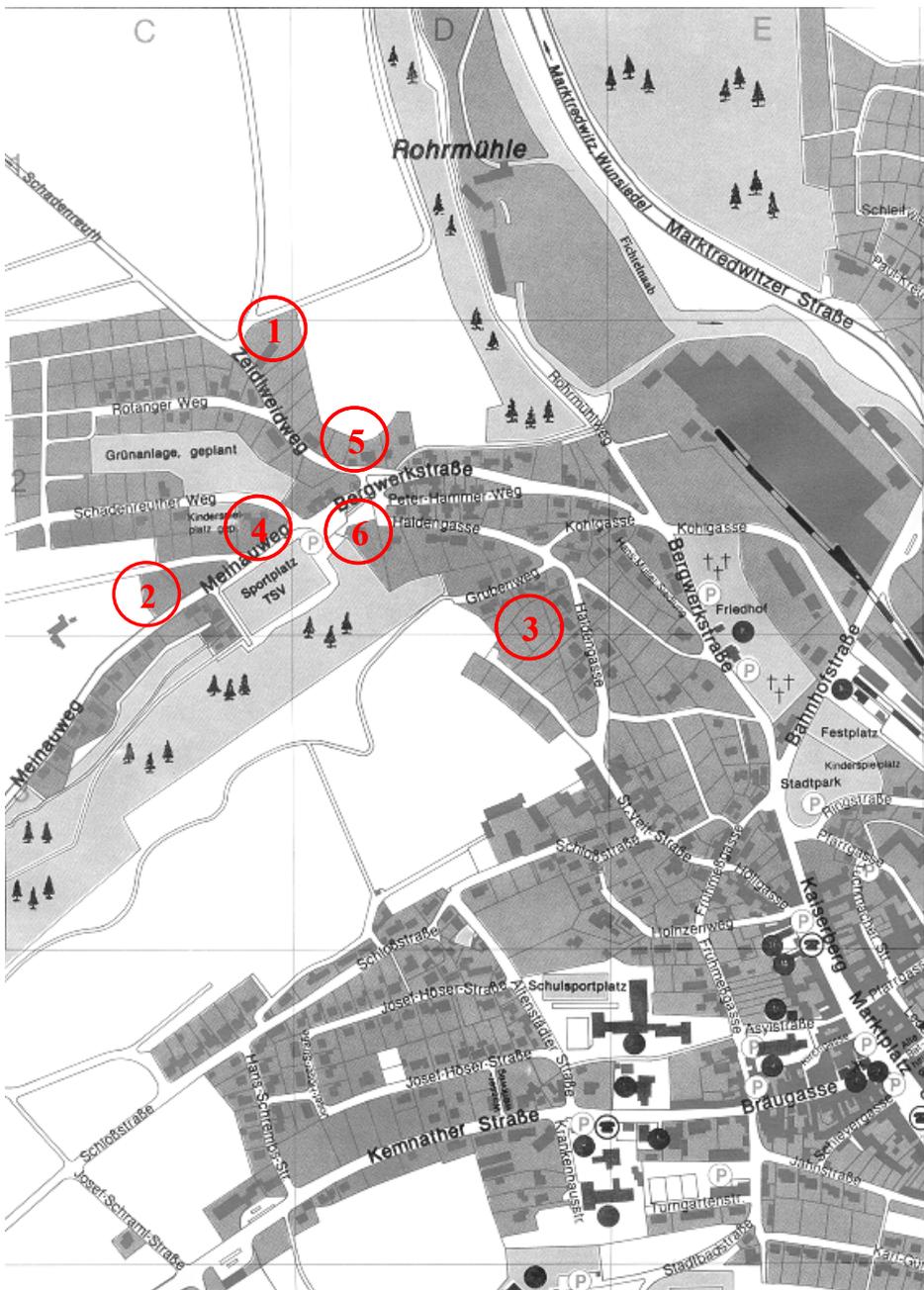


Abbildung 61: Lage der Haldenlokaltäten 1 bis 6 im Raum Erbendorf; (Stadtplan Erbendorf 1:5000)

Es handelt sich um die Halden der Steinkohlengrube *Magda und Hans*, im Einzelnen um die des *Ludwigschachtes* und des *Flachschachtes*.

Entsprechend der Nummerierung aus Abbildung 61 handelt es sich um folgende Halden:

- *Halde 1*: am Zeidlweidweg
- *Halde 2*: am Meinauweg (*Halde Ludwigsschacht*)
- *Halde 3*: an der Haldengasse
- *Halde 4*: an der Bergwerkstraße (*Halde Flachschacht*)
- *Halde 5*: an der Kreuzung Zeidlweidweg-Meinauweg-Bergwerkstrasse
- *Halde 6*: über der Haldengasse

6.2.2 Halde 1

6.2.2.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Halde 1 befindet sich am Zeidlweidweg, am Ortsausgang Richtung Schadenreuth.

Sie liegt auf dem Gelände eines ehemaligen Bauernhofes. Sie ist wild bewuchert und durch die reichhaltige Vegetation vor Erosion geschützt. Die ODL-Messungen im Bereich der Halde ergaben im Vergleich zur Umgebung leicht erhöhte Werte, die zum Zentrum der Halde hin anstiegen. Zur genaueren Untersuchung wurden Feststoffproben genommen.

6.2.2.2 Messergebnisse

6.2.2.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt.

In Tabelle 79 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Tabelle 79 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 79 ist angegeben, an welchen Positionen Feststoff-Proben entnommen wurden. Damit fungiert sie gleichzeitig als Probenverzeichnis der Feststoff-Proben.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: Nieselregen		
Standort: Halde 1 am Zeidlweidweg bei Erbdorf-Altenstadt				Blatt: TK 6138, Erbdorf		Datum: 03.12.2004		
Messgerät: ODL: Ludlum, Model 316 - 3 Gate Frisker					Datenerfasser: Borota, Brütting, Chellouche			
Lfd.-Nr.:	Lokation (Haldenmitte)		Messwert		Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff-Probeentnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}	feucht; nass; trocken; gefroren	ohne; Gras; laubbedeckt	steil; flach; eben	
1	4502900	5523210	120	.	f	G, l	f	Opf 1.1
2	4502900	5523210	140	.	f	G, l	s	Opf 1.3
3	4502900	5523210	170	.	f	G, l	f	Opf 1.2
4	4502900	5523210	130	.	f	G, l	s	Opf 1.4
5	4502900	5523210	120	.	f	G, l	f	Opf 1.5
6	-	-	80	.	f	G	f	.

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 79: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 1 bei Erbdorf“

6.2.2.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der jeweiligen Proben sind Tabelle 79 zu entnehmen.

Nach Entfernen der Bodenaufgabe wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen. Tabelle 80 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
Opf 1.1	44	71	54	103	74	72	3	5	1064
Opf 1.3	46	41	39	66	40	39	3	2	500
Opf 1.2	41	81	47	75	37	37	2	2	561
Opf 1.4	76	63	63	88	88	86	4	3	1262
Opf 1.5	39	28	27	81	43	42	1	2	655

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 60; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 80: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 1 bei Erbdorf“ entnommen wurden

6.2.3 Halde 2

6.2.3.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Halde 2 trägt die Bezeichnung *Halde Ludwigsschacht*. Sie liegt am Meinauweg am Ortsausgang Richtung Straßenschacht und stellt einen direkten Aushubrückstand des *Ludwigsschachtes* dar.

Heute ist sie mit einem Einfamilienhaus bebaut und mit Gras bewachsen. Am Haldenschnitt waren Kohlerückstände zu finden, welche jedoch aufgrund der orientierenden ODL-Messungen keine Rückschlüsse auf erhöhte Aktivitätswerte zuließen. Auch die Messung der Halde selbst ergab keine signifikant erhöhten Werte.

6.2.3.2 Messergebnisse

6.2.3.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt.

In Tabelle 81 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau					Witterung: Nieselregen			
Standort: Halde 2 am Meinauweg bei Erbendorf-Altenstadt					Blatt: TK 6138, Erbendorf		Datum: 03.12.2004	
Messgerät: ODL: Ludlum, Model 316 - 3 Gate Frisker					Datenerfasser: Borota, Brütting, Chellouche			
Lfd.-Nr.:	Lokation (Haldenmitte)		Messwert		Boden feucht; nass; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbedeckt, versiegelt	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff- Probeentnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}				
1	4502770	5522900	100	.	f	G	e	.
2	4502770	5522900	120	.	f	G	e	.
3	4502770	5522900	110	.	f	G	e	.
4	-	-	90	.	f	v	e	.

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 81: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 2 bei Erbendorf“

Tabelle 81 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

6.2.4 Halde 3

6.2.4.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Halde 3 an der Haldengasse 1 befindet sich südlich der Kreuzung Haldengasse-Grubenweg.

Sie stellt heute einen Obstgarten dar. Auch hier wurden keine erhöhten Werte festgestellt.

6.2.4.2 Messergebnisse

6.2.4.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau					Witterung: Nieselregen				
Standort: Halde 3 an der Haldengasse bei Erbendorf-Altenstadt					Blatt: TK 6138, Erbendorf		Datum: 03.12.2004		
Messgerät: ODL: Ludlum, Model 316 - 3 Gate Frisker					Datenerfasser: Borota, Brütting, Chellouche				
Lfd.-Nr.:	Lokation (Haldenmitte)		Messwert		Boden feucht; nass; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbedeckt, versiegelt	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff- Probe- entnah- me	
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}					
1	4503040	5522930	100	.	f	G	f	.	
2	4503040	5522930	100	.	f	G	f	.	
3	4503040	5522930	100	.	f	G	f	.	
4	4503040	5522930	100	.	f	G	f	.	
5	-	-	80	.	f	G	f	.	

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 82: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 3 bei Erbendorf“

In Tabelle 82 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Tabelle 82 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

6.2.5 Halde 4

6.2.5.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Halde 4 (Halde Flachsacht), welche einen großen Teil der Aushubmassen des Förder-schachtes *Flachsacht* darstellt, liegt an der Bergwerkstraße gegenüber des Sportplatzes, südlich des alten Maschinenhauses des ehemaligen Bergwerkskomplexes.

Sie wird heute größtenteils als privates Gartengrundstück genutzt und ist teils mit Sträu-chern, teils mit jungen Nadelbäumen bewachsen. Weder auf der Halde noch am angren-zenden Seitenarm der *Fichtelnaab* wurden erhöhte Werte gemessen.

6.2.5.2 Messergebnisse

6.2.5.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt.

In Tabelle 83 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Tabelle 83 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau					Witterung: Nieselregen			
Standort: Halde 4 an der Bergwerkstraße bei Erbdorf-Altenstadt					Blatt: TK 6138, Erbdorf		Datum: 03.12.04	
Messgerät: ODL: Ludlum, Model 316 - 3 Gate Frisker					Datenerfasser: Borota, Brütting, Chellouche			
Lfd.-Nr.:	Lokation (Haldenmitte)		Messwert		Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff-Probeentnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}	feucht; nass; trocken; gefroren	ohne; Gras; laubbedeckt, versiegelt	steil; flach; eben	
1	4502850	5523000	100	.	f	G,l	f	.
2	4502850	5523000	110	.	f	G,l	l	.
3	4502850	5523000	100	.	f	G,l	l	.
4	-	-	80	.	f	v	e	.

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 83: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 4 bei Erbdorf“

6.2.6 Halde 5

6.2.6.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Halde 5 an der Kreuzung Zeidlweidweg-Meinauweg-Bergwerkstrasse verkörpert den größten Haldenkomplex der Ortschaft.

Sie liegt am Hang und ist teilweise bebaut. An ihrem morphologisch oberen Ende grenzt sie an ein bewirtschaftetes Feld. Aufgrund der Unzugänglichkeit des größten Teils der Halde, wurden Feststoffproben zur weiteren Untersuchung genommen.

6.2.6.2 Messergebnisse

6.2.6.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt.

In Tabelle 84 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Tabelle 84 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

In Tabelle 84 ist angegeben, an welchen Positionen Feststoff-Proben entnommen wurden. Damit fungiert sie gleichzeitig als Probenverzeichnis der Feststoff-Proben.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau						Witterung: Nieselregen		
Standort: Halde 5 der Kreuzung Zeidlweidweg-Meinauweg-Bergwerkstrasse bei Erbdorf-Altenstadt				Blatt: TK 6138, Erbdorf		Datum: 03.12.2004		
Messgerät: ODL: Ludlum, Model 316 - 3 Gate Frisker				Datenerfasser: Borota, Brütting, Chellouche				
Lfd.-Nr.:	Lokation (Haldenmitte)		Messwert		Boden feucht; nass; trocken; gefroren	Bewuchs ohne; Gras; laubbedeckt	Böschungswinkel steil; flach; eben	Feststoff-Probeentnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}				
1	4502980	5523110	100	.	f	G	e	Opf 6.1
2	4502980	5523110	110	.	f	G	e	Opf 6.2
3	4502980	5523110	100	.	f	G	e	Opf 6.3
4	4502980	5523110	90	.	f	G	e	Opf 6.4
5	4502980	5523110	110	.	f	G	e	Opf 6.5
6	-	-	80	.	f	G	e	

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 84: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 5 bei Erbdorf“

6.2.6.2 Massenbezogene Aktivität von Feststoff-Proben

Die Probeentnahme-Positionen und die Bezeichnung der jeweiligen Proben sind Tabelle 84 zu entnehmen.

Nach Entfernen der Bodenauflage wurde jeweils 1 Liter Haldenmaterial bis zu einer Tiefe von ca. 20 cm entnommen. Die Proben wurden unbehandelt im feuchten Zustand im akkreditierten Strahlenmesslabor des TÜV Süd mittels eines hochauflösenden Halbleiterdetektors gammaspektrometrisch analysiert. Im Anschluss daran wurden die Proben getrocknet und die nuklidspezifischen Aktivitäten auch auf die Trockenmasse bezogen.

Tabelle 85 enthält die Messergebnisse.

Probe*	massenbezogene Aktivität [Bq/kg] (bezogen auf Trockenmasse)								
	U-Reihe				Th-Reihe		Ac-Reihe		K-40
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	
Opf 6.1	44	42	41	61	39	36	2	2	610
Opf 6.2	27	42	39	44	38	38	3	3	698
Opf 6.3	61	42	40	193	37	35	2	1	560
Opf 6.4	29	37	38	35	38	37	3	4	571
Opf 6.5	32	46	42	< 7	41	41	3	4	637

* Proben-Bezeichnung gemäß Tabelle 60; Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 85: Auf Trockenmasse bezogene Aktivität von Feststoff-Proben, die an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 5 bei Erbendorf“ entnommen wurden

6.2.7 Halde 6

6.2.7.1 Messpunkte und Probeentnahmestellen

Halde 6 an der Haldengasse 2 liegt über der Haldengasse, direkt östlich des ehemaligen Bergwerksgeländes.

Sie wurde in den letzten Jahrzehnten vollständig bebaut und besteht heute zur Gänze aus umzäuntem Privatgelände, wodurch weitere Probennahmen verhindert wurden. An der straßenseitigen Flanke der Halde wurden leicht erhöhte Werte gemessen.

6.2.7.2 Messergebnisse

6.2.7.2.1 Gamma-Dosisleistung

Die Gamma-Dosisleistung wurde in 1 m Höhe über der Geländeoberfläche ermittelt.

In Tabelle 86 sind die Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Einheit [nSv/h] angegeben.

Tabelle 86 enthält außerdem die genaue Position der Mess- und Probeentnahmepunkte in Gauß-Krüger-Koordinaten (Rechtswert u. Hochwert), Angaben zur Witterung am Mess-tag, zur Bodenfeuchte, zum Bodenbewuchs und zur Bodenneigung.

Projekt: StSch 4386, NORM-Hinterlassenschaften, Steinkohlenbergbau					Witterung: Nieselregen			
Standort: Halde 6 über der Haldengasse bei Erbdorf-Altenstadt					Blatt: TK 6138, Erbdorf		Datum: 03.12.2004	
Messgerät: ODL: Ludlum, Model 316 - 3 Gate Frisker					Datenerfasser: Borota, Brütting, Chellouche			
Lfd.- Nr.:	Lokation (Haldenmitte)		Messwert		Boden	Bewuchs	Böschungswinkel	Feststoff- Probe- entnahme
	Rechtswert	Hochwert	ODL [nSv/h]	Bodenluft [Bq/l] ^{Rn-222}	feucht; nass; trocken; gefroren	ohne; Gras; laubbe- deckt, ver- siegelt	steil; flach; eben	
1	4503000	5522980	120	.	f	G	s	.
2	4503000	5522980	120	.	F	G	s	.
3	-	-	100	.	V	o	e	.

Grau unterlegt: Referenzmessung außerhalb NORM-Hinterlassenschaft

Tabelle 86: Gamma-Dosisleistung an Einzellokationen des NORM-Standortes „Halde 6 bei Erbdorf“

6.2.8 Diskussion der Messergebnisse

Die durchschnittlich gemessenen Gamma-Dosisleistungswerte auf den sechs Halden des *Erbdorfer Raumes* sind in Tabelle 87 zusammengefasst.

Statistische Kennzahl	Halde 1	Halde 2	Halde 3	Halde 4	Halde 5	Halde 6
MW Halde	136 nSv/h	110 nSv/h	100 nSv/h	103 nSv/h	102 nSv/h	120 nSv/h
MW Nulleff. (NE)	80 nSv/h	90 nSv/h	80 nSv/h	80 nSv/h	80 nSv/h	100 nSv/h
MW Halde/ MW NE	1,7	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2
StaAbw. Halde	20,7 nSv/h	10,0 nSv/h	0,0 nSv/h	5,8 nSv/h	8,4 nSv/h	0,0 nSv/h
Var.-Koeff. Halde	15,2%	9,1%	0,0%	5,6%	8,2%	0,0%

Tabelle 87: Zusammenfassung der Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für die NORM-Standorte „Halde 1 bis Halde 6 bei Erbdorf“ anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient)

Die mittleren ODL-Werte liegen bei *Halde 2* bis *Halde 6* um einen Faktor 1,2 bis 1,3 über dem natürlichen Strahlungsuntergrund. In etwa die gleichen Faktoren wurden im *Ruhrgebiet* und zum Teil in *Peißenberg (Halde 1 u. Halde 2)* gefunden. Bei *Halde 1* beträgt der Faktor 1,7. Diesen etwas höheren Wert haben wir näherungsweise bei *Halde 3* und *Halde 4* des *Peißenberger Gebietes* ermittelt.

Absolut gesehen bewegt sich die gemessene mittlere ODL im Bereich von 100 nSv/h bis 136 nSv/h, was ebenfalls mit dem *Ruhrgebiet* sowie *Halde 1 u. Halde 2* des *Peißenberger Gebietes* vergleichbar ist.

Die Gamma-Dosisleistung der *Erbendorfer* Halden erweist sich bei *Halde 2* bis *Halde 6* als relativ homogen (Variationskoeffizient zwischen 0 % und 9 %), wiederum vergleichbar mit dem *Ruhrgebiet* und *Halde 1* u. *Halde 2* des *Peißenberger Gebietes* sowie auch mit der *Halde am Minna-Stollen in Neuhaus*. Mit einem Variationskoeffizient von 15 % ist *Halde 1* etwas heterogener, zu vergleichen mit *Halde 3* des *Peißenberger Gebietes* und *Halde 1* des *Penzberger Gebietes*.

Materialproben wurden den *Halden 1* und *5* entnommen. Da alle ODL-Messpositionen beprobt wurden und damit für die Probenentnahme keine Selektion anhand von ODL-Messergebnissen stattfand, kann die Beprobung als repräsentativ eingestuft werden.

Auch beim Vergleich der Variationskoeffizienten der massenbezogenen Aktivität (Tabelle 88 und Tabelle 89) bestätigt sich die höhere Inhomogenität von *Halde 1* (Pb-210 ist wegen eines höheren Messwertes - Tabelle 85 – als Ausreißer zu betrachten). Sucht man nach einem Vergleich, so ist *Halde 1* am ehesten mit der *Mariensteiner Bergehalde* zu vergleichen und *Halde 5* mit der *Halde Rungenberg* im *Ruhrgebiet*

Die mittleren Halden-Aktivitäten sind in der Uran-Reihe generell < 100 Bq/kg (vgl. Tabelle 88 u. Tabelle 89).

Kennzahl	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
MW [Bq/kg]	49	57	46	83	56	55	3	3	808
StaAbw. [Bq/kg]	15	22	14	14	23	22	1	1	336
Var.-Koeff.	31 %	38 %	30 %	17 %	41 %	40 %	44 %	47 %	42 %

Tabelle 88: Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Halde 1 bei Erbdorf“

Kennzahl	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
MW [Bq/kg]	39	42	40	83	39	37	3	3	615
StaAbw. [Bq/kg]	14	3	2	74	2	2	1	1	56
Var.-Koeff.	37 %	8 %	4 %	89 %	4 %	6 %	21 %	47 %	9 %

Tabelle 89: Statistische Kennzahlen für die mittlere massenbezogene Aktivität der Haldenoberfläche (Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient) für den NORM-Standort „Halde 5 bei Erbdorf“

Im Rahmen der Messunsicherheiten kann radioaktives Gleichgewicht innerhalb der Th-Reihe (Ra-228 → Tl-208/Po-212) festgestellt werden (vgl. Tabelle 80 u. Tabelle 85).

Wie bereits bei den Halden im *Ruhrgebiet* und bei der Halde des *St.-Katharinen-Stollens bei Stockheim* liegt bei *Halde 5* keine deutlich messbare Radonemanation bei den Proben vor (vgl. Ra-226/Rn-222 in Tabelle 90).

Die mittleren U-238/Ra-226-Verhältnisse sind mit 1,0 und 0,9 mit den übrigen Haldenstandorten vergleichbar (0,8 - 1,0). Bei diesem mittleren Verhältnis variieren die Verhältnisse der einzelnen Proben stärker als bei den anderen Verhältniszahlen aus Tabelle 90.

Das mittlere Verhältnis von U-238 zu Pb-210 ist mit 0,6 das kleinste der betrachteten Standorte (Tabelle 90).

Standort	U-238/Ra-226	U-238/Pb-210	Ra-226/Rn-222
Halde 1	1,0	0,6	1,2
Halde 5	0,9	0,6	1,0

Tabelle 90: Mittlere Radionuklidverhältnisse zwischen Uran- und Actinium-Reihe sowie innerhalb der Uran-Reihe für die NORM-Standorte „Halde 1 und Halde 5 bei Erbendorf“

7 ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE

Literaturrecherchen im Rahmen der Bearbeitung von Teil 3a („Bergbauliche Hinterlassenschaften der Steinkohle-Gewinnung“) des vorliegenden Projektes ergaben, dass ein Aktivitätsinventar > 200 Bq/kg pro Radionuklid bei Halden mit Bergematerial (Bergehalden) im *Freitaler Bergbaurevier*, in *Oberbayern* bei der Pechkohlegewinnung sowie in *Baden Württemberg* zu erwarten ist. Für das *Ruhrgebiet* wurde anhand der Datenlage eine durchschnittliche Aktivität des Haldenmaterials < 200 Bq/kg prognostiziert.

Für die Bergbaureviere in *Oberfranken* und der *Oberpfalz* lagen keine Informationen aus der wissenschaftlichen Literatur oder anderen Quellen (z. B. Nachfrage bei Behörden) über mögliche Aktivitätsinventare der Bergehalden vor. Einziger Anhaltspunkt waren Literaturangaben über Aktivitäten *oberfränkischer* Steinkohle (Bergbauggebiet *Stockheim*) /Becker et al., 1992/, wonach die massenbezogene Aktivität dieser Kohle ungefähr einen Faktor zwei über den Kohlen des *Ruhrgebietes*, *Saarlandes* und *Ibbenbüren* lag. Die Aktivität war aber kleiner als die der *oberbayerischen* Pechkohlen.

Im Ergebnis der im vorliegenden Band dokumentierten Ergebnisse der Felduntersuchungen bestätigen sich die Vorrecherchen über die Aktivitätsinventare der *Ruhrgebiets-halden*. Es wurden keine mittleren Werte über 200 Bq/kg gefunden.

Für *Oberbayern* wurden ebenfalls die Literaturwerte der massenbezogenen Aktivitäten und der Gamma-Dosisleistung bestätigt. Teilweise wurden noch höherer Werte gemessen. So betrug die maximale über die Halde gemittelte Gamma-Dosisleistung ca. 170 nSv/h (*Halde 3 in Peißenberg, Bergehalde Marienstein*) und die maximale mittlere massenbezogene Aktivität ca. 500 Bq/kg (Pb-210 für *Bergehalde Marienstein*).

Die höchsten Aktivitäten jedoch (bis zu ca. 50.000 Bq/kg) und Dosisleistungen (bis zu 1.500 nSv/h) wurden in Haldenmaterialien und im Gelände des Bergbauggebietes bei *Stockheim* an der *oberfränkisch/thüringischen* Grenze gemessen.

Im *oberpfälzischen Bergbauggebiet* bei Erbdorf ähneln die radiologischen Befunde eher denen des *Ruhrgebietes*.

In Tabelle 91, Tabelle 92, Tabelle 93 und Tabelle 94 wurden alle relevanten Ergebnisse bezüglich der Gamma-Dosisleistung und der Aktivität für die einzelnen Halden-Standorte zusammengefasst.

Halden-Standort		MW Halde	MW NE	MW Halde/ MW NE	Var.-Koeff.. Halde
Ruhrgebiet:	Schurenbachhalde	137 nSv/h	97 nSv/h	1,4	4 %
Ruhrgebiet:	Halde Rungenberg	124 nSv/h	99 nSv/h	1,3	6 %
Oberbayern:	Peißenberg, Halde 1	128 nSv/h	98 nSv/h	1,3	7,9 %
Oberbayern:	Peißenberg, Halde 2	128 nSv/h	98 nSv/h	1,3	11,9 %
Oberbayern:	Peißenberg, Halde 3	171 nSv/h	104 nSv/h	1,7	14,5 %
Oberbayern:	Peißenberg, Halde 4	151 nSv/h	97 nSv/h	1,6	25,0 %
Oberbayern:	Hohenpeißenberg, Halde	151 nSv/h	.	.	14 %
Oberbayern:	Peiting, Halde	126 nSv/h	90 nSv/h	1,4	20 %
Oberbayern:	Penzberg, Halde 1	94 nSv/h	.	.	16,3 %
Oberbayern:	Penzberg, Halde 2	155 nSv/h	102 nSv/h	1,5	23,4 %
Oberbayern:	Miesbach, Halde 1	78 nSv/h	.	.	13 %
Oberbayern:	Miesbach, Halde 2	67 nSv/h	.	.	18 %
Oberbayern:	Hausham, Halde 1	92 nSv/h	60 nSv/h	1,5	30 %
Oberbayern:	Hausham, Halde 2	94 nSv/h	60 nSv/h	1,6	12 %
Oberbayern:	Marienstein, Halde	169 nSv/h	77 nSv/h	2,2	24,4 %
Oberfranken:	Stockheim, St. Katharina	218 nSv/h	115 nSv/h	1,9	70,3 %
Oberfranken:	Stockheim, St. Wolfgang	1500 nSv/h	.	.	.
Oberfranken:	Reitsch, König Ludwig	269 nSv/h	129 nSv/h	2,1	51,3 %
Oberfranken:	Reitsch, König Ludwig, Weg	400 nSv/h (max. 1200 nSv/h)			
Thüringen:	Neuhaus, Minna	208 nSv/h	143 nSv/h	1,5	8,5 %
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 1	136 nSv/h	80 nSv/h	1,7	15,2 %
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 2	110 nSv/h	90 nSv/h	1,2	9,1 %
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 3	100 nSv/h	80 nSv/h	1,3	0,0 %
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 4	103 nSv/h	80 nSv/h	1,3	5,6 %
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 5	102 nSv/h	80 nSv/h	1,3	8,2 %
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 6	120 nSv/h	100 nSv/h	1,2	0,0 %

Tabelle 91: Zusammenfassung der wichtigsten Messergebnisse der Gamma-Dosisleistung für alle untersuchten Halden-Standorte anhand statistischer Kennzahlen (Mittelwert (MW) Halde, Mittelwert Nulleffekt (NE), Quotient Mittelwert Halde/Mittelwert Nulleffekt, Variationskoeffizient)

Halden-Standort	Mittelwert der massenbezogenen Aktivität [Bq/kg]									
	U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40	
Ruhrgebiet:	Schurenbachhalde	36	42	44	66	58	57	2	1	932
Ruhrgebiet:	Halde Rungenberg	40	44	44	40	56	55	2	1	900
Oberbayern:	Peißenberg, Halde 3	270	309	208	268	24	23	15	15	291
Oberbayern:	Peißenberg, Halde 4	343	394	205	305	21	22	18	20	217
Oberbayern:	Penzberg, Halde 2	193	201	164	202	28	28	11	11	374
Oberbayern:	Marienstein, Halde	368	412	273	492	32	33	19	21	405
Oberfranken:	Stockheim, St. Katharina	1060	1508	1356	1636	48	46	60	75	552
Oberfranken:	Stockheim, St. Wolfgang	23490	48551	48564	49562	44	51	1168	2046	724
Oberfranken:	Reitsch, König Ludwig	3825	4057	3935	3386	72	72	183	202	652
Thüringen:	Neuhaus, Minna	337	354	328	159	48	50	19	21	428
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 1	49	57	46	83	56	55	3	3	808
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 5	39	42	40	83	39	37	3	3	615

Bei Stockheim, St. Wolfgang und Neuhaus, Minna handelt es sich um Einzelwerte

Tabelle 92: Zusammenfassung der über die jeweilige Halde gemittelten massenbezogenen Aktivität der Haldenoberfläche für alle untersuchten Halden-Standorte mit Material-Probenentnahmen

Halden-Standort		Variationskoeffizient [%]								
		U-238	Ra-226	Rn-222	Pb-210	Ra-228	Th-228	U-235	Ac-227	K-40
Ruhrgebiet:	Schurenbachhalde	11	11	4	14	3	1	20	37	6
Ruhrgebiet:	Halde Rungenberg	8	8	5	36	5	5	0	39	4
Oberbayern:	Peißenberg, Halde 3	62	43	68	44	23	26	61	59	28
Oberbayern:	Peißenberg, Halde 4	60	58	72	44	24	26	59	59	35
Oberbayern:	Penzberg, Halde 2	80	78	77	53	31	30	72	72	24
Oberbayern:	Marienstein, Halde	44	34	40	46	42	39	42	36	34
Oberfranken:	Stockheim, St. Katharina	120	136	138	144	21	27	121	145	21
Oberfranken:	Reitsch, König Ludwig	210	208	217	204	33	33	199	188	29
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 1	31	38	30	17	41	40	44	47	42
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 5	37	8	4	89	4	6	21	47	9

Tabelle 93: Zusammenfassung der nuklidspezifischen Variationskoeffizienten der massenbezogenen Aktivität der Haldenoberfläche für alle untersuchten Halden-Standorte mit Material-Probenentnahmen

Halden-Standort		Mittlere Radionuklidverhältnisse		
		U-238/Ra-226	U-238/Pb-210	Ra-226/Rn-222
Ruhrgebiet:	Schurenbachhalde	0,9	0,6	1,0
Ruhrgebiet:	Halde Rungenberg	0,9	1,2	1,0
Oberbayern:	Peißenberg, Halde 3	0,8	1,0	1,6
Oberbayern:	Peißenberg, Halde 4	0,9	1,0	2,0
Oberbayern:	Penzberg, Halde 2	1,0	0,9	1,2
Oberbayern:	Marienstein, Halde	0,9	0,8	1,6
Oberfranken:	Stockheim, St. Katharina	0,8	0,7	1,0
Oberfranken:	Stockheim, St. Wolfgang	0,5	0,5	1,0
Oberfranken:	Reitsch, König Ludwig	1,0	1,1	1,2
Thüringen:	Neuhaus, Minna	1,0	2,1	1,1
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 1	1,0	0,6	1,2
Oberpfalz:	Erbendorf, Halde 5	0,9	0,6	1,0

Tabelle 94: Zusammenfassung der mittleren Radionuklidverhältnisse der Haldenoberfläche für alle untersuchten Halden-Standorte mit Material-Probenentnahmen

Das natürliche theoretische U-238/U-235-Verhältnis liegt etwa bei 21,7. Die Abweichungen der von uns ermittelten Verhältnisse (im Mittel 18) dazu liegen im Rahmen der in Kapitel 1 angegebenen Messunsicherheiten.

Rn-222-Aktivitätskonzentrationen der Halden-Bodenluft wurden im Bereich von 0,7 bis 848 Bq/l ermittelt. Bereits in den Diskussionen zu den einzelnen Kapiteln wurde ausgeführt, dass einige Konzentrationswerte erstaunlich niedrig sind. Rn-222-Aktivitätskonzentrationen für Halden, die in der Größenordnung < 10 Bq/l liegen, konnten in der Literatur gefunden werden (vgl. /Schulz et al., 2004/).

Da eine vollständig flächendeckende Beprobung der Bergehalden nicht vorliegt, besteht die Möglichkeit, weitere Gebiete oder einzelne Halden- bzw. Haldenbereiche mit Aktivitätswerten > 200 Bq/kg vorzufinden.

Über Sedimente in vom Steinkohlenbergbau beeinträchtigten Gewässern (z. B. durch Einleitung von Grubenwasser) lagen uns Literaturquellen vor, in denen bei Vorliegen bestimmter Wassereigenschaften (z. B. Salzgehalt, insbesondere Ba und Sr) hohe Aktivitäten, insbesondere für Radium, beschrieben sind (vgl. Teil 3a des Projektes).

Durch Sediment-Probeentnahmen im *Altrhein* und seinem bergbauliche Abwässer aufnehmenden Vorfluter, der *Fossa Eugeniiana*, wurden mit gemessenen Ra-226-Aktivitäten von über 3000 Bq/kg die Literaturangaben bestätigt. Darüber hinaus sind hohe Aktivitäten in Gewässern mit ähnlichen Eigenschaften (insbesondere Vorfluter, versinterte Kanalzuleitungen) zu erwarten.

Hohe Aktivitätskonzentrationen in Grubenwässern und Vorflutern, von denen ebenfalls im Teil 3a berichtet wird, legten die Schlussfolgerung nahe, auch in Klärschlämmen erhöhte Aktivitätswerte zu finden. Deshalb wurde im Rahmen des vorliegenden Teils 4a die Entnahme einiger Klärschlammproben in das Untersuchungsprogramm einbezogen.

Mit maximalen Aktivitäten von nahezu 2000 Bq/kg für Ra-226 und ca. 400 Bq/kg im Mittel für Ra-228 und Th-228 bestätigten sich die Annahmen.

Kenntnisse über hohe Aktivitäten von Sedimenten in Absetzteichen lagen uns aus dem Ausland vor (Polen). Für die uns zugänglichen Teiche im Ruhrgebiet und im Saarland waren aufgrund der Grubenwässereigenschaften dieser Gebiete keine hohen Aktivitätswerte zu erwarten. Dies sollte im Rahmen des vorliegenden Projektes verifiziert werden.

Deutlich erhöhte massenbezogene Aktivitäten von Proben aus Absetzteichen im *Ruhrgebiet* und im *Saarland* konnten durch die Messungen im Rahmen des Projektes nicht nachgewiesen werden. Allerdings wurde im Zentrum eines Absetzteiches im *Ruhrgebiet* (Absetzteich der *Zeche Waltrop*) eine um einen Faktor 1,5 erhöhte Gamma-Dosisleistung ermittelt. Diese Befunde schließen nicht aus, dass bei einzelnen Teichen, insbesondere im *Ruhrgebiet*, deutlich erhöhte Aktivitätswerte gefunden werden können. Derartige Lokalitäten waren im Rahmen der von uns durchgeführten Messkampagne nicht zugänglich.

Kenntnisse über gering erhöhte Werte von Wasserpflanzen, die der *Lippe* entnommen wurden, lagen uns vor. Deshalb wurden auch Pflanzen- und Tierproben aus potenziell kontaminierten Gewässerbereichen in das Untersuchungsprogramm einbezogen.

Wir ermittelten stark erhöhte massenbezogene Aktivitäten, insbesondere bei Algen (ca. 4000 Bq/kg).

Im Teil 3a des vorliegenden Projektes wird auf mögliche Einflüsse von Bergbauaktivitäten, insbesondere durch Anlegen unterirdischer Grubenbaue, auf das Bodenradonpotential und den Radon-Eintritt in die Gebäude hingewiesen. Aus diesem Grunde wurde das Kapitel „Bergsenkungen“ in die vorliegende Arbeit aufgenommen, in welchem die kausalen Zusammenhänge diskutiert werden.

8 LITERATUR

- ATLAS Westliches Ruhrgebiet, 1997:** ATLAS Karte und Luftbild, Westliches Ruhrgebiet, Ausgabe 1997, Maßstab 1:20.000, hrsg. vom Kommunalverband Ruhrgebiet
- ATLAS Nördliches Ruhrgebiet, 1998:** ATLAS Karte und Luftbild, Nördliches Ruhrgebiet, Ausgabe 1998, Maßstab 1:20.000, hrsg. vom Kommunalverband Ruhrgebiet
- Baumann 1998:** Baumann, E, Geologie, Mineralogie und Bergbaugeschichte in und um Erbdorf; Heimatpflegeverein Erbdorf e. V, 1998
- Bayern Süd, 2003:** Amtliche Topografische Karten; Bayern Süd, Bayerisches Landesvermessungsamt, Die digitale Kartenserie der deutschen Landesvermessung, 2003
- 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)
- Feige, 1997:** Feige, S., Radionuklid-Kontamination von Wässern, Sedimenten und Böden durch den Steinkohle- und Braunkohlebergbau.- Diplomarbeit Universität Essen, 147 S.
- Fleischmann, 1990:** Fleischmann, G., Steinkohlebergbau, Gemeinde Stockheim, SOV Graphische Betriebe Bamberg, 1990
- Leutwein und Rösler, 1956:** Leutwein, F., Rösler, H. J., Geochemische Untersuchungen an paläozoischen u. mesozoischen Kohlen. Freiburger Forschg-H.C, 1956
- Schmidt, 2001:** Schmidt, S., Untersuchungen zur Radionuklidbelastung von Oberflächenwässern, Sedimenten und Böden als Folge des Steinkohlenbergbaus im Ruhr-Revier. – Inaugural-Dissertation Universität Essen, 188 S., 2001
- Schulz et al., 2004:** Schulz, H., Funke, L., Schellenberger, A., Löbner, W., Leichsenring, B., Regner, J., Untersuchung des Einflusses der Bioturbation von Abdeckungen und kontaminierten Materialien auf Radondämmwirkung mittels Bleisurmethode, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU-2004-643
- Wiegand et al., 1996:** Wiegand, J., Feige, S. & Schmidt, S., Bericht zum Untersuchungsvorhaben „Messungen von ^{222}Rn , und ^{222}Rn -Folgeprodukte im Alten Rhein bei Ossenberg nach Zufluß des Moersbaches, nördliches Rheinberg“. – Unveröffentlichter Abschlußbericht an das Landesumweltamt NRW, 18 S., 1996