

Inhalt

1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	1
1.2 Verbrauch, Verwendung, Emission und Toxizität von Chrom	2
1.3 Bisherige Untersuchungen	3
1.3.1 Chrom-Chemismus im Boden und Sickerwasser	4
1.3.2 Chromaufnahme durch Pflanzen	7
1.3.3 Einfluß von Chrom auf das Bodenleben	8
1.3.4 Grundwasserschadensfälle durch Chrom	9
1.3.5 Die Analytik von Chrom in natürlichen Matrices	9
2 Geographie und Geologie des Untersuchungsgebietes	12
2.1 Geographische Lage, Landschaft und Klima	12
2.2 Geologischer Aufbau	13
2.3 Hydrogeologische Verhältnisse bei Weinheim	17
2.4 Bodencharakterisierung	18
2.5 Wirtschaftsstruktur	19
3 Methoden	20
3.1 Bodenproben	20
3.1.1 Probennahme	20
3.1.2 Probenaufbereitung	20
3.1.2.1 Gesamtaufschluß	20
3.1.2.2 Sequentielle Extraktionen	21
3.1.3 Analytik	22
3.1.3.1 Acidität (pH-Wert)	22
3.1.3.2 Korngrößenverteilung (Bodenart)	22
3.1.3.3 Lagerungsdichte	22
3.1.3.4 Karbonatgehalt	23
3.1.3.5 Schwermetalle, Kalium, Calcium und Aluminium	23
3.1.3.6 Organischer Kohlenstoff und Stickstoff	24
3.1.3.7 Mineralbestand	24
3.2 Pflanzenproben	24
3.2.1 Probennahme	24
3.2.2 Probenaufbereitung	25
3.2.3 Analytik der Schwermetalle	25
3.3 Wasserproben	26
3.3.1 Probennahme	26
3.3.1.1 Sickerwasser	26
3.3.1.2 Grundwasser	28
3.3.2 Probenaufbereitung	28
3.3.3 Analytik	28
3.3.3.1 Temperatur, pH, Eh, Leitfähigkeit	28
3.3.3.2 Bestimmung der Kationen	29
3.3.3.3 Nachweis und Analyse von Chrom VI	29
3.3.3.4 Bestimmung der Anionen	31
3.3.3.5 DOC (gelöster organischer Kohlenstoff)	31
3.3.3.6 Säurekapazität (Hydrogenkarbonat)	31

4 Ergebnisse	33
4.1 Boden	33
4.1.1 Ackerflächen	33
4.1.1.1 Acidität (pH-Wert)	42
4.1.1.2 Sandgehalt	42
4.1.1.3 Chrom	43
4.1.1.4 Eisen	44
4.1.1.5 Mangan	45
4.1.1.6 Nickel	45
4.1.1.7 Zink	46
4.1.1.8 Chrom, Eisen und Zink in sequentiellen Extraktionen	46
4.1.1.9 Mineralbestand	48
4.1.2 Bodenprofil 1	48
4.1.2.1 Profilbeschreibung	48
4.1.2.2 Korngröße, Lagerungsdichte, pH-Wert, und Karbonat	49
4.1.2.3 Organischer Kohlenstoff und Stickstoff	50
4.1.2.4 Chrom, Eisen, Mangan, Nickel, Zink und Kupfer	52
4.1.2.5 Kalium, Calcium und Aluminium	53
4.1.2.6 Chrom, Eisen und Zink in sequentiellen Extraktionen	53
4.1.2.7 Mineralbestand	55
4.1.3 Bodenprofil 2	55
4.1.3.1 Profilbeschreibung	55
4.1.3.2 Korngröße, Lagerungsdichte, pH-Wert, Karbonatgehalt	56
4.1.3.3 Organischer Kohlenstoff und Stickstoff	59
4.1.3.4 Chrom, Eisen, Mangan, Nickel, Zink und Kupfer	59
4.1.3.5 Kalium, Calcium und Aluminium	60
4.1.3.6 Chrom, Eisen und Zink in sequentiellen Extraktionen	60
4.1.4 Bodenprofil 3	62
4.1.4.1 Profilbeschreibung	62
4.1.4.2 Korngrößen, Lagerungsdichte, pH-Wert, und Karbonat	63
4.1.4.3 Organischer Kohlenstoff und Stickstoff	64
4.1.4.4 Chrom, Eisen, Mangan, Nickel, Zink und Kupfer	66
4.1.4.5 Kalium, Calcium und Aluminium	66
4.1.4.6 Chrom, Eisen und Zink in sequentiellen Extraktionen	67
4.1.5 Bodenprofil 4	68
4.1.5.1 Profilbeschreibung	68
4.1.5.2 Korngrößen, Lagerungsdichte, pH-Wert, und Karbonat	69
4.1.5.3 Organischer Kohlenstoff und Stickstoff	71
4.1.5.4 Chrom, Eisen, Mangan, Nickel, Zink und Kupfer	71
4.1.5.5 Kalium, Calcium und Aluminium	72
4.1.5.6 Chrom, Eisen und Zink in sequentiellen Extraktionen	72
4.1.6 Bodenprofil 5	74
4.1.6.1 Profilbeschreibung	74
4.1.6.2 Korngrößen, Lagerungsdichte, pH-Wert, Karbonatgehalt	75
4.1.6.3 Organischer Kohlenstoff und Stickstoff	75
4.1.6.4 Chrom, Eisen, Mangan, Nickel, Zink und Kupfer	76
4.1.6.5 Kalium, Calcium und Aluminium	78
4.1.6.6 Chrom, Eisen und Zink in sequentiellen Extraktionen	78
4.2 Pflanzen	80
4.2.1 Pflanzen von Ackerflächen	80
4.2.1.1 Chrom	80
4.2.1.2 Eisen	82
4.2.1.3 Nickel	84

4.2.1.4	Zink	87
4.2.2	Chrom in den Nutzpflanzen bei den Bodenprofilen	89
4.2.2.1	Pflanzen bei Bodenprofil 1	90
4.2.2.2	Pflanzen bei Bodenprofil 2	91
4.2.2.3	Pflanzen bei Bodenprofil 3	92
4.2.2.4	Pflanzen bei Bodenprofil 4	92
4.2.2.5	Pflanzen bei Bodenprofil 5	93
4.3	Sickerwasser	93
4.3.1	Lysimeter 1	96
4.3.1.1	Acidität (pH-Wert), Leitfähigkeit und DOC	96
4.3.1.2	Chrom und Chrom VI	97
4.3.1.3	Eisen, Mangan, Nickel, Zink, Kupfer und Aluminium	98
4.3.1.4	Natrium, Kalium, Magnesium und Calcium	100
4.3.1.5	Chlorid, Phosphat, Nitrat, Sulfat und Hydrogencarbonat	100
4.3.2	Lysimeter 6	101
4.3.2.1	Acidität (pH-Wert), Leitfähigkeit und DOC	102
4.3.2.2	Chrom, Eisen, Mangan, Nickel, Zink, Kupfer und Aluminium	104
4.3.2.3	Natrium, Kalium, Magnesium und Calcium	105
4.3.2.4	Chlorid, Phosphat, Nitrat, Sulfat und Hydrogencarbonat	105
4.3.3	Lysimeter 7	106
4.3.3.1	Acidität (pH-Wert), Leitfähigkeit und DOC	107
4.3.3.2	Chrom, Eisen, Mangan, Nickel, Zink, Kupfer und Aluminium	109
4.3.3.3	Natrium, Kalium, Magnesium und Calcium	110
4.3.3.4	Chlorid, Phosphat, Nitrat, Sulfat und Hydrogencarbonat	111
4.4	Grundwasser	111
4.4.1	Grundwasserspiegel, pH-Wert, Leitfähigkeit und Eh-Wert	112
4.4.2	Chrom, Eisen, Mangan, Nickel, Zink und Kupfer	115
4.4.3	Chlorid, Phosphat, Nitrat und Sulfat	116
5	Auswertung und Statistik der Meßdaten	118
5.1	Berechnung der Chrom-Fracht in Boden, Pflanzen und Sickerwasser	118
5.1.1	Die anthropogen auf Ackerflächen gelangte Chrom-Fracht	118
5.1.2	Die Chrom-Fracht in Bodenprofilen, Pflanzen und Sickerwasser	122
5.2	Faktorenanalyse	123
5.2.1	Grundlagen	123
5.2.2	Ackerflächen	124
5.2.3	Bodenprofile	125
5.2.4	Sickerwasser	127
5.3	Die Calciumkarbonat-Sättigung im Sickerwasser von Lysimeter 1	130
6	Diskussion	133
6.1	Boden	133
6.1.1	Korngrößenverteilung (Bodenart)	134
6.1.2	Acidität (pH-Wert)	135

6.1.3 Lagerungsdichte	137
6.1.4 Karbonatgehalt	138
6.1.5 Organischer Kohlenstoff und Stickstoff	140
6.1.6 Chrom	142
6.1.6.1 Die Chrombelastung der Ackerflächen	143
6.1.6.2 Die Verteilung von Chrom in Bodenhorizonten	145
6.1.6.3 Die Bindungsform von Chrom im Boden	148
6.1.7 Eisen, Mangan, Nickel, Zink und Kupfer	151
6.1.7.1 Eisen, Mangan, Nickel und Zink in Ackerflächen	151
6.1.7.2 Eisen, Mangan, Nickel, Zink und Kupfer in Bodenprofilen	153
6.1.7.3 Die Bindungsform von Eisen und Zink im Boden	154
6.1.8 Kalium, Calcium und Aluminium in Bodenprofilen	157
6.2 Pflanzen	158
6.2.1 Chrom	159
6.2.2 Eisen, Nickel, Zink	162
6.3 Sickerwasser	163
6.3.1 Niederschlag, Sickerhöhe, gelöste Stoffe	167
6.3.2 Acidität (pH-Wert), Leitfähigkeit und DOC	168
6.3.3 Chrom und Chrom VI	170
6.3.4 Eisen, Mangan, Nickel, Zink, Kupfer und Aluminium	172
6.3.5 Hauptkationen und -Anionen	174
6.3.5.1 Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium	175
6.3.5.2 Chlorid, Phosphat, Nitrat, Sulfat und Hydrogenkarbonat	176
6.4 Grundwasser	178
6.4.1 Grundwasserspiegel, Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit Eh-Wert	178
6.4.2 Chrom, Eisen, Mangan, Nickel, Zink und Kupfer	179
6.4.3 Chlorid, Phosphat, Nitrat und Sulfat	180
7 Zusammenfassung	182
8 Literatur	186
Anhang	198