

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Belastungssituation des Grundwassers im Neckareinzugsgebiet anhand von Nitratgehalten und weiteren Qualitätsparametern in Grund- und Quellwasser analysiert. Ziel war dabei die Ermittlung der Faktoren und Prozesse, welche die Charakteristik der räumlich-zeitlichen Verteilung von Nitrat maßgeblich beeinflussen. Zur Analyse und Interpretation der standort- und nutzungsbedingten lokalen und regionalen Grundwasserbelastung wurden Messdatenreihen und digitale Standortinformationen von 520 Grundwassermessstellen und 250 Quellfassungen verwendet, die zwischen 1980 und 2004 ca. 24.000 mal beprobt wurden.

Zunächst wurde auf der Basis aller Daten ein Überblick über Variabilität und vorhandene räumlich-zeitliche Muster geschaffen. Zu diesem Zweck wurde eine Klassifikation der Messstellen anhand statistischer Parameter aus der Zeitreihenanalyse (Mittelwert, Trend, Dynamik) durchgeführt. Diese Parameter wurden dann zur Durchführung räumlicher Analysen kombiniert. Aus der gewonnenen Übersicht wurden charakteristische Bereiche ausgewählt und in Faktorenanalysen und Fallstudien diejenigen Faktoren ermittelt, die für die Nitratbelastung in diesen Bereichen verantwortlich sind. Hierbei wurden der Messstellenstandort und die Umgebung geologisch und hydrogeologisch charakterisiert. Abschließend wurden die Erkenntnisse regionalisiert und potentielle Nitratgehalte im Grundwasser durch Flächenverschneidung von Themen in Arc-GIS in einer Belastungskarte dargestellt.

Der arithmetische Nitratmittelwert liegt im Neckareinzugsgebiet für die Grundwassermessstellen bei 28,4 mg/l und für die Quellfassungen bei 26,7 mg/l. Die räumliche Analyse zeigt in Teilen des westlichen und nordwestlichen Untersuchungsgebiets Werte von über 40 mg/l. Diese Gebiete wurden in der Regionalisierung als belastet ausgewiesen. In die Bestimmung der Flächen zur standortbedingten Grundwasserbelastung flossen u.a. klimatische, geologische, hydrogeologische und bodenkundliche Informationen sowie Grundwasserflurabstände und Landnutzungsdaten ein. Hier zeigte sich ein Zusammenhang zwischen Nitratgehalt und Beschaffenheit des Untergrunds. Mergelig-tonige Regionen im Albvorland sowie Buntsandsteingebiete und verkarstete Gebiete sind hinsichtlich des Nitratreintrags wesentlich weniger empfindlich als Gebiete mit sandig-kiesigem Untergrund. Dabei treten hohe Nitratmittelwerte besonders in Gebieten mit geringer Grundwasserneubildung auf.

Der Hauptgrund für Nitratwerte über 40 mg/l ist ein hoher Düngereintrag. Daher wurden im Grundwasser unter Acker- und Sonderkulturflächen vereinzelt stabil hohe oder steigende Werte beobachtet. Der hohe Schadstoffeintrag aus Siedlungs- und Industriegebieten kann ebenfalls zu steigenden Nitratwerten führen. Die Nitratbelastung ist seit dem Jahr 1994 jedoch allgemein rückläufig; dies wurde wahrscheinlich durch die Ausweisung zahlreicher Wasserschutzgebiete und das Verbot besonders nitratreicher Dünger erreicht. Es ist zu erwarten, dass die Nitratwerte im Neckareinzugsgebiet in Zukunft langsam weiter abnehmen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Der wissenschaftliche Rahmen.....	9
1.2	Das Forschungsprojekt RIVERTWIN.....	9
1.3	Projekthintergrund der Diplomarbeit.....	10
1.4	Ziel der Analyse.....	11
1.5	Angewandte Methoden.....	11
2	Das Arbeitsgebiet	12
2.1	Geographie des Neckareinzugsgebiets.....	13
3	Geologie und Hydrogeologie	14
3.1	Geologischer Rahmen und Regionale Geologie.....	15
3.2	Hydrogeologie des Neckareinzugsgebiets.....	17
3.2.1	Stratigraphische Gliederung der Aquifere.....	19
4	Theoretische Grundlagen	21
4.1	Wichtige Gesteinsparameter.....	21
4.2	Grundwasserleiter und Grundwasserstauer.....	22
4.2.1	Besonderheiten der Tonsteine.....	23
4.3	Transportprozesse im Grundwasser.....	25
4.4	Der Wasserkreislauf und die Stoffkreisläufe.....	26
4.4.1	Der Sauerstoff-Kohlenstoff-Kreislauf.....	28
4.4.2	Der Stickstoffkreislauf.....	29
4.4.2.1	Nitratgefährdung des Grundwassers.....	31
4.4.2.2	Die toxikologische Wirkung des Nitrats.....	32
4.4.3	Der Phosphorkreislauf.....	32
4.4.4	Der Schwefelkreislauf.....	32
4.4.5	Der Eisen-Mangan-Kreislauf.....	33
4.4.6	Der Silizium-Kreislauf.....	33
4.5	Hauptinhaltsstoffe des Grundwassers.....	34
4.5.1	Geogene Herkunft gelöster Stoffe und Kolloide.....	35
4.5.2	Hydrogenkarbonat.....	36
4.5.3	Sulfat.....	37
4.5.4	Chlorid.....	37
4.5.5	Calcium.....	37
4.5.6	Magnesium.....	37
4.5.7	Natrium.....	38
4.5.8	Kalium.....	38
4.5.9	Ammonium und Nitrat.....	38
4.5.10	Eisen und Mangan.....	39

4.5.11	Phosphat	39
4.5.12	Fluorid	39
4.6	Milieuparameter im Grundwasser	40
5	Die Datengrundlage	41
5.1	Allgemeine Vorgehensweise.....	44
6	Berechnung der statistischen Parameter	47
6.1	Berechnung und Klassifikation der Mittelwerte	47
6.2	Berechnung und Klassifikation des Trends.....	48
6.3	Berechnung und Klassifikation der Dynamik.....	50
7	Räumliche Analyse	52
7.1	Räumliche Verteilung der Mittelwerte	52
7.2	Räumliche Trendanalyse	56
7.3	Räumliche Analyse der Dynamik	59
7.4	Kombinierte räumliche Analysen.....	62
7.4.1	Kombination Mittelwert/Trend.....	62
7.4.2	Kombination Mittelwert/Dynamik.....	66
7.5	Ergebnis	67
8	Zeitliche Analyse.....	69
8.1	Jährliche Analyse	69
8.2	Saisonale Analyse.....	70
8.3	Korrelation Nitratkonzentration / Grundwasserflurabstand	74
8.4	Analyse der Jahresmittelwerte in den Teileinzugsgebieten	76
8.5	Analyse der Jahresmittelwerte nach hydrogeologischen Einheiten	81
8.6	Analyse der Jahresmittelwerte nach der Landnutzung	85
9	Faktorenanalyse.....	89
9.1	Klimatische Wasserbilanz	95
9.2	Landnutzung	97
9.3	Wasserschutzgebiete.....	99
9.4	Böden.....	100
9.5	Aquifere.....	102
9.6	Grundwasserüberdeckung und Schutzfunktion	103
9.7	Oberflächengeologie	107
9.8	Grundwasserflurabstand	109
10	Fallstudien	111
10.1	Analyse Gebiet 1 (Mannheim, Heidelberg).....	113
10.1.1	Bereich 1 (Schriesheim).....	114
10.1.2	Bereich 2 (Eppelheim).....	116
10.1.3	Bereich 3 (Ladenburg)	117
10.1.4	Bereich 4 (Mannheim, Heidelberg).....	119

10.1.5	Ergebnis Gebiet 1	120
10.2	Analyse Gebiet 2 (Odenwald)	120
10.2.1	Ergebnis Gebiet 2	123
10.3	Analyse Gebiet 3 (Kraichgau)	123
10.4	Analyse Gebiet 4 (Region Heilbronn).....	126
10.4.1	Bereich 1 (Heilbronn West)	128
10.4.2	Bereich 2 (Neckar bei Heilbronn)	129
10.4.3	Bereich 3 (westlich und südlich von Heilbronn).....	131
10.4.4	Bereich 4 (nordwestlich von Heilbronn).....	132
10.4.5	Ergebnis Gebiet 4	134
10.5	Analyse Gebiet 5 (Region Hohenlohe).....	134
10.5.1	Bereich 1 (Öhringen, Weinsberg, Ilshofen, Schöntal)	136
10.5.2	Bereich 2 (Crailsheim).....	138
10.5.3	Bereich 3 (Ernsbach, Morsbach).....	139
10.5.4	Bereich 4 (Kupferzell).....	140
10.5.5	Bereich 5 (Keuperbergland)	141
10.5.6	Ergebnis Gebiet 5	143
10.6	Analyse Gebiet 6 (Rems-Murr-Kreis)	143
10.6.1	Bereich 1 (Grunbach).....	145
10.6.2	Bereich 2 (Waiblingen).....	146
10.6.3	Bereich 3 (Korb, Marbach)	147
10.6.4	Bereich 4 (Schorndorf, Waiblingen)	148
10.6.5	Ergebnis Gebiet 6	148
10.7	Analyse Gebiet 7 (Region Ludwigsburg).....	149
10.7.1	Bereich 1 (Talfüllungen: niedrige Nitratmittelwerte)	150
10.7.2	Bereich 2 (Talfüllungen: hohe Nitratmittelwerte)	150
10.7.3	Bereich 3 (Ludwigsburg)	151
10.7.4	Bereich 4 (Markgröningen, Cleeborn, Brackenheim, Großbottwar)	152
10.7.5	Ergebnis Gebiet 7	154
10.8	Analyse Gebiet 8 (Großraum Stuttgart)	154
10.8.1	Bereich 1 (Region Stuttgart).....	155
10.8.2	Bereich 2 (Neckar zwischen Stuttgart und Altbach).....	156
10.8.3	Bereich 3 (Stuttgart-Plieningen)	157
10.8.4	Bereich 4 (Leonberg, Vaihingen, Plieningen).....	158
10.8.5	Ergebnis Gebiet 8	160
10.9	Analyse Gebiet 9 (Region Pforzheim).....	160
10.9.1	Bereich 1 (Pforzheim)	160
10.9.2	Bereich 2 (Region Korngäu).....	162
10.9.3	Bereich 3 (Talfüllungen)	162

10.9.4	Bereich 4 (Mühlacker, Vaihingen an der Enz).....	162
10.9.5	Ergebnis Gebiet 9	163
10.10	Analyse Gebiet 10 (Region zwischen Rottweil und Horb).....	164
10.10.1	Bereich 1 (Empfingen).....	164
10.10.2	Bereich 2 (Königsfeld und Schweningen)	165
10.10.3	Bereich 3 (Neckar zwischen Rottweil und Horb)	166
10.10.4	Bereich 4 (Horb, Empfingen, Dietingen, Vöhringen)	166
10.10.5	Bereich 5 (Rottweil, Königsfeld, Alpirsbach)	167
10.10.6	Ergebnis Gebiet 10.....	168
10.11	Analyse Gebiet 11 (Großraum südlich von Stuttgart)	168
10.11.1	Bereich 1 (Renningen, Herrenberg)	169
10.11.2	Bereich 2 (Tübingen, Pliezhausen, Ehningen)	169
10.11.3	Bereich 3 (Wolfschlugen, Rottenburg, Ehningen)	170
10.11.4	Bereich 4 (Neuhausen, Pliezhausen, Jettingen, Hirrlingen).....	172
10.11.5	Ergebnis Gebiet 11.....	172
10.12	Analyse Gebiet 12 (Schwäbische Alb).....	173
10.12.1	Bereich 1 (Empfingen, Ofterdingen).....	174
10.12.2	Bereich 2 (Talfüllungen)	174
10.12.3	Bereich 3 (Albvorland).....	175
10.12.4	Bereich 4 (Albhochfläche)	175
10.12.5	Ergebnis Gebiet 12.....	176
10.13	Analyse Gebiet 13 (Ostalb).....	176
10.13.1	Bereich 1 (Region Ellwangen).....	177
10.13.2	Bereich 2 (Talfüllungen)	178
10.13.3	Bereich 3 (Albvorland).....	178
10.13.4	Bereich 5 (Albhochfläche)	180
10.13.5	(Keuperbergland)	180
10.13.6	Ergebnis Gebiet 13.....	181
10.14	Erkenntnisse aus den Fallstudien	182
11	Räumliche Regionalisierung	185
12	Zusammenfassung	188
12.1	Schlussfolgerungen.....	188
12.2	Empfehlungen	191
12.3	Ausblick.....	195
13	Anhang	196
14	Literaturverzeichnis	197