

Regierungspräsidium Karlsruhe
Referat 44 / Straßenplanung
Schlossplatz 4 - 6
76131 Karlsruhe

ARCADIS CONSULT GMBH
Wendtstraße 19
76185 Karlsruhe

Telefon: (07 21) 9 85 80-0
Fax: (07 21) 9 85 80-80
E-Mail: karlsruhe@arcadis.de
Internet: www.arcadis.de

Karlsruhe,
16. 09. 2009

Ansprechpartner:
Maria Rebel
m.rebel@arcadis.de

Unser Zeichen:
reb-oc 1312 030 08

Telefon-Durchwahl:
- 21

Telefax-Durchwahl:
- 80

Projekt:
BAB A 8 Stuttgart - Karlsruhe
Sechsstreifiger Ausbau zwischen den Anschlussstellen
Pforzheim/Süd und Pforzheim/Nord

Bericht:
Geologisches / Hydrogeologisches Gutachten

Grundwassermodellierung mit Gefährdungsabschätzung
bezüglich Trinkwassergewinnung und Naturschutz

Stand Januar 2009

Auftraggeber:
Regierungspräsidium Karlsruhe

Geschäftsführer:
Jürgen Boenecke
Dr. Roland Damm
Stefan Krieger
Adam Mahr

Amtsgericht Darmstadt
HRB 6256

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1	Vorgang und Aufgabenstellung	13
1.1	Vorgang	13
1.2	Aufgabenstellung 2004: Grundwassermodell, Erkundung, Gefährdungsabschätzungen zum Schutz Trinkwasserbrunnen	14
1.3	Aufgabenstellung 2008: Ergänzende Untersuchungen zur aktuellen Vorzugsvariante Tunnelbauwerk	16
2	Unterlagen / Datenerhebung	17
2.1	Unterlagen	17
2.2	Zusätzliche Datenquellen für Grundwassermodellierung von 2004	20
3	Durchgeführte Erkundungen	21
3.1	Durchgeführte Erkundungen 2004 (Schutz Trinkwasserbrunnen)	21
3.1.1	Datenlage im Untersuchungsgebiet, Erkundungskonzept	21
3.1.2	Bohrungen und Messstellenbau	22
3.1.3	Hydrologische Messungen	23
3.2	Durchgeführte Erkundungen 2008 (Vorzugsvariante Tunnelbauwerk)	24
3.2.1	Untersuchung Igelsbachquelle	24
3.2.2	Bohrungen und Messstellenbau	25
3.2.3	Hydrologische Messungen	25
4	Untersuchungen und Erkundungsergebnisse aus 2004 (Schutz Trinkwasserbrunnen)	26
4.1	Potenzielle Gefährdung Trinkwasserbrunnen	26
4.1.1	Potentielle Gefährdung während der Bauphase	27
4.1.2	Potentielle Gefährdung während der regulären Straßennutzung	29
4.1.2.1	Potentielle Gefährdung durch den regulären Straßenbetrieb	29
4.1.2.2	Potentielle Gefährdung im Fall einer Havarie	30
4.1.2.3	Beeinflussung der Grundwasserhydraulik durch Bauwerke im Aquifer	31
4.2	Mögliche Schadstoffeinträge und Transportwege im Grund- und Oberflächenwasser	32
4.3	Hydrogeologisches Standortmodell	34
4.3.1	Vorgehensweise bei der Erarbeitung des Hydrogeologischen Standortmodells	34
4.3.2	Geografischer Überblick	36
4.3.3	Geologische und hydrogeologische Gegebenheiten	38
4.3.4	Oberflächengewässer	44
4.3.4.1	Enz	44
4.3.4.2	Weitere Oberflächengewässer, Quellen	45
4.3.5	Grundwasserströmung und geohydraulische Gegebenheiten	49
4.3.5.1	Amtliche Stichtagsmessung Oktober 2000	49
4.3.5.2	Stichtagsmessung Oktober 2004	52

J:\Projekte\2008\1312_030_08\Word\03008be3_Schlussbericht_2009_09_16.doc

4.3.5.3	Frühere Untersuchungen zur Grundwasserströmung	53
4.3.5.4	Ergebnisse von Markierungsversuchen	54
4.3.6	Grundwasserbewirtschaftung, hydrologische und geohydraulische Gegebenheiten	56
4.3.6.1	Grundwasserbewirtschaftung	56
4.3.6.2	Niederschlag und Grundwasserneubildung	56
4.3.6.3	Pumpversuche	57
5	Grundwassermodell 2004 (Schutz Trinkwasserbrunnen)	58
5.1	Aufbau und Eichung des Grundwasserströmungsmodells	58
5.1.1	Grundlagen	58
5.1.2	Modellaufbau, Geohydraulische Kennwerte	61
5.1.3	Modellaufbau, Hydrologische Randbedingungen	62
5.1.4	Stationäre Modelleichung, Referenzsituation Oktober 2000	64
5.1.5	Verifikation, Situation Oktober 2004	68
5.1.6	Auswertung der Markierungsversuche mit dem Modell	70
5.1.7	Zusammenfassung der Ergebnisse aus Modelleichung und Verifikation	72
5.2	Auswirkungen der geplanten Baumaßnahme auf die Wasserqualität in den Trinkwasserbrunnen sowie Abwehrmaßnahmen zur Minimierung einer möglichen Gefährdung (Szenarienuntersuchungen)	76
5.2.1	Herleitung und Beschreibung der einzelnen Untersuchungsszenarien	76
5.2.1.1	Grundszenario	77
5.2.1.2	Gefahrenszenarien	77
5.2.1.3	Abwehrszenarien	79
5.2.2	Ergebnisse der Szenarienberechnungen	80
5.2.3	Eintrag von Salzfrachten in die Enz und das Grundwasser	84
5.3	Bewertung der Ausbaumaßnahme und Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr	86
5.3.1	Gefährdungspfad: Grundwasser - Trinkwasserbrunnen	87
5.3.2	Gefährdungspfad: A8-Streusalz - Enz – Trinkwasserbrunnen	94
5.3.3	Mögliche Gefährdung durch Gründungsbauwerke im Grundwasser der Enzaue	95
6	Ergebnisse der ergänzenden Untersuchungen von 2008 (Vorzugsvariante Tunnelbauwerk)	95
6.1	Recherche und Bestandsaufnahme Igelsbachquelle	95
6.2	Schüttungsabschätzungen Igelsbachquelle	96
6.3	Bohrarbeiten	100
6.4	Hydrologische Messungen	102
6.4.1	Stichtagsmessungen	102
6.4.2	Pump- und Auffüllversuche 2008	103
6.5	Grundwasseranalysenergebnisse	104
6.6	Auswertung und Interpretation der Ergebnisse	107
6.6.1	Igelsbachquelle: Funktion Brunnenstube und Wasserbehälter	107
6.6.2	Lage des Quellhorizontes der Igelsbachquelle	108
6.6.3	Eingrenzung der Lage der Wartbergstörung	108

ARCADIS

6.6.4	Potenziallinie im quartären Grundwasserleiter	109
6.6.5	Vernässungszone nördlich der Autobahn	109
6.7	Auswirkungen der Vorzugsvariante Tunnelbauwerk	110
6.7.1	Auswirkungen der Vorzugsvariante Tunnelbauwerk auf die Trinkwasserbrunnen	110
6.7.2	Auswirkungen der geologischen/ hydrogeologischen Standortbedingungen auf das Tunnelbauwerk	111
6.7.3	Auswirkungen des Tunnelbauwerkes auf die Umwelt	113
6.7.4	Empfehlungen zur Gründung des Tunnelbauwerkes	114
6.7.5	Berücksichtigung der Igelsbachquelle und der umgebenden Vernässungszone bei der Planung des Tunnelbauwerkes und der Hörnleweg-Überquerung	115
7	Zusammenfassung	117
7.1	Auswirkung der Gesamtbaumaßnahme auf die Trinkwasserbrunnen (im Wesentlichen Untersuchungen von 2004, Ergänzungen von 2008)	117
7.2	Auswirkung der Vorzugsvariante Tunnelbauwerk (2008)	119
8	Empfehlungen für die Baureifplanung	123
8.1	Empfehlungen zum Schutz der Trinkwasserbrunnen im Enztal	123
8.2	Empfehlungen zur Vorzugsvariante Tunnelbauwerk	124

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1: Bereits vorliegende Gutachten von ARCADIS Consult GmbH	13
Tabelle 2: Schichtenfolge im Untersuchungsgebiet	38
Tabelle 3: Zonierung von Bereichen der Grundwasserneubildung aus Niederschlagszusickerung	63
Tabelle 4: In den Zonen berücksichtigte Neubildungsraten des Modells	63
Tabelle 5: Im Modell berücksichtigte Entnahmeraten der Gewinnungsanlagen für Oktober 2000 und Oktober 2004	64
Tabelle 6: Modellseitig ermittelte Grundwasserbilanz, Situation Oktober 2000	67
Tabelle 7: Spezifische NaCl - Salzfrachten und Gesamtfrachten	85
Tabelle 8: NaCl-Salzkonzentrationen und Salzfrachten in der Enz	86
Tabelle 9: Matrix mit Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr	93
Tabelle 10: Schüttungsabschätzung vom 16.06.2008	97
Tabelle 11: Schüttungsabschätzung vom 04.07.2008	97
Tabelle 12: Schüttungsabschätzung vom 02.08.2008	97
Tabelle 13: Zusammenfassung Schüttungsabschätzungen	98
Tabelle 14: Bilanzierung Schüttungsmessungen	98
Tabelle 15: Vermessungsdaten Bohrungen, GWM B12 – B15 (2008)	100
Tabelle 16: Ausbau Bohrungen B12 – B15 (2008)	100
Tabelle 17: Grundwasserstände bei Bohrarbeiten B12 – B15 (2008)	100
Tabelle 18: Tiefe Wasserzutritte in Bohrungen (Quellhorizont Igelsbachquellen)	101
Tabelle 19: Kurzbeschreibung der erbohrten Schichten (s. a. [U2])	101
Tabelle 20: Stichtagsmessungen 2008	102
Tabelle 21: Stichtagsmessungen 2008	102
Tabelle 22: Durchführung und Ergebnisse der Auffüll-/ Pumpversuche	104
Tabelle 23: Analysenergebnisse Grundwasser aus B14 und B15	105
Tabelle 24: neue Bezeichnung der Gebäude an der Igelsbachquelle	107

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Lagepläne, Geologischer Längsschnitt
Anlage 1.1	Übersichtslageplan 1:25.000
Anlage 1.2	Lageplan, Bauvorhaben und Wasserschutzgebiete (Stand Juli 2004)
Anlage 1.3	Lageplan, Bauvorhaben und Trinkwassergewinnung (Stand Juli 2004)
Anlage 1.4	Lageplan, Gefahrenbereiche und Schutzgüter (Stand Juli 2004)
Anlage 1.5	Luftaufnahme A8-Enztalquerung
Anlage 1.6	Bohraufschlüsse/Grundwassermessstellenbau, Lageplan 1:5.000, (Stand Juli 2004)
Anlage 1.7	Detaillageplan mit der geplanten Trassenführung, Bohrpunkten, Grundwassermessstellen, Brunnenstube Igelsbachquelle, Wasserbehälter, Messpunkten für Schüttungsmessungen, M 1:1.000 (Stand Januar 2009)
Anlage 1.8	Geologischer Längsschnitt mit der geplanten Trassenführung (Stand 2008) M 1:5.000/ 500
Anlage 2	Datenquellen / Datenerhebung
Anlage 2.1	Aufschlussraster (AfU-Pforzheim, HGE)
Anlage 2.2	Bohraufschlüsse / Grundwassermessstellen vor 2004 mit Tiefenangaben
Anlage 3	Erkundungsmaßnahmen 2004
Anlage 3.1	Bohrungen, Grundwassermessstellen B1 – B11
Anlage 3.1.1	Übersicht Stammdaten der Bohrungen, Grundwassermessstellen
Anlage 3.1.2	B1, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos
Anlage 3.1.3	B2, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos
Anlage 3.1.4	B3, Bohrung nicht ausgeführt
Anlage 3.1.5	B4a, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos, Ausbauplan
Anlage 3.1.6	B4b, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos, Ausbauplan
Anlage 3.1.7	B5, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos, Ausbauplan
Anlage 3.1.8	B6, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos, Ausbauplan
Anlage 3.1.9	B7, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos, Ausbauplan
Anlage 3.1.10	B8, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos, Ausbauplan
Anlage 3.1.11	B8a, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos
Anlage 3.1.12	B9, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos, Ausbauplan
Anlage 3.1.13	B10, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos
Anlage 3.1.14	B11, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos, Ausbauplan

J:\Projekte\2008\1312_030_08\Word\03008bce3_Schlussbericht_2009_09_16.doc

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 4	Erkundungsmaßnahmen 2008
Anlage 4.1	Bohrungen, Grundwassermessstellen B12 – B15
Anlage 4.1.1	Übersicht Stammdaten der Bohrungen, Grundwassermessstellen
Anlage 4.1.2	B12, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos
Anlage 4.1.3	B13, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos, Ausbauplan
Anlage 4.1.4	B14, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos, Ausbauplan
Anlage 4.1.5	B15, Bohrprofile, Schichtenverzeichnis, Bohrkernfotos, Ausbauplan
Anlage 4.2	Feldprotokolle, Auswertung Pumpversuche und Slug-Test
Anlage 4.2.1	Pumpversuch B14
Anlage 4.2.2	Pumpversuch B15
Anlage 4.2.3	Slug-Test B13
Anlage 4.3	Analysenergebnisse
Anlage 4.4	Bestandsaufnahme Brunnenstube der Igelsbachquelle und Wasserbehälter (9./ 10.12.2008, Unterlagen Fa. Scharpf)
Anlage 4.4.1	Schemaskizze Brunnenstube Igelsbachquelle, Wasserbehälter
Anlage 4.4.2	Feldskizzen von der Brunnenstube der Igelsbachquelle
Anlage 4.4.3	Feldskizzen von der Brunnenstube vom Wasserbehälter
Anlage 4.4.4	Feldskizzen von der Bachverrohrung
Anlage 4.4.5	Kamerabefahrung Wasserbehälter, Leitung 1, DN 150
Anlage 4.4.6	Kamerabefahrung Wasserbehälter, Leitung 2, DN 150
Anlage 4.4.7	Kamerabefahrung Wasserbehälter, Leitung 2, DN 150
Anlage 4.4.8	Kamerabefahrung Wasserbehälter, Leitung 3, DN 125
Anlage 4.4.9	Kamerabefahrung Bachverrohrung, Leitung 6, DN 600
Anlage 4.4.10	Kamerabefahrung Brunnenstube, Leitung 5, DN 100
Anlage 4.4.11	Kamerabefahrung Brunnenstube, Leitung 6, DN 150
Anlage 4.4.12	Kamerabefahrung Brunnenstube, Leitung 7, DN 150
Anlage 4.4.13	Kamerabefahrung Brunnenstube, Leitung 8, DN 70
Anlage 4.4.14	Fotodokumentation Bestandsaufnahme Brunnenstube Igelsbachquelle, Wasserbehälter
Anlage 5	Beschreibung möglicher Wassergefährdungen durch die BAB A8 (2004)
Anlage 5.1	Darstellung zur potentiellen Gefährdung während der Bauphase
Anlage 5.2	Darstellung zur potentiellen Gefährdung durch den regulären Autobahnbetrieb
Anlage 5.3	Darstellung zur potentiellen Gefährdung im Fall einer Havarie ohne RiStWag-Schutz

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 6	Ablaufschema: Mögliche Schadstoffwege vom Eintragsort zu den Trinkwasserbrunnen (2004)
Anlage 7	Hydrogeologisches Standortmodell (2004)
Anlage 7.1	Ablaufschema zur Erstellung des Hydrogeologischen Modells (nach FH/DGG)
Anlage 7.2	Untersuchungsgebiet des Hydrogeologischen Modellsystems Ausschnitt aus der Topografischen Karte 1:25.000, Blatt 7018 u. 7118
Anlage 7.3	Darstellungen zu den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen
Anlage 7.3.1	Abgedeckte Geologische Karte
Anlage 7.3.2	Schichtlagerungskarte Oberer / Mittlerer Buntsandstein
Anlage 7.3.3	Ausgewählte Schichtprofile der Gewinnungsanlage Lindenbusch und Niefern-Öschelbronn
Blatt 1	Lageplandarstellung ausgewählter Schichtprofile der Trinkwassergewinnungsanlagen Lindenbusch und Niefern-Öschelbronn
Blatt 2	Ausgewählte Schichtprofile der Trinkwassergewinnungsanlage Lindenbusch
Blatt 3	Ausgewählte Schichtprofile der Trinkwassergewinnungsanlage Niefern / Öschelbronn
Anlage 7.4	Darstellungen zu den Oberflächengewässern
Anlage 7.4.1	Darstellungen zur Enz
Blatt 1	Ganglinien gemessener Wasserstände und Abflussraten der Enz
Blatt 2	Abflusskurve u. Wasserstand der Enz am Pegel Eutingen vom 12.10.04 – 15.10.04
Blatt 3	Stammdaten des Pegels Eutingen/Enz (LfU/HWZ)
Anlage 7.4.2	Weitere Oberflächengewässer (Igelsbach, Kirnbach) und Quellen
	- Abfluss
	- Wasserstände
Blatt 1	Messungen nördlicher Abschnitt A8 (Stand 2004)
Blatt 2	Messungen Kirnbachtal / Reutwiesen (Stand 2004)

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 7.5 Darstellungen zu den grundwasserhydraulischen Gegebenheiten
- Anlage 7.5.1 Stichtagsmessung im Oktober 2000
- Blatt 1 Messstellennetz und Messwerte für den quartären Grundwasserleiter und die Enz
- Blatt 2 Messstellennetz und Messwerte für den Buntsandstein- und Muschelkalkaquifer
- Blatt 3 Grundwassergleichenplan, Quartärer Grundwasserleiter
- Blatt 4 Grundwassergleichenplan, Buntsandsteinaquifer
- Anlage 7.5.2 Stichtagsmessung im Oktober 2004
- Blatt 1 Lageplan mit Ergebnissen der Stichtagsmessung im Oktober 2004
- Anlage 7.5.3 Darstellungen zu vorliegenden isotopenhydrologischen Untersuchungen
- Blatt 1 Isotopenhydrologische Untersuchungen unterhalb des Eutinger Stauwehrs, quartärer Grundwasserleiter
- Blatt 2 Isotopenhydrologische Untersuchungen unterhalb des Eutinger Stauwehrs, Buntsandstein-Grundwasserleiter
- Anlage 7.5.4 Ergebnisse vorliegender Markierungsversuche [LGRB]
- Blatt 1 Markierungsversuche nördlich der Enzaue (1994/99)
- Blatt 2 Markierungsversuche südlich der Enzaue (1979/81/82/95)
- Blatt 3 Markierungsversuche im Kirnbachtal (1968/2000)
- Blatt 4 Markierungsversuche im Kirnbachtal (1987)
- Anlage 7.6 Darstellungen zu den hydrologischen und geohydraulischen Gegebenheiten
- Anlage 7.6.1 Trinkwasserentnahmen
- Blatt 1: Trinkwasserentnahmen im Jahr 2000
- Blatt 2: Trinkwasserentnahmen im Jahr 2004
- Anlage 7.6.2 Niederschlag und Grundwasserneubildung
- Blatt 1 Niederschlag im Raum Pforzheim [DWD]
- Blatt 2 Darstellung zur Sickerungsrate [LGRB]
- Blatt 3 Darstellung zur Grundwasserneubildungsrate [LGRB]
- Anlage 7.6.3 Geohydraulische Kennwerte
- Blatt 1 Grafische Darstellung zur Auswertung der Durchlässigkeitsbeiwerte für die Trinkwasserbrunnen
- Blatt 2 Grafische Darstellung zu den Ergiebigkeiten der Trinkwasserbrunnen
- Blatt 3 Tabellarische Zusammenstellung der Brunnenkennwerte
- Blatt 4 Lageplandarstellung verfügbarer Durchlässigkeitsbeiwerte

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 8	Darstellungen zum Aufbau und zur Eichung des Grundwasserströmungsmodells (2004)
Anlage 8.1	Modelldiskretisierung, Modellraster
Anlage 8.1.1	Modellgebiet, Modellnetz und Randbedingungen
Anlage 8.1.2	Gebiet der Netzverfeinerung
Anlage 8.2	Geohydraulische Kennwerte (Grundwasserströmungsmodell)
Anlage 8.2.1	Tiefenlage der Quartärbasis (Einzel- und Bereichswerte)
Anlage 8.2.2	Im Modell verwendete kf-Werte für den quartären Grundwasserleiter
Anlage 8.2.3	Im Modell verwendete kf-Werte für den Buntsandstein-Grundwasserleiter
Blatt 1	Im Modell verwendete kf-Werte für den Buntsandstein-Grundwasserleiter <u>vor</u> der Feineichung
Blatt 2	Im Modell verwendete kf-Werte für den Buntsandstein-Grundwasserleiter <u>nach</u> der Feineichung
Anlage 8.3	Hydrologische Randbedingungen im Modell
Anlage 8.3.1	Berücksichtigung der Enz im Modell, Längsschnitt
Anlage 8.3.2	Berücksichtigung der Grundwasserneubildung aus Niederschlagszusicke- rung im Modell, Zoneneinteilung
Anlage 8.4	Ergebnisdarstellungen zur berechneten Grundwasserströmung im Oktober 2000
Anlage 8.4.1	Berechnete Grundwasserströmung im quartären Grundwasserleiter (Oktober 2000)
Blatt 1	Grundwassergleichenplan, Quartär (Oktober 2000), Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserstände
Blatt 2	Diagramm zur Güte der Modelleichung im Quartär / Buntsandstein (Oktober 2000)
Blatt 3	Güte der Modelleichung im Nahbereich der Enztalquerung (Oktober 2000, Quartär)
Anlage 8.4.2	Berechnete Grundwasserströmung im Buntsandstein-Grundwasserleiter
Blatt 1	Grundwassergleichenplan; Buntsandstein (Oktober 2000), Vergleich gemes- sene und berechnete Grundwasserstände
Blatt 2	Diagramm zur Güte der Modelleichung im Buntsandstein (Oktober 2000)
Blatt 3	Güte der Modelleichung im Nahbereich der Enztalquerung (Oktober 2000, Buntsandstein)

J:\Projekte\2008\1312_030_08\Word\03008be3_Schlussbericht_2009_09_16.doc

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 8.5 Ergebnisdarstellungen zur berechneten Grundwasserströmung
im Oktober 2004
- Anlage 8.5.1 Berechnete Grundwasserströmung im quartären Grundwasserleiter, Ver-
gleich gemessene mit berechneten Grundwasserständen
(Oktober 2004)
- Anlage 8.5.2 Berechnete Grundwasserströmung im quartären Grundwasserleiter, Darstel-
lung der Wasserbilanz (Oktober 2004)
- Anlage 8.5.3 Berechnete Grundwasserströmung im Buntsandstein-Grundwasserleiter,
Darstellung der Wasserbilanz (Oktober 2004)
- Anlage 8.6 Modellauswertung der Markierungsversuche
- Anlage 9 Darstellungen zum Einsatz des Grundwasserströmungsmodells
(Szenarienuntersuchungen) (2004)**
- Anlage 9.1 Untersuchungsszenarien (Grundszenario, Gefahrenszenarien,
Abwehrszenarien)
- Anlage 9.2 Ergebnisdarstellungen zu den Szenarienuntersuchungen
- Anlage 9.2.1 Ergebnisdarstellungen zum Grundszenario
- Blatt 1 Grundszenario, Quartärer Grundwasserleiter 2004
(mittlerer Enzwasserstand)
- Blatt 2 Grundszenario, Buntsandstein-Grundwasserleiter 2004
(mittlerer Enzwasserstand)
- Anlage 9.2.2 Ergebnisdarstellungen zu den Gefahrenszenarien mit Fließzeiten
- Blatt 1 Gefahrenszenario 1.2: A8-Nordanstieg
- Blatt 2 Gefahrenszenario 2: A8-Enztalquerung
- Blatt 3 Gefahrenszenario 3: RKB + Ableitung
- Blatt 4 Gefahrenszenario 4: AS Pforzheim Ost
- Blatt 5 Gefahrenszenario 5: Südanstieg, gesamte Trasse
- Blatt 6 Gefahrenszenario 5.1: Südanstieg, Bereich I
- Blatt 7 Gefahrenszenario 5.2: Südanstieg, Bereich II
- Blatt 8 Gefahrenszenario 5.3: Südanstieg, Bereich III
- Blatt 9 Gefahrenszenario 5.4: Südanstieg, Bereich IV
- Blatt 10 Gefahrenszenario 5.5: Südanstieg, Bereich V
- Blatt 11 Gefahrenszenario 5.6: Südanstieg, T+R-Anlage

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 9.2.3	Ergebnisdarstellungen zu den Abwehrszenarien	
Blatt 1	Abwehrszenario 2:	A8-Enztalquerung
Blatt 2	Abwehrszenario 3:	RKB + Ableitung
Blatt 3	Abwehrszenario 4:	AS Pforzheim Ost
Blatt 4	Abwehrszenario 5.1:	Südanstieg, Bereich I
Blatt 5	Abwehrszenario 5.2.1:	Südanstieg, Bereich II, TWB-Abschaltung
Blatt 6	Abwehrszenario 5.2.2:	Südanstieg, Bereich II, Abwehrbrunnen
Blatt 7	Abwehrszenario 5.3.1:	Südanstieg, Bereich III, TWB-Abschaltung
Blatt 8	Abwehrszenario 5.3.2:	Südanstieg, Bereich III, Abwehrbrunnen
Blatt 9	Abwehrszenario 5.4.1:	Südanstieg, Bereich IV, TWB-Abschaltung
Blatt 10	Abwehrszenario 5.4.2:	Südanstieg, Bereich IV, Abwehrbrunnen
Blatt 11	Abwehrszenario 5.5:	Südanstieg, Bereich V
Blatt 12	Abwehrszenario 5.6:	Südanstieg, T+R-Anlage

Anlage 9.3 Streusalzfrachten, Autobahn A5. Intensivmessstelle Bruchsal

Anlage 10 Darstellungen zur Gefährdung der Trinkwassergewinnung in der Enzaue

Anlage 10.1 Herleitung der Gefährdungsklassen, Bewertungsmatrix

Anlage 10.2 Gefährdungsklassen im Baubetrieb

Anlage 10.3 Gefährdungsklassen im Routinebetrieb

1 Vorgang und Aufgabenstellung

1.1 Vorgang

Die in den Jahren 1936 bis 1939 gebaute 4-streifige Autobahn zwischen der AS Süd und der AS Pforzheim/Nord wird auf einer Länge von 4,77 km 6-streifig, je drei Fahrstreifen mit Mittelstreifen und Standstreifen, umgebaut. An der Steigungsstrecke in Richtung Stuttgart wird ein Zusatzfahrstreifen angeordnet. Der vorgesehene Ausbau beginnt ca. 400 m südlich der bestehenden Überführung der K 4500 (Betr.-km 237+327,830) und endet am bereits fertig gestellten Abschnitt Pforzheim/Nord – Pforzheim/West (Betr.-km 242+100) [S9].

Die ARCADIS Consult GmbH ist seit 2003 in dieses Projekt eingebunden und bearbeitet im Auftrag des Regierungspräsidiums Karlsruhe (Abteilung Straßenwesen und Verkehr) geologische, geotechnische und hydrogeologische Fragestellungen. Im Zuge des Anhörungsverfahrens wurden Teile der Planung modifiziert. Diese Änderungen haben Einfluss auf die vorhandenen Gutachten. Daher wurden im Jahr 2008 ergänzende Untersuchungen durchgeführt. Die bisher von ARCADIS vorliegenden Berichte sind in Tabelle 1 zusammengefasst:

Tabelle 1: Bereits vorliegende Gutachten von ARCADIS Consult GmbH

Titel	Anlass, Zielsetzung
Bericht vom 20.11.04 [U15]	
Sechsstreifiger Ausbau BAB A8 Stuttgart – Karlsruhe, Streckenabschnitt AS Wurmberg-AS Pforzheim-Nord Geotechnische Voruntersuchung Baugrund und Gründungsgutachten/ Erdbautechnisches Gutachten zur Planfeststellung	Geotechnische Voruntersuchung Baugrund und Gründungsgutachten, berücksichtigt nicht die Vorzugsvariante „Tunnelbauwerk“
Bericht vom 10.12.04 [U14]	
Ausbau der Bundesautobahn A8 Karlsruhe –Stuttgart, Streckenabschnitt Wurmberg-Pforzheim-Nord (Enztalquerung) Grundwassermodellierung zur Abschätzung möglicher Auswirkungen des BAB A8 – Ausbaus auf die Trinkwassergewinnungsanlagen und den Naturschutz	Gefährdungsabschätzung des bestehenden Betriebs und des <u>oberirdischen Autobahnausbaus</u> auf Trinkwassergewinnungsanlagen und den Naturschutz
Bericht vom 22.08.08 [U17]	
BAB A8, Ausbau zwischen den AS PF-Nord und PF-Süd (Enztal) Geologisch/ Hydrogeologisches Gutachten, Ergänzende Erkundung	Überarbeitung der 2004 vorgelegten Ergebnisse unter Ansatz der aktuellen <u>Vorzugsvariante</u> „ <u>Tunnelbauwerk</u> “.

Ergänzend wurde im November/ Dezember 2008 eine Bestandsaufnahme der im Bereich des geplanten Tunnelbauwerks liegenden Igelsbachquelle beauftragt.

Für das Planfeststellungsverfahren ist eine konsistente Zusammenstellung aller in den Berichten [U14] und [U17] vorliegenden Daten, Ergebnisse und Schlussfolgerungen erforderlich. Diese wird mit dem vorliegenden Bericht erfüllt. Die Aktualisierung der geotechnischen Fragestellungen aus [U15] sind im Rahmen der Baugrundhauptuntersuchung im Hinblick auf die „Vorzugsvariante Tunnelbauwerk“ zu überprüfen und zu bewerten.

Zur besseren Nachvollziehbarkeit sind nachfolgend die Aufgabenstellungen der eingeflossenen Berichte kurz erläutert.

1.2 Aufgabenstellung 2004: Grundwassermodell, Erkundung, Gefährdungsabschätzungen zum Schutz Trinkwasserbrunnen

Der Ausbauabschnitt durchfährt 5 Wasserschutzgebiete und betrifft unmittelbar zwei Trinkwasserwassergewinnungsanlagen der Stadtwerke Pforzheim im Enztal.

Aufgrund des vorhandenen Entwässerungskonzepts ist nicht auszuschließen, dass Strassenoberflächenwasser breitflächig über das Bankett in die Dammböschung fließt. Dort kann es am Dammfuß direkt zum nächsten Vorfluter fließen oder versickern.

In beiden Fällen stellt die derzeit bestehende Entwässerung des Geländes und der Straßenoberflächen, eine Gefährdung der Trinkwasserbrunnen im Enztal dar. Dazu fand am 21.10.2003 beim Regierungspräsidium in Karlsruhe ein Behördengespräch statt, bei dem die Notwendigkeit für eine „Hydrogeologische Sonderuntersuchung zum Grundwasserschutz in Zusammenhang mit der Enztalquerung“ festgestellt wurde.

Dabei wurden folgende potentielle Risiken für die wasserwirtschaftliche Nutzung des Gebietes beidseitig der A8 gesehen [S10]:

- Verschmutzung von Oberflächengewässer und Grundwasser während der Bauphase.
- Gefahr des Eintrags von Verunreinigungen im Bereich der vertieften Einschnittslagen bei Normalbetrieb und bei Unfallereignissen (Havariefall).
- Gefahr für die Oberflächengewässer und das Grundwasser bei „Überfrachtung“ der Rückhaltekapazität.
- Mögliche Änderung der Wasserwegsamkeiten durch Baukörper im Grundwasser der Enzaue.

Im Rahmen des o. g. Behördenbesprechung wurde daher beschlossen, dass das bestehende Entwässerungssystem im Hinblick auf das Gefährdungspotenzials bewertet und im Zuge eines oberirdischen sechsstreifigen Ausbau der A 8 neu geordnet und dem Stand der Technik angepasst werden soll.

Um die erforderlichen Datengrundlagen für eine Abschätzung und Bewertung der tatsächlich bestehenden Gefährdung durch den Autobahnbetrieb sowie die geplante Ausbaumaßnahme zu gewinnen, entwickelte die ARCADIS Consult GmbH in Abstimmung mit dem Regierungspräsidium Karlsruhe ein dreistufiges Vorgehenskonzept, das am 02.03.2004 vom Regierungspräsidium Karlsruhe beauftragt wurde. Es beinhaltet:

- Auswertung vorhandener Unterlagen, Aufbau eines Hydrogeologischen Standortmodells
- Numerische Modellierung der Grundwasserströmung und möglicher Schadstofftransportvorgänge in der gesättigten Bodenzone (Mathematisches Grundwassermodell).
- Ergänzende Untersuchungen: Bohrungen, Neubau von Grundwassermessstellen, Abflussmessungen (Igelsbach, Kirnbach), Stichtagsmessungen
- Abschätzung möglicher Auswirkungen des BAB A8 – Ausbaus auf die Trinkwassergewinnungsanlagen und den Naturschutz mit Hilfe des Grundwassermodells

Die Ergebnisse sind in Bericht [U14] dokumentiert. Als Datengrundlage für das Planfeststellungsverfahren für die Vorzugsvariante „Tunnelbauwerk“ werden sie im vorliegenden Bericht mit den in Kapitel 1.3 dargestellten ergänzenden Untersuchungen zusammengefasst dargestellt.

1.3 Aufgabenstellung 2008:

Ergänzende Untersuchungen zur aktuellen Vorzugsvariante Tunnelbauwerk

Entgegen der ursprünglichen Planung wurden im Zuge des Planfeststellungsverfahrens im Abschnitt zwischen den AS PF-Nord und PF-Ost (Enztal) zusätzliche Maßnahmen zum Lärmschutz vorgesehen; u. a. auch eine Einhausung im Bereich des Enzberges. Dazu muss die Längsneigung im Bereich der Einhausung auf max. 5% begrenzt werden, was eine Absenkung um maximal ca. 6 m zur Folge hat.

Gegenüber der bisher verfolgten oberirdischen Trassenführung erfordert diese Planungsänderung weitergehende Untersuchungen zur Beurteilung der wechselseitigen Einflüsse zwischen Geologie/ Hydrogeologie und dem Tunnelbauwerk.

Im Rahmen einer Besprechung am 10.04.2008 beim Regierungspräsidium Karlsruhe sowie eines Ortstermins am 22.04.2008 mit Vertretern des Regierungspräsidiums und ARCADIS Consult GmbH wurde der erforderliche Leistungsumfang festgelegt, der mit Datum vom 15.5.2008 von ARCADIS angeboten und mit Schreiben vom 06.06.2008 durch das Regierungspräsidium beauftragt wurde.

Die Ergebnisse wurden bereits in Bericht [U17] vorgelegt. Als Datengrundlage für das Planfeststellungsverfahren für die Vorzugsvariante „Tunnelbauwerk“ werden sie im vorliegenden Bericht mit den in Kapitel 1.2 dargestellten Untersuchungen zu einer oberirdischen Variante zusammengefasst dargestellt.

2 Unterlagen / Datenerhebung

2.1 Unterlagen

- [U1] ARCADIS Consult GmbH (2003): Grundwassermodellierung zur Abschätzung möglicher Auswirkungen des Ausbaus der B10 auf die Trinkwassergewinnungsanlagen der Stadtwerke Pforzheim und Niefern Öschelbronn, Stuttgart 28.05.2003
- [U2] ARCADIS Consult GmbH (2003): Grundwassermodellierung zur Abschätzung möglicher Auswirkungen des Ausbaus des Kanzlersträßchens auf die Trinkwassergewinnungsanlagen der Stadtwerke Pforzheim und Niefern Öschelbronn, Stuttgart 28.05.2003
- [U3] Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg (HGE): Hydrogeologischer Bau, Grundwassergleichen; Enztal – Pforzheim, Mappe 2; 2002
- [U4] Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg (HGE): Hydrogeologische Grundkarte; Enzkreis, Mappe 1; 2004
- [U5] Univ.-Prof. Dr.-Ing. FLOSS, Dipl.-Ing. ASCHERL (1977): Risikobetrachtung für Straßen in Wassergewinnungsanlagen; Erdbau und Verkehrswege (20./21. Februar 1977)
- [U6] Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft: Hydrogeologische Modelle; Hydrogeologische Beiträge der Fachsektion Hydrogeologie: Heft 10; Hannover 1999
- [U7] LGRB (damals Geologisches Landesamt): Hydrogeologisches Gutachten zum geplanten Bau der Wasserkraftanlage Eutingen im Wasserschutzgebiet „Unteres Enztal“ der Stadt Pforzheim und der Gemeinde Niefern/Öschelbronn, Az.: II/3-42/87 vom 13.01.1987
- [U8] LGRB (damals Geologisches Landesamt): Isotopenhydrologisches Gutachten zum geplanten Bau der Wasserkraftanlage Eutingen im Wasserschutzgebiet „Unteres Enztal“ der Stadt Pforzheim und der Gemeinde Niefern-Öschelbronn, Az.: 4763-2/88 PF.S vom 19.01.1988
- [U9] ARMBRUSTER, V. (2002): Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg. Dissertation. Freiburger Schriften zur Hydrologie, Institut für Hydrologie, Universität Freiburg
- [U10] UMEG.de & EU-EMS.org: Umweltbeobachtungen. Streusalzfrachten. Autobahn A5. Intensivmessstelle Bruchsal – Erste Ausgabe: September 2003 – Kennung U8134-MDBW1101-de.pdf
- [U11] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Abt.4 – Wasser und Altlasten / SG.: 41.3: Gewässergütebericht 2002 auf CD, „Beschaffenheit der Fließgewässer“.
- [U12] LGRB: Hydrogeologisches Gutachten zur Beurteilung des im Bereich „Fürstkopf“ erschlossenen Grundwasservorkommens mit Vorschlägen zur wasserrechtlich festzulegenden Entnahmemengen aus den Tiefbrunnen Nr. 30 und 50A, WV. Stadt Pforzheim, Stadtkreis Pforzheim, Az.: 0361.1/99-4761 vom 07.10.1999

- [U13] ARMBRUSTER, V. (2002): Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg. Dissertation. Freiburger Schriften zur Hydrologie, Institut für Hydrologie, Universität Freiburg
- [U14] Ausbau der Bundesautobahn A8 Karlsruhe-Stuttgart, Streckenabschnitt Wurmberg-Pforzheim-Nord (Enztalquerung), Bericht Grundwassermodellierung zur Abschätzung möglicher Auswirkungen des BAB A8-Ausbaus auf die Trinkwassergewinnungsanlagen und den Naturschutz, ARCADIS Consult GmbH, 10.12.2004
- [U15] Sechsstreifiger Ausbau BAB A8 Karlsruhe-Stuttgart, Streckenabschnitt AS Wurmberg-AS Pforzheim-Nord Geotechnische Voruntersuchung, Baugrund und Gründungsgutachten/ Erdbautechnisches Gutachten zur Planfeststellung, ARCADIS Consult, GmbH 29.11.2004
- [U16] Sechsstreifiger Ausbau der A8 AS Wurmberg – AS Pforzheim Nord, Betr. Km 237 + 327,830 bis 242 + 100,000, überarbeiteter Vorentwurf, Querprofile Achse 100,240+720, M 1 : 200, Regierungspräsidium Karlsruhe
- [U17] BAB A8, Ausbau zwischen AS PF-Nord und PF-Süd (Enztal), Geologisch/ Hydrogeologisches Gutachten, Ergänzende Erkundung, 22.08.2008
- [U18] Sechsstreifiger Ausbau der A8 AS Wurmberg – AS Pforzheim Nord, Betr. Km 237 + 327,830 bis 242 + 100,000, Querprofile Hörnleweg, Station 0+120,00, M 1 : 100/100, Regierungspräsidium Karlsruhe

Vorschriften, Verordnungen, Leitfäden [V]

- [V1] RiStWag (1982): Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Ausgabe 2002
- [V2] DVGW (1995): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser; Technische Regel, Arbeitsblatt W 101, Februar 1995
- [V3] Regierungspräsidiums Karlsruhe (1984): Verordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes zum Schutz des Grundwassers im Einzugsgebiet der Grundwasserfassungen:
Pumpwerk „Friedrichsberg“ und Pumpwerk „Am Lindenbusch“ der Stadtwerke Pforzheim
Brunnen I und II des Zweckverbandes Eutingen 4n, 5n und 7 sowie
Brunnen IV der Gemeinde Niefern Öschelbronn;
veröffentlicht am 20.Nov. 1984
- [V4] Bundesministerium für Umwelt- Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG), 1998.

ARCADIS

- [V5] Bundesministerium für Umwelt- Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bundes-Bodenschutz – und Altlastenverordnung (BBodSchV in der Fassung vom 17.06.1999)

Sammelunterlagen [S]

- [S1] Grundwasserdatenbank des Umweltamtes Pforzheim, Format GW-Base®
- [S2] Gesammelte Unterlagen der Stadtwerke Pforzheim (SWP)
- [S3] Gewässerdirektion Freudenstadt: Abflussganglinien und Abflusshöhen der Enz (Digitale Daten)
- [S4] Digitale Informationen des Hochwasservorhersagezentrums Karlsruhe (HVZ) über Internet
- [S5] Informationen aus der Grundwasserdatenbank der Landesanstalt für Umweltschutz Karlsruhe (LfU)
- [S6] LGRB Freiburg: Aufschlussdatenbank
- [S7] LGRB Freiburg: Digitale Informationen von ARMBRUSTER, V. [U13] zur Grundwasserneubildung im Raum Pforzheim
- [S8] Baustoff- und Bodenprüfstelle für den Regierungsbezirk Karlsruhe beim Straßenbauamt Karlsruhe: Daten zu den Bohrungen B1 bis B11
- [S9] Ingenieurbüro Thomas und Partner: Bauwerksbeschreibung, Auszug aus dem Erläuterungsbericht zur Planfeststellung „Ergebnisse der wassertechnischen Untersuchungen, Erläuterungen und hydraulische Berechnungen“ (VORBZUG), Möglingen, September 2004.
- [S10] Dipl. Ing. B. Stocks: Protokoll zur Behördenbesprechung am 21.10.2003 - Ausbauplanung A8, Abschnitt Enztalquerung, Umweltfachliche Beiträge / Hydrogeologische Sonderuntersuchungen zum Grundwasserschutz im Zusammenhang mit der projektierten Enztalquerung, Tübingen 28.10.2003.
- [S11] LGRB Freiburg: Unterlagen zu den Markierungsversuchen im Gebiet Pforzheim/Niefern-Öschelbronn

Karten und Pläne [K]

- [K1] Topographische Karten 1:25.000 (TK 25)
Blatt 7017 Pfinztal Blatt 7018 Pforzheim Nord Blatt 7019 Mühlacker
Blatt 7117 Birkenfeld Blatt 7118 Pforzheim Süd Blatt 7119 Rutesheim
- [K2] Dipl.-Ing. B. Stocks: Planunterlagen zur Umweltverträglichkeitsstudie A8
- [K3] Ingenieurbüro Thomas und Partner: Planunterlagen zur Trassenführung
- [K4] Geologische Karte 1 : 25.000 von Baden-Württemberg, Blatt 7018, Pforzheim Nord, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart 1984

2.2 Zusätzliche Datenquellen für Grundwassermodellierung von 2004

Folgende wesentlichen Datenquellen standen zur hydrogeologischen Projektbearbeitung zur Verfügung

- Datenbank des Amtes für Umweltschutz der Stadt Pforzheim (AfU)
- Hydrogeologische Erkundung Baden Württemberg (HGE):
Enztal-Pforzheim und Enzkreis
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau in Freiburg (LGRB)
- Gewässerdirektion Freudenstadt (GWD)
- Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe (LfU)
- Stadtwerke Pforzheim (SWP)
- Gemeinde Niefern/Öschelbronn, Bereich Wasserversorgung
- Deutscher Wetterdienst (DWD)
- ARCADIS im Auftrag der Stadt Pforzheim: Hydrogeologisches Gutachten für den Ausbau des Kanzlersträßchen
- ARCADIS im Auftrag der Straßenbauamtes Calw: Hydrogeologisches Gutachten für den Ausbau der B10

3 Durchgeführte Erkundungen

3.1 Durchgeführte Erkundungen 2004 (Schutz Trinkwasserbrunnen)

3.1.1 Datenlage im Untersuchungsgebiet, Erkundungskonzept

Nördlicher und Südlicher Anstiegsbereich

Südlich und nördlich der Enzaue lagen in den aus Buntsandstein (Süden) und Muschelkalk (Norden) aufgebauten Anstiegsbereichen zu Untersuchungsbeginn nur wenige hydrogeologische Aufschlüsse vor. Zur Detaillierung mussten im Norden neue Bohrungen mit Ausbau zu Grundwassermessstellen niedergebracht werden, im südlichen Abschnitt wurde auf die Daten aus der HGE [U3] zurückgegriffen.

Zur vertieften Erkundung des Untergrundaufbaus in den Anstiegsbereichen wurden daher entlang der geplanten Ausbautrasse insgesamt 6 Bohrungen niedergebracht und hydrogeologisch ausgewertet: Davon lagen 4 Bohrungen im Anstiegsbereich Richtung Karlsruhe (B8, B8a, B9, B10) und 2 Bohrungen im Anstiegsbereich Richtung Stuttgart (B1, B2). Zwei Bohrungen (B8a, B9) wurden zu Grundwassermessstellen ausgebaut.

Grundwassererkundung in der Enzaue

- Westlich der BAB A8 / im Enzoberstrom lag zu Untersuchungsbeginn bereits ein dichtes Aufschlussraster vor, so dass hier keine zusätzlichen Aufschlussarbeiten notwendig waren.
- In Autobahnnähe wurden 5 Bohrungen niedergebracht und zu Grundwassermessstellen ausgebaut (B4a, B4b, B5, B6, B7).
- Östlich der BAB A8 / im Enzunterstrom war das Aufschlussraster für eine hydrogeologische Auswertung nicht ausreichend, hier wurde eine neue Grundwassermessstelle gebaut (B11).

Erkundung von Oberflächengewässer

- Die Enzwasserstände und Abflussraten werden an zwei amtlichen Pegeln (Pforzheim-Kläranlage, Pegel Eutingen) kontinuierlich aufgezeichnet. Zusätzlich wurde im Rahmen der Einmessarbeiten für die neuen Bohrungen / Messstellen am südlichen Widerlager der A8-Enztalbrücke eine Höhenmarke auf 236,00 m+NN angebracht.
- Für die Igelsbachquellen bzw. den Igelsbach sowie für den Kirnbach / Reutwiesenschbach lagen keine Abflussdaten vor. Hier wurden entsprechende Messungen durchgeführt.

3.1.2 Bohrungen und Messstellenbau

Von August 2004 bis Oktober 2004 wurden von der Baustoff- und Bodenprüfstelle Karlsruhe im Auftrag des Regierungspräsidiums Karlsruhe, Referat 44, 12 Kernbohrungen mit einem Bohrdurchmesser von 175 mm niedergebracht. 7 Bohrungen wurden mit PVC-Filterrohr DN75 zu Grundwassermessstellen ausgebaut. Die Einmessung der Bohrungen / Messstellen erfolgte durch das Straßenbauamt Karlsruhe. Die Lage der Bohrungen ist in Anlage 1.6 dargestellt. Die detaillierten Ausbaudaten sowie die Bohrergebnisse sind der Anlage 3 zu entnehmen.

Tab. 2.3.1-1 Daten der neuen Bohrungen / Grundwassermessstellen

Bohrung/ Messstelle	R =	H =	Bohrtiefe [mu]	GOK [m+NN]	POK [m+NN]	Geologie [Stratigraphie]
B1	3483880,2	5418289,2	15,20	325,52	<i>n.a.</i>	mu/so
B2	3483565,0	5418836,3	16,20	308,37	<i>n.a.</i>	mu/so
B3	<i>nicht gebaut</i>					
B4a	3482942,7	5419756,5	15,50	243,19	244,64	A/Q/so
B4b	3482730,9	5419698,9	10,00	236,40	237,67	Q/so
B5	3482727,2	5419867,9	10,00	236,11	237,22	Q/so
B6	3482623,2	5419938,7	10,00	236,04	237,28	Q/so
B7	3482575,4	5420065,8	20,00	249,29	250,32	A/so
B8	3482118,2	5420625,9	63,40	273,95	274,92	Q/mu/so
B8a	3482308,3	5420436,8	20,60	269,15	<i>n.a.</i>	mu
B9	3481772,7	5420767,2	47,00	306,35	307,18	A/mo/mm/mu
B10	3481259,7	5420802,3	15,00	331,60	<i>n.a.</i>	A/Q/mo
B11	3483174,9	5419838,1	10,00	237,28	238,53	Q/so
<i>n.a.</i>	nicht zur Grundwassermessstelle ausgebaut					

A = Auffüllung, Q = Quartär, mo = Oberer Muschelkalk, mm = Mittlerer Muschelkalk, so = Oberer Muschelkalk, so = Oberer Buntsandstein

3.1.3 Hydrologische Messungen

Von ARCADIS Consult GmbH wurden 2 Stichtagsmessungen Ort durchgeführt:

Stichtagsmessungen am 30.03.2004

Es wurden folgende Arbeiten ausgeführt:

- Messung von Quellschüttungen

Igelsbachquelle und Wasserbehälter

Reutäckerquelle im Bereich des südlichen A8-Anstieges

- Messungen von Abflussraten und Wasserständen in Oberflächengewässern

Igelsbach

Kirnbach

Reutwiesenbach

Stichtagsmessung Oktober 2004

Nach Fertigstellung der in Kap. 3.1.2 beschriebenen Grundwassermessstellen wurde im Oktober 2004 eine Stichtagsmessung zum Grundwasserstand und Wasserstand in der Enz durchgeführt. Insgesamt wurden 13 Messstellen berücksichtigt.

3.2 Durchgeführte Erkundungen 2008 (Vorzugsvariante Tunnelbauwerk)

3.2.1 Untersuchung Igelsbachquelle

Datenrecherche

Um eine Datengrundlage für die vorgesehene Machbarkeitsstudie zu schaffen, wurden die Bauwerke vor Ort begutachtet und bei folgenden Behörden, Archiven und Zeitzeugen zu ihrer Funktion und nach Bestandsplänen recherchiert:

- Begutachtungen der Brunnenstuben durch Frau Rebel/ ARCADIS u. a. mit Herrn Neuweiler/ Stadtwerke Pforzheim und Herrn Celik/ Regierungspräsidium Karlsruhe im Juni 2008
- Informationen aus der Sonderveröffentlichung „Seit 125 Jahren hat Eutingen eine Wasserleitung“ im Mitteilungsblatt Eutingen vom 13.03.2008 und Telefongespräch (06.08.2008) mit Karl H. Heimerle, ehem. Amtsleiter der Ortsverwaltung in Eutingen
- Zeitzeuge Herr Schneider, ehem. Wassermeister von Eutingen (Telefongespräch Frau Rebel/ ARCADIS am 03.07.2008)
- Auswertung der Angaben in der Hydrogeologischen Erkundung Baden-Württemberg, Hydrogeologischer Bau, Grundwassergleichen, Enztal-Pforzheim von 2002 [U3]
- Akteneinsicht beim Generallandesarchiv in Karlsruhe (Frau Rebel/ ARCADIS am 05.08.2008)
- Akteneinsicht beim Stadtarchiv in Pforzheim (Frau Rebel/ ARCADIS am 19.08.2008)

Bestandsaufnahme Brunnenstube, Wasserbehälter

Für die beiden, im Bereich der Igelsbachquelle vorhandenen Gebäude existieren keine Bestandspläne. Die Datenrecherche ergab Hinweise darauf, dass es sich bei den beiden Bauwerken im Bereich der Igelsbachquelle nicht, wie bisher angenommen, um zwei Brunnenstuben, sondern um eine Brunnenstube und einen Wasserspeicher handelt.

Um die Funktion der Gebäude zu untersuchen, wurde am 9. – 10.12.2008 durch Fa. Scharpf GmbH, Dirlwang eine Bestandsaufnahme der beiden Gebäude inkl. der Leitungsanschlüsse sowie der Bachverrohrung durchgeführt.

3.2.2 Bohrungen und Messstellenbau

Bohrarbeiten

Vom 26.05.2008 - 29.05.2008 und am 25.06.2008 wurden von der Baustoff- und Bodenprüfstelle für den Regierungsbezirk Karlsruhe folgende Bohrarbeiten durchgeführt:

- 4 Kernbohrungen (B12 bis B15), 140 mm
- Ausbau von 3 Kernbohrungen (B13 bis B15) zu 4“-Grundwassermessstellen

Die Bohranzeige gemäß § 37 Wassergesetz Baden-Württemberg wurde von der Baustoff- und Bodenprüfstelle, die Einmessung der Bohrpunkte nach Lage und Höhe am 8.07.2008 durch das Baureferat Mitte des Regierungspräsidiums Karlsruhe durchgeführt.

3.2.3 Hydrologische Messungen

Stichtagsmessungen

Am 16.6.2008, 04.07.2008, 02.08.2008 und am 19.12.2008 wurden Stichtagsmessungen an umliegenden Grundwassermessstellen durchgeführt.

Pump- und Auffüllversuche

In B14 und B15 wurden Pumpversuche, in B13 wurde wegen der geringen Durchlässigkeit ein Auffüllversuch (Slug-Test) durchgeführt (Firma Terraq/ Ölbronn).

Grundwasseranalysen

Aus B14 und B15 wurde durch die Firma Terraq/ Ölbronn je eine Pumpprobe gewonnen. Durch das Labor CIP GmbH/ Pforzheim wurden Analysen auf Wasserchemismus, Betonaggressivität und die Schadstoffe MKW, BTEX und LHKW durchgeführt.

Schüttungsabschätzungen

Am 16.6.2008, 04.07.2008 und 02.08.2008 wurden durch ARCADIS in Ergänzung zu den Maßnahmen von 2004 drei weitere Abschätzungen zur Schüttung der Igelsbachquelle und des Abflusses im Igelsbach durchgeführt.

4 Untersuchungen und Erkundungsergebnisse aus 2004 (Schutz Trinkwasserbrunnen)

4.1 Potenzielle Gefährdung Trinkwasserbrunnen

Wegen der Lage der BAB A8, Enztalquerung, innerhalb der Wasserschutzgebietszonen II und III (Anlage 1.2) ist eine prinzipielle Gefährdung des Grundwassers und damit der Trinkwasserbrunnen in der Enzaue nicht auszuschließen. Dies gilt insbesondere für den aktuellen Ausbauzustand, der in Bezug auf die Oberflächenentwässerung einer dringenden Modernisierung bedarf.

Bei einer Risikobewertung ist zwischen

- einem potentiellen Eintrag von Stoffen während der Baumaßnahme

und einem

- potentiellen Eintrag während des regulären Straßenbetriebs

zu unterscheiden.

Als wassergefährdend werden Stoffe eingestuft, die fest, flüssig und gasförmig sein können und die geeignet sind, die physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers nachteilig zu verändern. Flüssigkeiten sind besonders wassergefährdend, weil sie sich relativ schnell ausbreiten und dabei in oberirdische Gewässer (Enz, Igelsbach nördlich der Enzaue) oder in das Grundwasser (Poren- und Kluftgrundwasserleiter) gelangen können. Feste Stoffe können ähnliche Wege finden, wenn sie durch Wasser, z.B. aus Niederschlägen, gelöst werden [V1]. Auch schadstofffreie Schwebstoffe, die durch Bodenauswaschungen freigesetzt werden können, stellen eine zeitlich befristete aber eindeutige Gefährdung für die Trinkwasserbrunnen im Enztal dar.

Die Gefährdung nimmt im Allgemeinen mit der Entfernung zum Verunreinigungsort ab, weil die schädlichen Stoffe verdünnt, teilweise zurückgehalten oder abgebaut werden [V1]. Die Länge der Reinigungsstrecke wird dabei vom Aufbau des jeweiligen Grundwasserleiters bestimmt.

In den vorliegenden Kluftaquiferen des Buntsandsteins und Muschelkalks werden Stoffe meist nur unzureichend zurückgehalten und können mit dem Grundwasserstrom sehr weit transportiert werden. Der Lockergesteinsaquifer der quartären Enztalfüllung bietet auf Grund der geringeren Fließgeschwindigkeit einen höheren Schutz gegen einen schnellen Schadstofftransport.

Die in der RiStWag [V1] zitierte Abminderung der Beeinträchtigungsgefahr infolge chemischer, biologischer und physikalischer Prozesse im Untergrund wurde bei der durchgeführten Grundwassermodellierung auf Grund der hydrogeologischen Standortsituation (Kluft- und Porengrundwasser) und der z. T. sehr geringen Entfernung zwischen einem potentiellen Eintragsort und den Trinkwasserbrunnen nicht berücksichtigt. In der Modellbearbeitung wird davon ausgegangen, dass die in das Grundwasser eingetragenen Schadstoffe mit der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers weitertransportiert werden und dabei weder Abbau noch Adsorption erfahren. Dies ist eine worst case Betrachtung, die der hydrogeologischen Standortsituation angepasst ist aber nicht überall zutreffen muss.

4.1.1 Potentielle Gefährdung während der Bauphase

a) Baubetrieb

Mögliche Gefährdungen durch den Baustellenbetrieb (Anlage 5.1) sind:

- die Baustelleneinrichtung und deren Betrieb (Leckagen),
- Havariefälle beim Umgang oder der Lagerung von wassergefährdenden Stoffen, im wesentlichen Treib- und Schmierstoffe.
- die Erd- und Gründungsarbeiten (Lösung von Baustoffzusätzen, Verfrachtung von Bodenschwebstoffen),

Einer potenziellen Grundwassergefährdung gegen die Versickerung von Wasser gefährdenden Stoffen kann speziell während der Bauphase durch den Einsatz von geeigneten Baumaschinen und Betriebsstoffen sowie durch eine sichere Gestaltung von Lagerflächen wirkungsvoll gesteuert werden. Damit besitzt die Bauphase gegenüber dem regulären Straßenbetrieb in Bezug auf einen möglichen unkontrollierten Schadstoffeintrag ins Grundwasser folgende wesentlichen sicherheitsrelevanten Vorteile:

- das verantwortlich eingesetzte Baustellenpersonal ist in Bezug auf den vorbeugenden sowie technischen Grundwasserschutz geschult,
- die eingesetzten Stoffe sind bekannt und an die Anforderungen für den Umgang in Wasserschutzgebieten zugelassen,
- die Baustelle wird überwacht, so dass selbst kleinere Schadensereignisse wie z.B. Tropfverluste schnell entdeckt werden,
- ein Havariefall größeren Ausmaßes ist aufgrund der verwendeten Gebindegrößen unwahrscheinlich,
- Sanierungsgerätschaften stehen zum sofortigen Einsatz bereit.

Die Verfrachtung von Schwebstoffen, die durch Erdbauarbeiten freigesetzt und über Niederschlagsversickerung ins Grundwasser gelangen können, ist ein für den Baubetrieb typisches Problem, das einen zeitlich befristeten Ausfall von Trinkwasserbrunnen infolge Wassertrübung zur Folge haben kann. Hier besteht eine eindeutige Gefährdung der Brunnen, der durch entsprechende Maßnahmen entgegenzuwirken ist.

Eine Gefährdung der Trinkwasserbrunnen durch den Eintrag Wasser gefährdender Stoffe während der Bauphase wird aus o. g. Gründen als gering eingeschätzt.

b) Straßenbetrieb während der Bauphase

Dem gegenüber besitzt der Straßenbetrieb während der Bauphase ein wesentlich höheres Gefahrenpotenzial für das Grundwasser bzw. für die Trinkwasserbrunnen als der Baubetrieb selbst. Dies ist wie folgt zu begründen:

- In den Verschwenkungsbereichen besteht eine erhöhte Unfallgefahr durch mögliches Abkommen von der Richtungsfahrbahn
- Die Umleitungstrassen sind meist schmal und speziell im Parallelbetrieb stark Unfall gefährdet.
- Die Schutzmaßnahmen nach RiStWag sind lückenhaft oder noch nicht ausgebaut, so dass flüssige Schadstoffe im Havariefall schnell in den Untergrund gelangen können.

4.1.2 Potentielle Gefährdung während der regulären Straßennutzung

Im regulären Straßenbetrieb ist in Bezug auf den Grundwasserschutz zu unterscheiden zwischen:

- dem regulären Straßenbetrieb einschließlich Unterhaltungsmaßnahmen (Anlage 5.2)
- einem Unfall (Havarie) als unvorhersehbares einmaliges Ereignis (Anlage 5.3)
- Beeinflussung der Grundwasserhydraulik durch Bauwerke im Aquifer

4.1.2.1 Potentielle Gefährdung durch den regulären Straßenbetrieb

Durch Kraftstoffverbrennungsrückstände (Abgase), Schmiermittel sowie durch Abrieb von Reifen, Bremsbelägen und Straßenbelag können bei freien Versickerungsflächen wassergefährdende und gesundheitsschädliche Stoffe über das versickernde Niederschlagswasser in die wasser-gesättigte Bodenzone bzw. in das Grundwasser gelangen [V1]. Bei den Dauereintragsstoffen handelt es sich chemisch in erster Linie um aromatische Verbindungen mit dem Hauptschadstoff Benzol, um polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie um Mineralölkohlenwasserstoffe als Teil der Abgase oder als Tropföl.

Der Einsatz von Streusalz im Winter kann ebenfalls zu einer Beeinträchtigung der Qualität des Grundwassers und des Oberflächenwassers führen. Dies ist jedoch in Bezug auf den Trinkwasserschutz als nicht Gesundheit gefährdend einzustufen. Zur Bewertung einer von der A8 ausgehenden Salzbelastung der Enz und des Grundwassers wurden Mischungsberechnungen angestellt und die A8-bedingten Konzentrationserhöhungen Prüfwerten bzw. den Enz-Hintergrundwerten gegenübergestellt (Kap. 5.2.3).

Um den o. g. Beeinträchtigungen der Grundwasserqualität entgegenzuwirken erfolgt der Ausbau der A8, Enztalquerung, nach den Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten (RiStWag [V1]). Die technischen Maßnahmen bestehen aus Abdichtungs- und Wassersammelanlagen entlang der Fahrbahntrasse sowie dem Bau von Regenklärbecken und sogenannten Schmutzfangzellen. Im mathematischen Grundwasserströmungsmodell ist die oben beschriebene Situation mit möglichen Dauereinträgen von Schadstoffen nicht berücksichtigt, da diese bei ordnungsgemäßer Einhaltung der Vorschriften nach RiStWag [V1] weitgehend verhindert werden und somit keine rechnerisch erfassbare Größe darstellen.

4.1.2.2 Potentielle Gefährdung im Fall einer Havarie

Der Havariefall und der damit verbundene Eintrag von freigesetzten Schadstoffen in den Untergrund stellt eine Situation dar, die durch straßenbautechnische Maßnahmen entschärft, jedoch nicht ausgeschlossen werden kann. Die Gefällstrecken besitzen dabei generell ein höheres Unfallrisiko als die Steigungsstrecken.

Folgende Havariefälle wurden bei der Modellierung möglicher Schadstoffeinträge berücksichtigt:

- Unfall an einem beliebigen Ort der Trasse
Als bekannte Beispiele für eine Havarie sind der typische Tankwagenunfall oder auslaufender Treibstoff nach einem Unfall zu nennen.
- Überlauf und gravierende Undichtigkeiten der Regenklärbecken
Eine Gefährdung des Grundwassers tritt dann ein, wenn sich zu diesem Zeitpunkt belastetes Wasser im betroffenen Becken befindet. Hierzu ist auch eine erhöhte Salzkonzentration zu rechnen.

Wesentlich für die Beurteilung der Schadensintensität und der umwelthygienischen Auswirkung auf das Grundwasser ist:

- die chemische Zusammensetzung des freigesetzten Stoffes,
- die freigesetzte Schadstoffmenge,
- der Aggregatzustand (fest, flüssig, gasförmig),
- die Fließeigenschaften (Dichte, Viskosität, Benetzungseigenschaften),
- die nach einer Sofortsanierung noch im Untergrund verbleibende Schadstoffrestmenge.

Neben der Stoffbeschaffenheit spielen die hydraulischen Eigenschaften des Untergrundes und die damit verbundenen Fließrichtungen und Fließgeschwindigkeiten (Abstandsgeschwindigkeiten) eine weitere wesentliche Rolle bei der tatsächlichen Gefährdung des Grundwassers. Hierzu wurden zahlreiche Szenarien untersucht.

Bei diesen Szenarienberechnungen wurde davon ausgegangen, dass potentiell eingetragene Stoffe gut wasserlöslich sind und im Grundwasserkörper weder abgebaut noch adsorbiert werden. Somit wurde jeder potentielle Schadensfall im Modell als "worst-case"-Situation simuliert. "worst-case"-Situation bedeutet im vorliegenden Fall, dass sofort nach Eintritt des Schadensereignisses ohne zeitliche Verzögerung ein Transport in der gesättigten Bodenzone mit der Grundwasserfließrichtung erfolgt.

4.1.2.3 Beeinflussung der Grundwasserhydraulik durch Bauwerke im Aquifer

Bauwerksgründungen im wassergesättigten Untergrund können für die natürliche Grundwasserströmung eine hydraulische Barriere darstellen. Die mit dem Grundwasserströmungsmodell durchgeführten hydraulischen Untersuchungen für eine oberirdische Trassenlösung ergaben keine relevanten Auswirkungen der geplanten Gründungsbauwerke auf die Grundwasserströmung in der Enzaue.

4.2 Mögliche Schadstoffeinträge und Transportwege im Grund- und Oberflächenwasser

Die möglichen Transportwege eines entlang der Ausbaustrecke in das Grundwasser eingesickerten Schadstoffes sind in Anlage 6 grafisch dargestellt. Dabei wird auf Grund der hydrogeologischen Gegebenheiten von Süden nach Norden zwischen folgenden drei Eintragsgebieten unterschieden:

- Südlicher A8-Anstiegsbereich im Buntsandsteingebirge (Richtung Stuttgart)
- Nördlicher A8-Anstiegsbereich im Muschelkalkgebirge (Richtung Karlsruhe)
- Trassenverlauf in der Enzaue einschließlich der Bereich der Regenklärbecken (RKB1+2)

Potentieller Eintragsort: **Nördlicher Anstiegsbereich / Muschelkalkaquifer**

Die Verfrachtung der in den Untergrund eingetragenen Stoffe ist dann über folgende 2 Grundwasserteilströme möglich:

Teilstrom 1 Abstrom von kontaminiertem Wasser im Aquifer des Oberen Muschelkalkes in Richtung Osten. Dieses Wasser verlässt damit das Untersuchungsgebiet ohne Gefährdung der Wasserschutzzone Enztal.

Teilstrom 2 Absinken von kontaminiertem Wasser in den Aquifer des Mittleren Muschelkalks, Abstrom Richtung Süden und Austritt aus der Igelsbachquelle. Ableitung des Wassers über den Igelsbach.

2a Ein Teil des über den Igelsbach abgeleiteten und möglicherweise verunreinigten Quellwassers fließt direkt in die Enz.

2b Ein Teil des Igelsbachwassers versickert im Hangbereich in die Schichten des Quartärs sowie in die obersten Schichten des Unteren Muschelkalkes und fließt unterirdisch der Morphologie folgend Richtung Süden in die Enzaue.

Potentieller Eintragsort: **Südlicher Anstiegsbereich / Buntsandsteinaquifer**

Die vorhandenen quartären Deckschichten sind für eine wirksame Rückhaltung möglicher Schadstoffe im Untergrund zu geringmächtig.

In den Untergrund eingetragene Stoffe werden nach der Versickerung über Felsklüfte im Aquifer des Oberen und Mittleren Buntsandsteins Richtung Norden, in die Enzaue verfrachtet.

Potentieller Eintragsort: **Enzaue**

Ein potentieller Eintrag von Schadstoffen in den quartären Porengrundwasserleiter und den Buntsandsteinaquifer der Enzaue ist wie folgt möglich:

- Direkter Eintrag von der A8-Trasse
- Eintrag über undichte oder überlaufende Regenrückhalte- und Behandlungseinrichtungen einschließlich deren Ab- und Zuleitungssysteme
- Eintrag von Norden aus dem Muschelkalkgebirge (mu) bzw. aus der quartären Überdeckung
- Eintrag von Süden aus dem Buntsandsteingebirge
- Eintrag über versickerndes Enzwasser

Im Grundwasser der Enzaue erfolgt sowohl ein horizontaler als auch vertikaler Stofftransport. Dabei wird die Grundwasserströmung vom Wasserstand in der Enz und im Buntsandstein-/Quartäraquifer sowie durch das Entnahmeregime der Trinkwasserbrunnen bestimmt. Folgende Fließvorgänge sind möglich:

- a) kontaminiertes Grundwasser fließt im Grundwasserleiter der Enzaue Richtung Osten (Grundströmung in der Enzaue)
- b) das kontaminierte Grundwasser fließt in die Enz, wird dort verdünnt und fließt in der Enz Richtung Osten aus dem Untersuchungsgebiet ab.
- c) in die Enz eingetragenes kontaminiertes Wasser kann in das Grundwasserleitersystem (Quartär/Buntsandstein) der Enzaue infiltrieren, wenn der Enzwasserstand höher ist als der Wasserstand in der Enzaue und eine entsprechende hydraulische Verbindung besteht (Durchlässigkeit)

- d) kontaminiertes Grundwasser kann über die Wege a) und/oder c) einem Trinkwasserbrunnen zufließen (Wasserstand im Entnahmetrichter des Brunnens abgesenkt) und hier eine Gefährdung auslösen.

4.3 Hydrogeologisches Standortmodell

4.3.1 Vorgehensweise bei der Erarbeitung des Hydrogeologischen Standortmodells

Die Erarbeitung des Hydrogeologischen Standortmodells erfolgte i. w. nach dem Leitfaden der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Fachsektion Hydrogeologie aus dem Jahre 1999 [U6].

Das Hydrogeologische Standortmodell stellt abstrahiert und schematisiert die geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten und ihrer Zusammenhänge dar. Es beinhaltet die wesentlichen Systemeigenschaften im Untersuchungsgebiet für die Beschreibung und Prognose hydrogeologischer Vorgänge im Sinne der Aufgabenstellung [U6]. Ein schlüssiges Hydrogeologisches Standortmodell ist die Voraussetzung für die Entwicklung eines numerischen Modells zur Berechnung der Grundwasserströmungsverhältnisse, mit dessen Hilfe die grundwasserseitigen Auswirkungen der geplanten Baumaßnahmen untersucht und Abwehrmaßnahmen konzipiert werden können.

Anlage 7.1 zeigt das Ablaufschema bei der Erarbeitung des Hydrogeologischen Standortmodells in Anlehnung an den Leitfaden der Deutschen Geologischen Gesellschaft [U6]. In der vorliegenden Bearbeitung wurde in einem ersten Arbeitsschritt die Aufgabenstellung formuliert und das Arbeitsziel festgelegt. Der zweite Arbeitsschritt umfasste die Sichtung der vorhandenen Unterlagen und die Aufarbeitung des bisherigen Erkundungsstandes (Kapitel 2), daran anschließend erfolgte die Beschreibung und Bewertung möglicher Gefährdungen des Grundwassers durch die Baumaßnahmen (Kapitel 4.1) sowie die Benennung der möglichen Schadstoffwege vom Eintragsort zu den Trinkwasserbrunnen (Kapitel 4.2). Auf dieser Grundlage wurde das Hydrogeologische Standortmodell erarbeitet (Kapitel 5) und darauf aufbauend das Modellkonzept für die numerische Untersuchung der Grundwasserströmungsverhältnisse hergeleitet. Der Aufbau sowie die Eichung des mathematischen Grundwasserströmungsmodells sind in Kapitel 5.1 beschrieben.

ARCADIS

Die Modellergebnisse münden in der Erstellung und Durchführung eines Untersuchungsprogramms mit sog. Szenarienberechnungen zur Untersuchung der Notwendigkeit von Abwehrmaßnahmen gegen mögliche nachhaltigen Beeinflussungen der Grundwasserqualität (Kapitel 5.2) sowie zur Formulierung weiterer Handlungsempfehlungen (Kapitel 5.3).

Im Folgenden werden die Ergebnisse des geologischen und hydrogeologischen Standortmodells dargestellt und hinsichtlich der zu Grunde liegenden Aufgabenstellung gewertet. Dies beinhaltet die Auswertung und Interpretation der Daten

- zur Geologie (Aufschlüsse)
- zu geohydraulischen Bodenkennwerten (Pumpversuche/Tracerversuche)
- zur Grundwasserhydraulik (Stichtagsmessungen)
- zu den hydrologischen Gegebenheiten (Oberflächengewässer, Grundwasserneubildung, Entnahmen)

in Form von Plänen, Diagrammen, Tabellen und synoptischen Darstellungen.

Ein wesentliches Ziel des hydrogeologischen Standortmodells war die Überführung der geologischen Einheiten in Hydrostratigraphische Einheiten (Aquifere) mit definierten geohydraulischen Eigenschaften. Die Hydrostratigraphischen Einheiten werden sowohl in ihrer Wirkung auf die horizontale Grundwasserströmung wie auch auf vertikale Austauschvorgänge bewertet.

In einem weiteren Arbeitsschritt (Kapitel 5) wurden die Ergebnisse des Hydrogeologischen Standortmodells für den Untersuchungsraum auf das mathematische Strömungsmodell übertragen und das Modell aufgebaut und geeicht.

4.3.2 Geografischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet liegt auf den topografischen Kartenblättern (1:25.000) 7018 und 7118 (Anlage 7.2) und wird durch folgende Koordinaten begrenzt:

Rechtswert: 34 79500 bis 34 86750

Hochwert: 54 17250 bis 54 23000.

Die Plandarstellung zeigt zusätzlich die Ausdehnung des Mathematischen Modellgebietes (roter Rahmen) sowie die Lage des Detailraums Enztalquerung (blauer Rahmen). Der Ausbauabschnitt A8 ist gelb gekennzeichnet.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich die Gemeinden / Gemarkungen

Nördlich der Enz

Kieselbronn

Eutingen

Enzberg

Südlich der Enz

Niefern – Öschelbronn

Mäurach

Die Stadt Pforzheim grenzt im Westen an das Untersuchungsgebiet.

Der geplante 6-streifige Ausbau der Bundesautobahn A8 Karlsruhe Stuttgart, Streckenabschnitt Wurmberg-Pforzheim-Nord (Enztalquerung) überquert die Enzaue zwischen Eutingen und der östlich gelegenen Gemeinde Niefern/Öschelbronn. Die gesamte Ausbaumaßnahme hat eine Länge von 4,77 km [S9].

ARCADIS

Die von Südwest nach Nordost fließende Enz bildet die regionale Vorflut und ist im Oberstrom der Wasserkraftanlage Eutingen, bei der ehemaligen Papierfabrik Niefern sowie im Bereich des westlichen Ortseingangs von Enzberg staugeregelt. Die Enzaue liegt auf einer topografischen Höhe zwischen 230 bis 250 m+NN. Im Bereich der A8-Enztalquerung liegt die Enzaue bei ca. 237 m+NN und teilt das Bauvorhaben in einem nördlichen und südlichen Abschnitt. Die Breite des Enztals von rd. 400 m im Bereich der Anschlussstelle Pforzheim Ost wird durch die Bahnstrecke Pforzheim Mühlacker (Norden) und die Bundesstrasse B10 (Süden) markiert.

Im südlichen Ausbauabschnitt steigt die Autobahntrasse zur Überwindung der natürlichen Geländemorphologie mit durchschnittlich 7% von rd. 242 m+NN in der Enzaue auf ca. 344 m+NN auf die Höhen des Buntsandsteingebirges an. Hier liegen die Gebiete „Letzte Klamm“, „Brunkelwiesen“ und Burghausen sowie „Höhe“ und „Waldschanz“. Ein bedeutendes Oberflächengewässer ist der Kirnbach, der von Süden nach Norden in einem Abstand von über 1 km östlich entlang der Ausbautrasse verläuft und in Niefern-Öschelbronn in die Enz mündet.

Der nördliche Ausbauabschnitt weist ebenfalls eine Längsneigung von rd. 7% auf. In diesem Bereich verläuft die Tasse über die Schichten des Muschelkalks und erreicht eine Höhe von bis zu rd. 325 m+NN. Hier liegen die Gebiete „Brömach, Eichenwald und Burach (Westen) sowie Steinäcker und Hochstetter Feld (Osten). Im Gegensatz zum südlichen Abschnitt wird der Anstiegsbereich sowohl im Westen (Gemarkung Eutingen) als auch im Osten (Gemarkung Niefern) von Privatgrundstücken mit Gärten und Wohnhäusern gesäumt. Speziell auf der Gemarkung Niefern kann der Abstand zwischen Wohnhäusern und Autobahntrasse weniger als 50 m betragen.

Von besonderem hydrogeologischem Interesse ist die Igelsbachquelle, die östlich der Autobahnunterführung zwischen Eutingen-Nord und Niefern-Nord aus den Schichten des Muschelkalks entspringen. Die Quelle speist den Igelsbach, der im naturnahen Ausbau westlich der aktuellen A8-Trasse der Enz zufließt.

Ein Großteil der unbebauten Untersuchungsgebietsflächen im Nordosten ist Landschaftsschutzgebiet. Zwischen Niefern-Öschelbronn (Südwesten) und Enzberg (Nordosten) sind die Hänge des Muschelkalkgebirges sowie die gesamte Enzaue als FFH-Gebiete ausgewiesen, die südlich der Enz zugleich Naturschutzgebiet des Enzkreises sind.

4.3.3 Geologische und hydrogeologische Gegebenheiten

Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die im Untersuchungsgebiet vorhandenen und mit den Bohrungen B1 – B11 aufgeschlossenen Schichtenfolgen des Quartärs, Muschelkalks und Buntsandsteins. In Anlage 7.3.1 ist ein Ausschnitt der Abgedeckten Geologischen Karte aus [U3] dargestellt.

Tabelle 2: Schichtenfolge im Untersuchungsgebiet

	Geologische Einheit	Lage	Mächtigkeit
Quartär	Auffüllungen	Brückendämme Anschlussdämme	bis 10m / - Bohrung B7
	Talablagerungen Hangschutt Terrassenkies/-sand Auelehme	Enztal	bis 6m / - Bohrung B4b
	Hanglehme	NordAnstieg	bis 10,5m / - Bohrung B8
Muschelkalk	Oberer Muschelkalk	NordAnstieg, B9	10m / 53m Bohrung B9
	Mittlerer Muschelkalk	NordAnstieg, B9	30m / 30m Bohrung B9
	Unterer Muschelkalk		51,5m / 60m Bohrung B8
Buntsandstein	Oberer Buntsandstein	SüdAnstieg, B2	13,8m / 47m Bohrung B2
	Mittlerer Buntsandstein	SüdAnstieg, nicht aufgeschl.	- / > 82m

Erläuterung zu Mächtigkeitsangaben:

- 10m / 53m max. erbohrte Schichtmächtigkeit / konstruierte Mächtigkeit + HGE
- / >82m Schicht nicht erbohrt / konstruierte Mächtigkeit + HGE
- Bohrung B9 Aufschluss mit der größten erbohrten Mächtigkeit

J:\Projekte\2008\1312_030_08\Word\03008be3_Schlussbericht_2009_09_16.doc

ARCADIS

Auffüllungen beschränkten sich i. w. auf die Dammbereiche der A8 (z.B. Anschlussstelle Pforzheim Ost, Bohrung B4a) sowie auf die Bereiche verschiedener Brückenwiderlager oder Brückenauffahrten (z.B. Bohrung B7).

Quartäre Sedimente wurden mit nennenswerten Mächtigkeiten in der Enzaue als Auelehme (bindiges Quartär) oder aufgearbeitete Buntsandsteinschotter / -Sande (nicht bindiges Quartär) und im Igelsbachtal (Nordanstieg der A8 Richtung Karlsruhe) als Hanglehme (bindiges Quartär) aufgeschlossen. Die Mächtigkeiten erreichten bis 6 m in der Enzaue bei Bohrpunkt B4b und bis über 10 m beim Bohrpunkt B8. Im Mittel ist das Quartär der Enzaue nur wenige Meter mächtig. Die nicht bindigen quartären Sedimente bilden den oberen, quartären Porengrundwasserleiter, der mit dem Aquifer der liegenden Buntsandsteinschichten im hydraulischen Austausch steht.

Im Bereich des Südanstieges Richtung Stuttgart stehen unter einer geringmächtigen Quartärüberdeckung überwiegend die Schichten des bis rd. 50 m mächtigen Oberen Buntsandsteins (so) an. In den unterschiedlich durchlässigen Schichten des Oberen Buntsandsteins können lokal schwebende Grundwasserleiter ausgebildet sein [U1, U2]. Im südlichen Untersuchungsgebiet und in der Enzaue sind für die Grundwasserströmung vor allem die bis zu 150 m mächtigen Schichten des Mittleren Buntsandsteins (ms) maßgebend. Die Trinkwassergewinnung erfolgt fast ausschließlich aus dieser Schichtenfolge.

Nur lokal treten morphologisch bedingt (Bereich der T+R-Anlage, Fürstkopf) oder auf Grund tektonischer Muldenstrukturen südlich der Enzaue im Untersuchungsgebiet die Schichten des Unteren Muschelkalks auf (Anlage 7.3.1) [U3].

Nördlich der Enzaue schneidet die Ausbautrasse der A8 bei ihrem Nordanstieg Richtung Karlsruhe in die Schichtenfolgen des Muschelkalkes ein.

Einen Überblick über die Lagerungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet vermittelt die aus [U3] entnommene Darstellung der Schichtgrenze Oberer zu Mittlerer Buntsandstein (Anlage 7.3.2). Die Schichten fallen im Trassenbereich zwischen 3 und 5 % ($I = 0,03$ bis $0,05$) Richtung Nord-Nordost ein. Richtung Pforzheim erhält diese Einfallrichtung immer mehr eine Nord bis Nordwest-Komponente.

Die Schichtenfolge des Muschelkalks zeigt nach [U3] vergleichbare Lagerungsverhältnisse.

Augenfällig ist die starke tektonische Beanspruchung des Untersuchungsgebiets (Anlagen 7.3.1 und 7.3.2): Zwei große Störungen verlaufen parallel von Südwesten nach Nordosten und fallen in nordwestlicher Richtung ein. Die nördliche Störung liegt auf einer Linie Eutingen – Enzberg, die südliche Störung verläuft in weniger als 1 km Abstand innerhalb der Enzaue. Sie grenzt im Westen im Gebiet Mäurach an eine räumlich begrenzte Süd-Nord gerichteten Störungszone. Hier hat sich eine Horststruktur ausgebildet, auf Grund der die tieferen Schichten des Mittleren Buntsandsteins zu Tage treten [U3].

Eine weitere markante Störungszone verläuft im östlichen Randbereich des Hydrogeologischen Modellgebietes entlang des Kirnbachtales. Die mit rd. 5 km Länge in [U3] dokumentierte Störung reicht von Süden kommend bis ins Zentrum der Gemeinde Niefern-Öschelbronn, Ortsteil Niefern.

Alle Süd-Nord orientierten Störungen zeigen ein nach Westen gerichtetes Einfallen.

Zum Verständnis der Lagerungsverhältnisse im Bereich der geplanten Ausbaustrecke wurde entlang der A8 ein Hydrogeologischer Schnitt angefertigt (Anlage 1.8). Die Basisdaten zur Konstruktion des Schnittes bildeten neben der Abgedeckten Geologischen Karte und der Schichtlagerungskarte der HGE [U3] in Anlage 7.3.2 die ergänzend niedergebrachten Bohrungen B1, B2, B4a, B4b, B5, B6, B7, B8, B8a, B9, B10 (2004) sowie B12, B13, B14 und B15 (2008).

Die Bohrprofile, Bohrkernfotos und Ausbaupläne der neuen Bohrungen von 2004 und 2008 sind in den Anlagen 3 und 4 dargestellt. Die Stammdaten der Bohrungen sowie die durchteuften stratigraphischen Einheiten sind in 3.1.1 und 4.1.1 tabellarisch zusammengefasst.

Hydrogeologie entlang der Ausbautrasse A8 (Hydrogeologischer Schnitt)

Die Hydrogeologie des Untergrundes entlang der Ausbautrasse lässt sich an Hand des Hydrogeologischen Schnittes der Anlage 1.8 wie folgt beschreiben:

Schichtlagerung und Tektonik im Bereich der Ausbautrasse A8

Die A8-Trasse verläuft fast auf der gesamten Ausbaustrecke in einem Winkel zwischen 30° und 45° zum Streichen der Muschelkalk- und Buntsandsteinschichten. Das scheinbare Einfallen der Schichten beträgt rd. 1,5% ($I=0.015$) Richtung Nordnordwest. Ab km 241+500 biegt die Trasse mit dem Erreichen der Muschelkalk-Hochfläche Richtung Westen ab und verläuft dann etwa parallel zum Schichtstreichen, was sich im hydrogeologischen Längsschnitt als eine scheinbare horizontale Schichtlagerung darstellt.

Zwischen dem südlichen Enzaunenrand und ca. km 241+000 (nördlichen Anstiegsbereich) befinden sich 3 tektonische Störungen in Form von Staffelbrüchen, an denen die gesamte Schichtenfolge des Buntsandsteins und Muschelkalkes mit Versatzbeträgen um jeweils 20 m in Richtung Norden abgeschoben sind (s. Anlage 1.8).

Geologie des Südlichen Trassenabschnitts

Die quartäre Überdeckung der Festgesteine ist im südlichen Abschnitt nur sehr geringmächtig und besteht i. w. aus Mutterboden und/oder verwittertem und umgelagerten Fels des Muschelkalkes und Buntsandsteins.

Die Schichten des Unteren Muschelkalkes (mu) stehen zwischen km 237+300 m - 237+700 m und 238+250 m - 238+550 m als geringmächtige (max.7 m) angewitterte Ton-Mergelsteine an.

Unter dem Unteren Muschelkalkschichten bzw. unter dem geringmächtigen Quartär stehen die plattig-sandigen, z. T. tonigen Schichten des Oberen Buntsandsteins in ihrer gesamten Mächtigkeit von bis zu 47 m an. Ihnen folgt zum Liegenden der massiv ausgebildete Sandsteinkomplex des Mittleren Buntsandsteins. Diese stratigraphische Einheit wurde mit den Bohrungen nicht erschlossen, ihre Mächtigkeit kann bis zu 150 m betragen.

ARCADIS

Das Grundwasser steht je nach Geländemorphologie erst in Tiefen zwischen 25 und 50 m unter Gelände (= Grundwasserflurabstand) an [U3] und wurde daher in den Bohrungen B1 und B2 mit Bohrtiefen zwischen 15 und 16 m nicht angetroffen. Schichtwässer bzw. das Auftreten lokaler hängender Grundwässer sind sowohl im Oberen als auch im Unteren Muschelkalk nicht auszuschließen.

Geologie der Enzaue

Der Untergrundaufbau in der Enzaue wurde mit den Bohrungen B4a, B4b, B5, B6 innerhalb der Enzaue sowie mit der Bohrung B7 am nördlichen Rand der Enzaue, im Übergangsbereich Quartär-Buntsandstein-Muschelkalk aufgeschlossen. Alle 5 Bohrungen sind zu Grundwassermessstellen ausgebaut.

Der quartäre Untergrund ist auf Grund des früheren Enzverlaufs (Mäanderbildung) asymmetrisch aufgebaut. Die größte Mächtigkeit wurde mit 6,7 m in der Bohrung B11 aufgeschlossen. Das Quartär in der Enzaue besteht i. w. aus aufgearbeitetem Buntsandsteinmaterial in unterschiedlichen Korngrößen (Steine, Kiese, Sande). Bindige und Wasser stauende Aueablagerungen wurden lediglich in der Bohrung B4a in einer Mächtigkeit von 1 m angetroffen.

Im Liegenden des Quartärs stehen die Schichten des Oberen Buntsandsteins in Form plattiger, feinsandiger Sandsteine (= Plattensandstein) an. Die oberen Bereiche sind stark klüftig bis zerbrochen.

Im Rahmen des A8-Ausbaus wird das Quartär mit einem Damm überschüttet. Brückenbauwerke (Widerlager) werden in den Schichten des Oberen Buntsandsteins gegründet.

Das Grundwasser in der Enzaue wird bei rd. 2,50 m unter der natürlichen Geländeoberfläche angetroffen. Im Bereich der Aufschlüsse waren keine Druckdifferenzen zwischen quartärem und Buntsandsteingrundwasser erkennbar.

Geologie des Nördlichen Trassenabschnitts

Der nördliche Trassenanstieg erfolgt ausschließlich über quartären Schichten bzw. über die Schichten des Unteren, Mittleren und Oberen Muschelkalks.

Die quartäre Überdeckung der Festgesteine kann auf Grund der natürlichen Geländemorphologie des Igelsbachtals bis über 10 m mächtig werden. In der Bohrung B8 wurden bis 9,5 m Tiefe überwiegend schluffige und tonige Hanglehne aufgeschlossen.

Die Schichten des Unteren Muschelkalks (mu) wurden mit den Bohrungen B8 und B8a aufgeschlossen. Während die 20 m tiefe Bohrung B8a lediglich die höheren Bereiche des mu erfasste, wurde mit der Bohrung B8 in 62 m Tiefe die Grenze Unterer Muschelkalk zu Oberem Buntsandstein (so) durchteuft. Die stratigraphische Grenze ist eindeutig und zeichnet sich durch einen deutlichen Farbwechsel sowie durch einen Wechsel des Gesteins aus. Der massive Mergelstein des mu geht in einen geschichteten blättrigen, sandigen Tonstein der Röttone (sot) über. Insgesamt steht die Bohrung B8 über 50 m in den Schichten des Unteren Muschelkalks.

Nördlich der tektonischen Störung (Abschiebung) bei km 241+00 wurde der Mittlere Muschelkalk in seiner gesamten Mächtigkeit von rd. 30 m (Bohrung B9) und der Obere Muschelkalk auf einer Kernlänge von 10 m (Bohrungen B9 und B10) aufgeschlossen.

Die ursprünglich mächtige Salinarformation des Mittleren Muschelkalk ist weitgehend ausgelagert, was eine Störung des Lagerungsgefüges zur Folge hat. Mergelsteine und Dolomitsteine wechseln sich mit Rückstandstonen ab. Lediglich an der Basis des mu wurde mit der Bohrung B9 in einer Tiefe von rd. 46 m Gipsstein aufgeschlossen.

Die mit den Bohrungen B9 und B10 aufgeschlossenen tiefen Bereiche des Oberer Muschelkalks zeichnen sich durch einen hohen Anteil an gut geklüfteten und im Bohrkern häufig zerbrochenen Kalksteinbänken aus. Die Bruchflächen sind auf Grund des hohen Eisenanteils häufig ockergelb gefärbt.

Der Obere und Mittlere Muschelkalk stellen Kluftgrundwasserleiter dar, deren Ergiebigkeit nach [U3] stark wechseln kann. Die massiven Tonsteinschichten des Unteren Muschelkalkes wirken dagegen als Wassergeringleiter oder Grundwasserstauer.

Das Auftreten der Igelsbachquelle ist darauf zurückzuführen, dass sich das Grundwasser aus dem Mittleren an der südlich gelegenen tektonischen Störungsgrenze gegen die Schichten des Unteren Muschelkalkes aufstaut und zur Druckentlastung an der Geländeoberfläche ausfließt. Der Quellaustritt innerhalb der Brunnenstube liegt bei rd. 274 m ü. NN.

4.3.4 Oberflächengewässer

4.3.4.1 Enz

Im Untersuchungsgebiet bildet die Enz die Hauptvorflut. Zwei wasserbauliche Eingriffe, nämlich das Flusskraftwerk Eutingen an Fluss-km 54,75 sowie der Stau an der ehemaligen Papierfabrik Niefern an Fluss-km 51,20, sind maßgeblich für die Wasserspiegelausbildung in der Enz (Anlage 7.4.1).

An der Wasserkraftanlage Eutingen beträgt das Stauziel 240,6 m+NN, die Stauhöhe 4,3 m. Das Stauziel an der ehemaligen Papierfabrik Niefern beträgt 233,5 m+NN, die Stauhöhe 2,7 m [U1].

Im Untersuchungsbereich existieren zwei amtliche Pegel mit kontinuierlicher Beobachtung des Wasserstands und der Abflussrate:

- Der Pegel Pforzheim-Kläranlage liegt an Fluss-km 56,55 und somit 1,8 km oberhalb des Flusskraftwerks Eutingen.
- Der Pegel Eutingen liegt an Fluss-km 53,74 und somit 1 km unterhalb des Flusskraftwerks Eutingen und 2,5 km oberhalb des Staus an der ehemaligen Papierfabrik Niefern.

In der Anlage 7.4.1/Blatt 1 sind Wasserstand und Abfluss an den beiden Pegeln grafisch dargestellt [S3]:

In den Jahren 1999 bis 2001 betrug der mittlere Abfluss 24 bzw. 22 m³/s, der kleinste beobachtete Abfluss betrug 5 m³/s, der höchste im Bezugszeitraum beobachtete Abfluss lag bei 185 m³/s. Dies entspricht Wasserständen von 241,5 bis 243,4 m+NN am Pegel Pforzheim-Kläranlage und 234,6 bis 237,0 m+NN am Pegel Eutingen. Die 1999 bis 2001 beobachtete maximale Wasserstandsschwankung beträgt damit rd. 2 Meter.

Historische Wassermarken wurden in den vergangenen Jahren während drei herausragenden Hochwasserereignissen (Februar 1990, Dezember 1993, März 2002) erreicht, welche jeweils durch Wasserstände über 244 m+NN am Pegel Pforzheim-Kläranlage belegt sind [S4]; dies entspricht Abflussspitzenwerten von über 350 m³/s. Diese Wasserstände bzw. Abflussraten treten entsprechend selten und nur sehr kurzfristig auf.

In Anlage 7.4.1/Blatt 2 sind die Abflusspegel und Wasserstände der Enz am Pegel Eutingen zur vom 12.10. bis 15.10.2004 (= Stichtagsmessung Oktober 2004) dargestellt. Die Verhältnisse entsprechen denen des Eichzustandes Oktobers 2000. Die Pegelstammdaten sind Anlage 7.4.1/Blatt 3 zu entnehmen.

4.3.4.2 Weitere Oberflächengewässer, Quellen

Weitere hydrologisch bedeutende Oberflächengewässer und Quellen in der näheren Umgebung der A8 sind der Kirnbach im südlichen Anstiegsbereich und der Igelsbach im nördlichen Anstiegsbereich sowie diverse Quellaustritte und Nebenbäche.

Nördlicher A8-Anstiegsbereich (Anlage 7.4.2, Blatt 1)

Der Igelsbach entspringt am südwestlichen Ortsrand der Gemeinde Kieselbronn auf einer Höhe von rd. 330 m+NN (R = 34 81490, H = 54 21342). Bis kurz vor der Autobahnunterführung Kieselbronn – Eutingen beschränkt sich die Wasserführung auf der ca. 1 km langen Fließstrecke auf

ARCADIS

Zeiten mit hohen Niederschlägen, in denen der Igelsbach als Graben die lehmigen Verwitterungsböden des Oberen Muschelkalks entwässert.

Auf Höhe der Autobahnunterführung fließt die Igelsbachquelle am Enzberg über den Igelsbach ab (östlich der A8; R = 34 82055, H = 54 20598, Höhe 280 m ü. NN).

Die Quelle wird derzeit nicht genutzt. Eine Anwohnerbefragung ergab, dass die Quelle auch in trockenen Jahren nicht versiegt.

Zusätzlich wird der Überlauf des bestehenden Regenrückhaltebeckens bei km 241+100m auf Höhe des Wasserbehälters in den Igelsbach abgeleitet.

Der Igelsbach verläuft nach der Unterführung auf rd. 900 m Wegstrecke entlang der A8 bis zur Eisenbahnbrücke. Die restlichen rd. 100 m bis zur Mündung in die Enz ist das Bachbett mit Betonschalsteinen befestigt. Auf der insgesamt rd. 2 km langen Fließstrecke vom Ursprung bis zur Mündung wird ein Höhenunterschied von $328 \text{ m+NN} - 233 \text{ m+NN} = 95 \text{ m}$ abgebaut.

Am 30.März 2004 wurden folgende Schüttungen mit Hilfe grober Feldmessmethoden überschlägig bestimmt:

Igelsbach oberhalb der Quellen:	trocken
Igelsbachquelle 2 (gemessen):	35-40 l/s
Igelsbach unterhalb des Wasserbehälters (gemessen):	80-100 l/s (90 l/s)
Am Beginn des Igelsbachs zusätzlich gemessener Abfluss (berechnet).	90-40 l/s = 50 l/s

Diese Schüttung wurde früher als Quellschüttung einer zweiten Igelsbachquelle (Igelsbachquelle 1) interpretiert. Nachdem die Untersuchungen in 2008 ergaben, dass es sich bei dem Gebäude südlich der Autobahn um einen Wasserbehälter (nicht um ein Brunnenstube) handelt, sind die Schüttungszuwächse durch Anteile der Quellschüttung, die über den Wasserbehälter abgeleitet wurden bzw. Oberflächenabflüsse, die in den Igelsbach eingeleitet werden, zu erklären

ARCADIS

Igelsbach vor der Eisenbahnbrücke (gemessen):	30-50 l/s (40 l/s)
Bachversickerung (berechnet):	90-40 l/s = 50 l/s
Igelsbach vor Mündung in die Enz (gemessen):	30-40 l/s
Bachversickerung (berechnet):	< 5 l/s

Aus dem Igelsbach versickerten im März 2003 auf einer Fließstrecke von rd. 900 m ca. 50 l/s. Diese Wassermenge fließt dem natürlichen Gefälle folgend unterirdisch in die Enzaue.

Südlicher A8-Anstiegsbereich (Anlage 7.4.2, Blatt 2)

Der Kirnbach entspringt auf den Höhen des Buntsandsteingebirges (420 m+NN – 450 m+NN) südlich des Untersuchungsgebietes im Gewann Brand und Spieleiche. (R= 34 85 000, H = 54 15 000) und mündet nach einem ca. 7,6 km langen Fließweg bei Niefern in die Enz. Der Bach wird dabei von zahlreichen kleinen Quellen im Buntsandsteingebirge sowie von zwei aus östlicher Richtung zufließenden Bächen im Renntal (R = 34 84938, H = 54 16750) und im Reutwiesental (R = 3484868, H = 54 18327) gespeist.

Am 30.03.2004 wurden von ARCADIS überschlägige Abfluss- und Wasserstandsmessungen im Kirnbachtal sowie im Gebiet Reutwiesen mit folgenden Ergebnissen durchgeführt:

Abfluss Reutwiesenbach am Messpunkt K1: ca. 30 l/s
(R = 3485995/ H = 54 18505, Brücke bei Fa. Heckler)

Abfluss Reutwiesenbach am Messpunkt K2: ca. 30 l/s
(R = 34 85323, H = 54 18340)

Abfluss Reutwiesenbach am Messpunkt K3: ca. 30 l/s
(R = 34 85018, H = 54 18310)

Abfluss Kirnbach am Messpunkt K4: ca. 20 l/s
(R = 34 84900, H = 54 18227)

ARCADIS

Schüttung Eichwiesenquelle am Messpunkt K5: 10-15 l/s
(R = 34 84980, H = 54 18280)

Abfluss Kirnbach am Messpunkt K6: ca. 75 l/s
(R = 34 84705, H = 54 18497)

Der Wasserstand im Reutwiesenbach liegt auf der gesamten Messstrecke über dem Grundwasserstand im Buntsandstein, dabei nimmt der Abstand zwischen Gewässeroberfläche und Grundwasser in Fließrichtung Richtung Kirnbachtal ab.

Bereich Grundstück Fa. Heckler:	Grundwasserabstich	7,03 m.
	Wasserstand Reutwiesenbach	ca.1,75 m u. Straße
	Abstand Oberflächenwasser - GW	> 5 m

Bereich Eichwiesenquelle:	Grundwasserabstich	3,71 m u. ROK
	Wasserstand Reutwiesenbach	ca. 1,70 m u. ROK
	Abstand Oberflächenwasser – GW	ca. 2 m

Trotz des hohen Gradienten versickerte zum Messzeitpunkt nur wenig Wasser aus dem Reutwiesenbach in den Untergrund. Bei den überschlägigen Abflussmessungen wurde ein ziemlich konstanter Abfluss von rd. 30 l/s ermittelt. Die Infiltration über die Bachsohle in das Grundwasser liegt in der Größenordnung der Messgenauigkeit.

Der bei Messpunkt K6 beobachtete Kirnbachabfluss von 75 l/s setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

Kirnbachzustrom aus Süden:	20 l/s
Zustrom aus dem Reutwiesenbach:	30 l/s
<u>Zusätzliche Einspeisung aus der Eichwiesenquelle</u>	<u>15 l/s</u>
Berechneter Grundwasserzustrom zwischen K5 und K6	10 l/s (75-20-30-15)

Enzaue

In der Enzaue existiert ein kleines hydrologisch nicht bedeutendes Grabensystem, welches Hangwasser aus dem südlichen Buntsandsteingebiet der Enz zuführt.

4.3.5 Grundwasserströmung und geohydraulische Gegebenheiten

4.3.5.1 Amtliche Stichtagsmessung Oktober 2000

Im Oktober 2000 wurde im Rahmen der Bearbeitung der HGE Enztal-Pforzheim [U3] eine Stichtagsmessung des Grundwasserstandes und Enzwasserstandes an ausgewählten Messstellen im Enztal durchgeführt (Anlage 7.5.1). Die Messkampagne umfasste:

- 8 Pegel in der Enz,
- 16 im Quartär ausgebaute Messstellen in der Enzaue,
- 12 Messstellen in der Enzaue, die sowohl im Quartär wie auch im Buntsandstein verfiltert sind,
- rd. 70 Messstellen im Buntsandstein, davon rd. 63 in der Enzaue und 7 außerhalb der Enzaue.

Die Anlagen 7.5.1/Blatt 1 und Blatt 2 zeigen die Lage der Messstellen innerhalb des Untersuchungsraumes sowie die zugehörigen Messwerte für den Oktober 2000. Die Situation der Grundwasserströmung im regionalen Maßstab kann aus der HGE [U3] für den Buntsandsteinaquifer entnommen werden. Anlage 7.5.1 Blatt 4 enthält einen, auf das Untersuchungsgebiet bezogenen Ausschnitt dieser Grundwassergleichenkarte mit zusätzlichen Angaben zur Grundwassersituation im Muschelkalk sowie zum Wasseraustausch zwischen dem Grundwasser und den beiden Oberflächengewässern Igelsbach und Kirnbach.

Für den Bereich der Enzaue wurde anhand der Messwerte vom Oktober 2000 ein Grundwassergleichenplan neu konstruiert. In diesem Plan sind neben der Grundwasserfließrichtung die Enzstufen sowie deren Einfluss auf das Infiltrations- und Exfiltrationsverhalten zwischen Grundwasser und Enz dargestellt (Anlage 7.5.1, Blatt 3)

Grundwasserströmung im Quartären Porengrundwasserleiter

Das Grundwasser in den quartären Schichten fließt dem Verlauf der Enzaue folgend von Westen nach Osten. (Anlage 7.5.1/Blatt 3). Das Gefälle beträgt etwa 0,1% im Westen, etwa 0,1% vor der Stauhaltung Eutingen und etwa 0,4% unterhalb der Stauhaltung Eutingen. Für den Ostbereich liegen keine Messwerte aus dem quartären Porengrundwasserleiter vor.

Die Gefälleverhältnisse und die Absoluthöhen der Wasserstände zeigen eine direkte Wechselwirkung mit der Enz:

- Oberhalb der Stauwurzelbereiche und im Unterwasser der Stauhaltungen übernimmt die Enz ihre natürliche Vorflutfunktion, bei der das Grundwasser in die Enz austritt (Grundwasserstände höher als Enzwasserstand).
- Im Bereich der Stauhaltung mit annähernd horizontalem Wasserspiegelverlauf in der Enz stellen sich Verhältnisse ein, in denen die Enz in das Grundwasser infiltriert (Grundwasserstände geringfügig tiefer als Enzwasserstand) und die Grundwasserströmung sehr geringe Gradienten aufweist.

Auffälligkeiten im Grundwassergleichenplan treten oberhalb der Staustufe Eutingen links der Enz, z.B. im Bereich der Kläranlage Pforzheim, auf, wo offensichtlich Brauchwasserentnahmen durchgeführt wurden.

Die Messungen des Grundwasserstandes in Messstellen, die komplett oder überwiegend im Quartär verfiltert sind, repräsentieren daher in Enznähe im wesentlichen den Enzwasserstand mit rd. 241 m+NN im Westbereich bis rd. 235 m+NN unterhalb der Stauhaltung Eutingen.

Im Bereich der südwestlich des Untersuchungsgebietes herrschen Verhältnisse mit Exfiltration vor, Grundwasser tritt hier in die Enz aus. Im Bereich vor der Staustufe Eutingen (Flusskraftwerk) herrschen zunehmend Infiltrationsverhältnisse vor, bei denen Enzwasser in das Grundwasser einsickert (Uferinfiltration).

Trotz fehlender Messwerte kann im Bereich der BAB A8 von vergleichbaren Verhältnissen ausgegangen werden: Im Nahbereich der Stauhaltung der Papierfabrik Niefern, welcher etwa bis zur Autobahn reichen dürfte, ist von einer Infiltration des Enzwassers in das Grundwasser auszugehen.

Der Vergleich der gemessenen Grundwasserstände in reinen Quartärmessstellen in der Enzaue mit denjenigen aus Messstellen, die durchgängig im Quartär und Buntsandstein verfiltert sind zeigt, dass in der Enzaue keine bedeutsamen Potenzialunterschiede zwischen beiden Hydrostratigraphischen Einheiten vorliegen.

Grundwasserströmung im Buntsandsteinaquifer

Im Buntsandsteinaquifer lassen sich drei grundwasserhydraulisch charakteristische Strömungsteilbereiche (Anlage 7.5.1/Blatt 4) unterscheiden:

- Im Teilbereich südlich der Enzaue fließt das Grundwasser generell von Süden nach Norden zur Enzaue. Der Gradient beträgt im Süden rd. 0,05 und versteilt sich bis zur Enzaue auf über 0,1.
- Im Teilbereich der Enzaue selbst fließt das Grundwasser abschnittsweise der Aue folgend von West nach Ost (im Plan nicht explizit dargestellt).
- Im Teilbereich nördlich der Enzaue, in dem in weiten Teilen eine Muschelkalküberdeckung vorliegt, fließt das Grundwasser von Süden nach Norden ab und taucht im Buntsandsteinaquifer mit im Westen z. T. geringen Gefällegradienten unter die Muschelkalküberdeckung. Im Ostteil sind höhere Gradienten zu beobachten.

Der Grundwasserstrom im Buntsandsteinaquifer südlich der Enzaue findet seine Vorflut in der Enzaue, das Grundwasser kann bereichsweise über den quartären Porengrundwasserleiter der Enz zuströmen. Für den Bereich unterhalb der Stauhaltungen gilt die Besonderheit, dass die Enzsohle direkt in den Buntsandsteinaquifer eingetieft ist und hier ein direkter Austritt von Buntsandsteingrundwasser in die Enz stattfindet.

Im östlich der Autobahntrasse gelegenen Kirnbachtal (Südanstieg Richtung Stuttgart) ist von Grundwasseraustritten aus dem Buntsandstein in den Kirnbach auszugehen.

Grundwasserströmung im Muschelkalkaquifer

Die wesentliche Grundwasserführung im Muschelkalkgebirge beschränkt sich auf die geklüfteten und lokal verkarsteten Schichten des Oberen Muschelkalkes sowie auf die ausgelaugten Bereiche des Mittleren Muschelkalks, die zerbrochen und nicht durch Auslaugungsrückstände abgedichtet sind. Das Grundwasser fließt in diesen Schichtenfolgen generell von Westen nach Osten bzw. von Südwesten nach Nordosten.

4.3.5.2 Stichtagsmessung Oktober 2004

Im Oktober 2004 wurde für die vorliegende Bearbeitung eine Stichtagsmessung unter Einbeziehung der neu gebauten Messstellen im Nahbereich der A8 durchgeführt. Das Messstellennetz war dort gegenüber der Stichtagsmessung vom Oktober 2000 deutlich verdichtet.

Die Anlage 7.5.2 zeigt die Einzelmesswerte zum Wasserstand in der Enz und im Porengrundwasserleiter.

Die Stichtagsmessung erbrachte folgende Ergebnisse:

- Die Enzwasserstände lagen bis etwa 600 m westlich der A8 deutlich über den Grundwasserständen im enznahen Porengrundwasserleiter. An der Enz lagen somit bis etwa 1,7 km oberhalb der Stauregelung bei Niefern (ehem. Papierfabrik) infiltrierende Verhältnisse vor, d.h. Enzwasser trat in das Grundwasser und die natürliche Vorflutfunktion der Enz ist durch die Stauregelung aufgehoben.
- Die Aufschlussarbeiten zeigten keine hydraulisch trennenden Bodenhorizonte zwischen quartären Schichten und den Schichten des Buntsandsteins (Anlagen 3.1.5 – 3.1.14). Damit können sich keine Potenzialdifferenzen zwischen dem quartären Porengrundwasserleiter und dem Buntsandsteinaquifer einstellen. Die in den neuen Messstellen gemessenen Grundwasserstände gelten somit sowohl für den quartären Porengrundwasserleiter wie auch für den Buntsandsteinaquifer.
- Die Messwerte in den Messstellen B4a und B11 in nur geringer Entfernung zu den Trinkwasserbrunnen 2ö und 3ö der Anlage Lindenbusch lagen deutlich unter den im Oktober 2000 gemessenen Grundwasserständen in den Trinkwasserbrunnen.
- Es ist daher davon auszugehen, dass die Grundwasserentnahmen im Oktober 2004 deutlich über denjenigen des Oktober 2000 lagen.

Insgesamt kann die Situation 2004 im Vergleich zum Oktober 2000 als eine Situation mit annähernd gleichem Enzwasserstand, aber niedrigeren Grundwasserständen im Enzaubereich nahe der A8 bezeichnet werden.

4.3.5.3 Frühere Untersuchungen zur Grundwasserströmung

Isotopenhydrologische Untersuchungen, 1986-1987

Anhand von Auswertungen der Sauerstoff-Gehalte (^{18}O) wurden für den Bereich Lindenbusch und Niefern/Öschelbronn Enz-Uferfiltrat-Anteile ermittelt [U8]. In den Anlagen 7.5.3 sind die Ergebnisse der Stichtagsbeprobung im Mai 1987 kartografisch dargestellt.

Im Bereich der Trinkwasserbrunnen Lindenbusch lag der Enzwasser-Anteil im Buntsandsteinaquifer im Teilgebiet westlich der Autobahn bei meist rd. 20 % (Ausnahme Brunnen 1w: 0%), in Enznähe auch über 50%. Östlich der Autobahn waren Anteile von 10-20% ermittelt worden, Ausnahme war der Trinkwasserbrunnen 4n nahe der Enz mit einem Anteil von ebenfalls über 50%. Im Porengrundwasserleiter waren Enzwasseranteile von im Mittel 40%, in Enznähe auch über 70% ermittelt worden.

Die isotopenhydrologischen Untersuchungsergebnisse weisen auf einen relativ freien Austausch zwischen dem Porengrundwasserleiter und dem Buntsandsteinaquifer hin. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die Trinkwasserbrunnen Lindenbusch wesentlich durch einen Zustrom aus dem südlichen Buntsandsteingebirge angeströmt werden. Die Brunnen Niefern/Öschelbronn dagegen haben einen relativ hohen Enzwasseranteil.

Folgende Einschränkungen gelten für die Übertragbarkeit der früheren isotopenhydrologischen Untersuchungsergebnisse auf die heutige Situation:

- es liegen keine Angaben zu den hydrologischen Randbedingungen vor,
- der Buntsandsteinaquifer war durch höhere Entnahmeraten beansprucht und damit der Enzwasseranteil im Aquifer tendenziell stärker erhöht,
- die Untersuchungen fanden vor Bau der Staustufe Eutingen mit einer Stauhöhe von über 4 Metern statt. Seinerzeit war lediglich unweit oberhalb der heutigen Staustufe ein Wehr mit einer Stauhöhe von rd. 1 m vorhanden. Diese bauliche Veränderung hatte wesentlichen Einfluss auf die Strömungsverhältnisse in der Enzaue.

4.3.5.4 Ergebnisse von Markierungsversuchen

Zur Auswertung lagen, z. T. auszugsweise, Untersuchungsergebnisse von Markierungsversuchen im Untersuchungsgebiet vor [S11, U12].

Markierungsversuche nördlich der Enzaue (Anlage 7.5.4/Blatt 1)

Im Markierungsversuch Pforzheim-Nordstadt waren 1999 Markierungsstoffe im Buntsandstein-/Muschelkalkaquifer im nördlichen Stadtgebiet eingegeben worden. Laut Zwischendokumentation waren in der Enzaue keinerlei Spuren davon auffindbar.

Im Markierungsversuch Enzberg im Jahre 1994 (Muschelkalk-Aquifer) waren die Farbstoffe mit Abstandsgeschwindigkeiten von etwa 0,8 m/h in nahe gelegenen Messstellen aufgefunden worden.

Markierungsversuche im Buntsandsteinaquifer südlich der Enzaue (Anlage 7.5.4/Blatt 2)

Die Markierungsversuche an der Buckenbergauffahrt (Kanzlerbach) im Jahre 1979 ergaben Abstandsgeschwindigkeiten von 10 bis 20 m/h, stellenweise sogar 33 m/h von den Eingabestellen bis zum Auffinden in den Trinkwasserbrunnen der Enzaue.

Die Markierungsversuche am Fürstkopf in den Jahren 1981 und 1995 zeigen im unteren Mäurachbereich einen Grundwasserabstrom nach Nordwesten in die Enzaue. Die Abstandsgeschwindigkeiten liegen zwischen 5 und 20 m/h. Bei den Markierungsversuchen wurde im oberen Mäurachbereich eine von der generellen Südost-Nordwest-Fließrichtung der Mäurach abweichende Wegsamkeit im Buntsandsteinaquifer Richtung Nordnordost festgestellt: Der Farbstoff wurde bei beiden Versuchen im Brunnen 2W der Wassergewinnungsanlage Lindenbusch nachgewiesen.

Markierungsversuche im Kirnbachtal (Anlage 7.5.4/Blatt 3 und 4)

Der Markierungsversuch Niefern-Öschelbronn im Jahre 1968 ergab bei einem Farbstoffeintrag im oberen Kirnbach keine Beeinflussung der Trinkwasserbrunnen im Kirnbachtal (Anlage 7.5.4/Blatt 3).

Der Markierungsversuch Ochsenwäldle im Jahre 1987 ergab bei Eingabe östlich der Autobahn (Alte Deponie) keine Beeinflussung der Trinkwasserbrunnen im Kirnbachtal (Anlage 7.5.4/Blatt 4).

Der Markierungsversuch Öschelbronn im Jahre 1987 ergab bei Eingabe am Reutbach einen Farbdurchgang am Brunnen Schuon (keine Trinkwassernutzung) und Nebenaustritte in den Trinkwasserbrunnen im Kirnbachtal (Anlage 7.5.4/Blatt 4).

Der Markierungsversuch im Jahre 2000 mit Farbstoffeingabe im westlichen Hangbereich des Kirnbaches ergab keine klar identifizierbare Wegsamkeit zum benachbarten Trinkwasserbrunnen Kirnbachtal (Anlage 7.5.4/Blatt 3).

Zusammenfassung der Markierungsversuchsergebnisse

Die Fließgeschwindigkeit im Muschelkalkaquifer bei Enzberg beträgt rd. 1 m/h.

Die Fließgeschwindigkeit im Buntsandsteinaquifer südlich der Enzaue beträgt bis 20, teilweise 30 m/h.

Es ist keine Beeinflussung der Trinkwasserbrunnen im Kirnbachtal durch den Kirnbach oder durch von Westen anströmendem Grundwasser bekannt.

4.3.6 Grundwasserbewirtschaftung, hydrologische und geohydraulische Gegebenheiten

4.3.6.1 Grundwasserbewirtschaftung

In den Anlagen 7.6.1 sind die Jahresentnahmen für das Jahr 2000 (Blatt 1) sowie für 2004 (Blatt 2) der Gewinnungsanlagen in der Enzaue und im Kirnbachtal tabellarisch und grafisch zusammengestellt.

Während zu den Brunnen Niefern/Öschelbronn brunnenscharfe Angaben zu den Entnahmeraten bekannt waren, lagen für die Gewinnungsanlage Lindenbusch für das Jahr 2000 lediglich Jahressummenwerte (1,1 Mio. m³/Jahr entsprechend 36,5 l/s mittlerer Entnahmerate) sowie Quartalssummenwerte (59,1 l/s im 3. Quartal 2000) vor.

Für den Oktober 2004 lagen für die Anlage Lindenbusch brunnenscharfe Entnahmeraten vor. Diese geben eine Gesamtentnahme von insgesamt 40 l/s an.

Die Auswertung der neuen Stichtagsmessung Oktober 2004 ließ den Schluss zu, dass die Stichtagsmessung im Oktober 2000 offensichtlich eine Momentaufnahme der Grundwassersituation bei Entnahmen deutlich unter denjenigen der o. g. Summenwerte darstellt, nämlich bei etwa 20 l/s.

4.3.6.2 Niederschlag und Grundwasserneubildung

In Anlage 7.6.2, Blatt1 sind die Monatssummen der Niederschläge an der DWD-Station Pforzheim-Eutingen für die hydrologischen Jahre 1999 bis 2001 aufgetragen. Der Monatsmittelwert für die untersuchte Zeitspanne beträgt 65 mm/Monat.

Vom LGRB [S7] wurden die Untersuchungsergebnisse zur Ermittlung der Sickerraten und Grundwasserneubildungsraten für das Untersuchungsgebiet im 500-m-Raster auszugsweise zur Verfügung gestellt. Die Werte sind in Anlage 7.6.2, Blatt 2 und 3 dargestellt. Die Sickerraten liegen zwischen 260 und 500 mm/a. Aus diesen Werten wurden Grundwasserneubildungsraten zwischen rd. 80 mm pro Jahr im Bereich des Kirnbachtals und bis über 300 mm/a im Bereich der Muschelkalkhochfläche nördlich Eutingen abgeleitet.

4.3.6.3 Pumpversuche

Werte zur Transmissivität im Buntsandstein liegen aus [U12] für den Bereich des Fürstkopfes vor. Sie betragen $2,1 \times 10^{-4}$ m²/s (Tbr. 30) bzw. $3,2 \times 10^{-4}$ m²/s (Tbr. 50).

Pumpversuche (Brunnentests), welche die SWP zur Optimierung der Brunnenförderung an den einzelnen Trinkwasserbrunnen durchgeführt haben [S2], wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen zusätzlich nach SICHARDT (Ermittlung des Fassungsvermögens eines Brunnens) ausgewertet. Die einzelnen Berechnungsergebnisse wie Reichweite, Fassungsvermögen, Wasserandrang bei einer bestimmten Absenkung sowie kf-Werte sind in Anlage 7.6.3/Blatt 3 tabellarisch aufgeführt. Eine vergleichende grafische Darstellung der kf-Werte in Verbindung mit den Ausbaustrecken der einzelnen Förderbrunnen enthält Anlage 7.6.3/Blatt 1 und Blatt 2.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass der Aquifer um die einzelnen Brunnen sehr unterschiedliche kf-Werte aufweist (Faktor 30). Der niedrigste kf-Wert wurde im Buntsandsteinbrunnen B30 am Fürstkopf festgestellt, der höchste kf-Wert wurde bei der Auswertung des Pumpversuches 4ö der Wassergewinnungsanlage Lindenbusch ermittelt. Die Verteilung der einzelnen kf-Werte ist dem Lageplan der Anlage 7.6.3/Blatt 4 zu entnehmen.

Die spezifischen Ergiebigkeiten der Trinkwasserbrunnen streuen auf Grund der heterogenen kf-Wert-Verteilung ebenfalls sehr stark. Sie liegen bei 0,3 l/(s*m) für den Brunnen B30 und bei rd. 6 l/(s*m) für die Brunnen 1w und 4ö (beide Wassergewinnungsanlage Lindenbusch).

5 Grundwassermodell 2004 (Schutz Trinkwasserbrunnen)

5.1 Aufbau und Eichung des Grundwasserströmungsmodells

5.1.1 Grundlagen

Mit dem Strömungsmodell wird die Grundwasserströmung anhand von Grundwasserständen nach Vorgabe von Randbedingungen in einem festgelegten Aquifersystem berechnet. Es dient insbesondere der Vertiefung des Verständnisses über die hydraulischen Verhältnisse und als Hilfsmittel zur Auswertung der Grundwasserströmung mit Blick auf spezielle Fragestellungen.

Beim Aufbau und Einsatz des Modells werden die Naturverhältnisse stets schematisiert nachgebildet. Die Güte der Nachbildung der Grundwasserströmung wird bestimmt durch die Art, den Umfang und die Zuverlässigkeit der berücksichtigten Naturdaten. Liegen keine Messwerte vor, werden plausible Abschätzungen durchgeführt.

Zur Berechnung der Grundwasserströmung wurde die Strömungsmodellsoftware MODFLOW des U.S.G.S. (Lösung der Strömungsgleichung nach dem Finite-Differenzen-Verfahren) verwendet. Dabei wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

- Festlegung des Modellgebietes und der Diskretisierung des Modellrasters
- Festlegung einer geeigneten Referenzsituation zur Eichung des Modells
- Modellaufbau unter Verwendung der verfügbaren Datengrundlage
- Festlegung der Randbedingungen
- Modelleichung und Verifikation
- Bewertung der Ergebnisse

In einem weiteren Arbeitsschritt wird das Modell zur Berechnung der Grundwasserströmung für unterschiedliche Szenarien genutzt (Kapitel 5.2, Anlagen 9).

ARCADIS

Das Grundwassermodell wird im Zuge dieser Untersuchung für die stationäre Strömungsbe-
rechnung eingesetzt; zeitliche Änderungen der Grundwasserströmung werden durch unter-
schiedliche hydrologische Situationen betrachtet. Diese Vorgehensweise bedeutet aus streng
physikalischen Gründen stets eine gewisse Überschätzung der berechneten Wirkungen auf den
Grundwasserstand.

Modellgebiet und Diskretisierung

Das Modellgebiet orientiert sich am Untersuchungsgebiet zur Erarbeitung des Hydrogeologi-
schen Modells (Kapitel 4.3). Die Modellränder wurden in Anlehnung an die Situation der regio-
nalen Grundwasserströmung [U1] nach grundwasserhydraulischen Gesichtspunkten festgelegt.
Daraus ergeben sich für den West- und Ostrand Randstromlinien, für den Süd- und Nordrand
Modellränder mit Zustrom- bzw. Abstrombedingungen.

Die vertikale Modelldiskretisierung berücksichtigt den Quartären Porengrundwasserleiter sowie
den Buntsandsteinaquifer als eigenständige Modellschichten, vertikale Austauschvorgänge wer-
den durch den dreidimensionalen Modellaufbau berücksichtigt.

Die horizontale Modelldiskretisierung berücksichtigt ein Quadratraster der Maschenweite 50
Meter, im Bereich der A8-Enztalquerung ist das Modellnetz auf ein 10-m-Raster verfeinert.

Referenzsituation für die Modelleichung

Als Referenzsituation für die Eichung des stationären Modells wird die Stichtagssituation vom
Oktober 2000 verwendet. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass generell niedrige/mittlere Wasser-
stände vorliegen. Die Güte der Ergebnisse der Modelleichung wird anhand der Stichtagsmess-
werte vom 18.-20. Oktober 2000 geprüft, welche sich durch eine außerordentlich hohe Mess-
stellendichte westlich der Autobahn auszeichnet. Zur Überprüfung (Verifikation) des geeichten
Modells wird die Messung vom Oktober 2004 herangezogen, welche eine deutliche Verdich-
tung des Messnetzes im A8-Bereich bereitstellt und somit die Überprüfung der Modellgüte auch
im Bereich der Enztalquerung und östlich der A8 zulässt.

Vorgehensweise bei der Modelleichung

Aufbauend auf dem Modellsystem aus der Bearbeitung Kanzlersträßchen/B10 [U1, U2] wurde das numerische Modell für das Untersuchungsgebiet A8 nach Osten erweitert und um den Netzverfeinerungsbereich (10-m-Raster) ergänzt.

Dies beinhaltete die Aufbereitung aller geohydraulischen und hydrologischen Gegebenheiten für die neu diskretisierten Bereiche. Insbesondere im Bereich der Enzaue waren alle Kennwerte auf das 10-m-Raster zu übertragen.

Nach Aufbau des Modells wurden Berechnungen zur Situation im Oktober 2000 mit relativ guter Übereinstimmung zwischen berechneten und vor Ort gemessenen Grundwasserstände durchgeführt. Dabei war zunächst für die Situation im Oktober 2000 von den Quartalssummenwerten zu den Entnahmen der Anlage Lindenbusch ausgegangen worden.

Die Auswertung der neuen Stichtagsmessung Oktober 2004 zeigte dann, dass die Entnahmeraten für den Oktober 2000 überschätzt worden waren. Das Modell wurde für den östlichen Enzaubereich, für den erstmals mit der Stichtagsmessung im Oktober 2004 Messwerte und brunnenscharfe Entnahmeraten vorlagen, einer Feineichung unterzogen.

Im Zuge dieser Feineichung im Bereich der A8-Enztalquerung wurden die geohydraulischen Kennwerte im Modell überarbeitet. Mit dem feingeeichten Modell konnten dann sehr gute Übereinstimmungen mit beiden Stichtagsituationen erzielt werden.

5.1.2 Modellaufbau, Geohydraulische Kennwerte

Quartärer Porengrundwasserleiter

Zur Festlegung der Basis des Quartären Porengrundwasserleiters wurden die Angaben aus der Aufschlussdatenbank des LGRB verwendet [S6]. In der Plandarstellung der Anlage 8.2.1 sind die Lage der verwendeten Aufschlüsse sowie die Zahlenwerte zur Quartärbasis eingetragen. Zur besseren Lesbarkeit sind mit grüner Farbe bereichsweise gültige Werte für den Nahbereich der Enz eingetragen. Kleinräumig treten demgegenüber Unterschiede in der Höhe der Basis um 2 bis 3 Meter auf, welche vor allem am Rande der Enzaue ansteigt.

In Enznähe liegt die Quartärbasis im Westen auf 240 m+NN, im Bereich der Staustufe Eutingen auf 235 m+NN, im Bereich der A8-Enztalquerung auf 231 m+NN und unterhalb des Staus in Niefern auf 229 m+NN. Die Vorgabe im Modell erfolgte in 1-Meter-Klassen.

Die Grundwasserströmung im quartären Porengrundwasserleiter wird für ungespannte Strömungsverhältnisse berechnet.

Für den Quartären Porengrundwasserleiter wurde ein Durchlässigkeitsbeiwert von 1×10^{-3} m/s berücksichtigt. Zwei Teilbereiche mit Durchlässigkeitsbeiwerten von 2×10^{-3} bzw. 1×10^{-4} m/s wurden im Zuge der Modelleichung festgelegt (Anlage 8.2.2).

Buntsandsteinaquifer

Zur Festlegung der Basis des Mittleren Buntsandsteins wurden die in der HGE [U3] dokumentierten Schichtlagerungsverhältnisse sowie die Ergebnisse der neuen Bohrungen 2004 zur Grenze des Oberen Buntsandsteins (so) / Mittleren Buntsandsteins (sm) auf das Modellraster übertragen, wobei außerhalb der Enzaue einheitlich von einer Mächtigkeit des sm von 150 Metern und des Oberen Buntsandsteins (so) 50 Metern ausgegangen wurde. Am Rande bzw. innerhalb der Enzaue wurden die Mächtigkeiten entsprechend der tektonischen Gegebenheiten und entsprechend der Tiefenlage des Quartären Porengrundwasserleiters angepasst, so ist beispielsweise am südlichen Rand der westlichen Enzaue und im Bereich der Staustufe Eutingen der Obere Buntsandstein teilweise oder ganz ausgeräumt.

Die kf-Werte für den Buntsandsteinaquifer wurden bereichsweise nach Klassenwerten vorgegeben. Außerhalb der durch Störungen beeinflussten Bereiche wurde in Anlehnung an die Pumpversuchsergebnisse am Fürstkopf ein Durchlässigkeitsbeiwert der Klasse 4×10^{-6} m/s bzw. 1×10^{-5} m/s berücksichtigt. Für die Bereiche, welche nahe an Störungszonen liegen, wurden in Anlehnung an vorliegende Ergiebigkeitsuntersuchungen der Trinkwasserbrunnen Klassen der Durchlässigkeitsbeiwerte über 1×10^{-5} m/s berücksichtigt. Im Zuge der Modelleichung ergab sich die in Anlage 8.2.3 gezeigte Verteilung der kf-Werte mit Klassenbereichen zwischen über 4×10^{-4} m/s in den Störungszonen und unter 4×10^{-6} m/s in Bereichen offensichtlich verminderter Durchlässigkeiten. An den Grenzen der Klassen wurden Übergangsbereiche festgelegt.

5.1.3 Modellaufbau, Hydrologische Randbedingungen

Oberflächengewässer

Im Modellgebiet wird die Enz als Oberflächengewässer, welches ständig in Wechselwirkung mit dem Grundwasser steht, berücksichtigt. Die Berechnung der Austauschrate zwischen der Enz und dem Grundwasser benötigt den sog. Leakagefaktor als Maß für die Sohldichtung des Gewässers, relevant für die Austauschrate sind außerdem die Gewässerfläche und der Wasserstand im Gewässer. Der Leakagefaktor wurde nach Erfahrungswerten für staugeregelte Gewässer festgelegt: Danach gilt der Oberwasserbereich einer Stauanlage als relativ stark abgedichtet (Werte 1×10^{-8} bis 1×10^{-7} 1/s) und der Unterwasserbereich als weitestgehend offen (Werte 1×10^{-5} bis 1×10^{-4} 1/s). Die Sohllage der Enz ist für den Bereich der Wasserkraftanlage aus [U8] bekannt. Das im Modell berücksichtigte Längsprofil ist in Anlage 8.3.1 dokumentiert.

Neubildung aus Niederschlagszusickerung

Gemäß den Auswertungen von ARMBRUSTER [S7] beträgt die langjährige mittlere Grundwasserneubildungsrate im quartären Porengrundwasserleiter der Enzaue bis 350 mm/Jahr, im Festgesteinsaquifer der Buntsandsteinschichten i. d. R. zwischen 80 und 200 mm/Jahr (Anlagen 7.6.3).

Daran angelehnt wurde für das Modellgebiet die in Anlage 8.3.2 dokumentierte Zonierung von Neubildungsbereichen berücksichtigt, welche folgende Zonen unterscheidet:

Tabelle 3: Zonierung von Bereichen der Grundwasserneubildung aus Niederschlagszusickerung

	Muschelkalküberdeckung	unbebaut	bebaut
Quartärer Porengrundwasserleiter	Keine	Zone 1	Zone 2
Buntsandsteinaquifer	Keine	Zone 3	Zone 4
	Überdeckung μ	Zone 5*	
	Überdeckung μ/mm	Zone 6	Zone 7
	Überdeckung $\mu/\text{mm}/\text{mo}$	Zone 8	--
* Sonderfall Schichteinfallen nach außerhalb Modellgebiet			

Tabelle 4: In den Zonen berücksichtigte Neubildungsraten des Modells

mm/Jahr	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8
	300	150	150	75	37	110	55	37

Je nach Bebauungsgrad und Muschelkalk-Überdeckung wurden dabei Abminderungen in der Grundwasserneubildungsrate um 50%-Schritte vorgenommen.

Modellrandbedingungen

In Anlehnung der Strömungssituation für den Oktober 2000 aus der HGE [U1] wurden der Süd- und Nordrand des Modells mit Hilfe der Grundwasserpotenziale, der West- und Ostrand als Randstromlinien, d.h. ohne Zu- und Austrittsraten, formuliert (Anlage 8.1.1).

Entnahmen

Für den Oktober 2000 wurden die Entnahmeraten der Einzelbrunnen für die Anlage Lindensch auf Grundlage der Grundwasserstandsmesswerte aus den Ergiebigkeiten der Brunnen ermittelt. Für den Oktober 2004 lagen brunnenscharfe Angaben von den Stadtwerken vor.

Für die Brunnen Niefern/Öschelbronn wurden die seitens der Stadt Niefern mitgeteilten Entnahmeraten verwendet.

Tabelle 5: Im Modell berücksichtigte Entnahmeraten der Gewinnungsanlagen für Oktober 2000 und Oktober 2004

	Lindenbusch	Niefern, Enzaue	Summe Trinkwasser-Entnahmen
Oktober 2000	1820 m ³ /Tag	1420 m ³ /Tag	3243 m ³ /Tag
	21,2 l/s	16,44 l/s	37,64 l/s
Oktober 2004	3470 m ³ /Tag	1420 m ³ /Tag	4490 m ³ /Tag
	40 l/s	16,44 l/s	56,44 l/s

5.1.4 Stationäre Modelleichung, Referenzsituation Oktober 2000

Als Referenzsituation für die Eichung des stationären Modells wurde die Stichtagsmessung vom 18.-20. Oktober 2000 mit etwa einer Mittelwassersituation gewählt, welche seinerzeit Grundlage der HGE bildete und eine große Messwertanzahl im Untersuchungsgebiet bereitstellt.

Die für die Eichung des Modells berücksichtigten Eingangsdaten zu den hydrologischen Rahmenbedingungen umfassten, wie im vorigen Abschnitt erläutert, im Einzelnen:

- Wasserstände in der Enz aus der Stichtagsmessung und geeignete Interpolationen zwischen den Messpunkten
- Grundwasserneubildung aus Niederschlagszusickerung
- Berücksichtigung geeigneter Modellrandbedingungen
- Entnahmeraten in den Trinkwasserbrunnen

Das Ergebnis der stationären Eichung zeigen die Anlagen 8.4, ausgewertet wurden:

- Isolinien des berechneten Grundwasserstandes

ARCADIS

- der direkte Vergleich der an den Messstellen berechneten Grundwasserstände mit den Messwerten
- die Austauschraten zwischen den Grundwasserleitern und der Enz
- die Grundwasserbilanz für einzelne Teilbereiche.

In den Anlagen 8.4.1 sind Detaildarstellungen zum quartären Porengrundwasserleiter, in den Anlagen 8.4.2 zum Buntsandsteinaquifer aufgeführt.

Die Isoliniendarstellung (Anlage 8.4.2/Blatt 1) zeigt die Hauptcharakteristiken der Grundwasserströmung, wie sie im Hydrogeologischen Standortmodell (Kapitel 4.3) erarbeitet wurden: Südlich der Enzaue ist die Grundwasserfließrichtung nach Nordwest bzw. nach Norden zur Enzaue gerichtet. Nördlich der Enzaue fließt das Grundwasser nach Norden ab.

Im Quartären Porengrundwasserleiter folgt die Strömung erwartungsgemäß der Enzaue (Anlage 8.4.1/Blatt 1), die Wechselwirkung zwischen dem Grundwasser und der Enz ist durch unterschiedliche farbliche Symbole gekennzeichnet, welche die Bereiche mit Infiltration bzw. Exfiltration hervorheben.

Die Anlagen 8.4.1/Blatt 1 sowie 8.4.2/Blatt 1 zeigen zusätzlich für die beiden Grundwasserleiter die Unterschiede zwischen den berechneten Grundwasserständen und den Messwerten an den Messstellen durch entsprechende Symbole: Negative Zahlenwerte mit blauem Symbol kennzeichnen Messpunkte, an denen die berechneten Werte über den gemessenen Werten liegt, positive Zahlenwerte mit grünem Symbol kennzeichnen Messpunkte, an denen die berechneten Werte unter den gemessenen Werten liegen. Insgesamt liegt eine sehr gute Übereinstimmung zwischen berechnetem und gemessenen Grundwasserstand vor, insbesondere innerhalb der Enzaue liegen die Abweichungen in der Regel unter einem halben Meter, lediglich an Einzelstellen am Rand der Enzaue sowie im Bereich der Wasserkraftanlage Eutingen lokal bei 1 bis 1,5 Meter.

Die höchsten Unterschiede mit 4 bzw. 5 Metern treten südlich der Enzaue am Kanzlerbach sowie an den Messstellen am Fürstkopf auf. Der hydraulische Gradient der Grundwasserströmung im Buntsandsteinaquifer südlich der Enzaue beträgt zwischen 0,04 und 0,2.

ARCADIS

Daraus ergibt sich, dass sich der Grundwasserstand von einem Diskretisierungselement zu seinem Nachbarelement im 50-m-Raster um 2 bis 10 Metern ändern kann; Unterschiede von wenigen Metern zwischen berechnetem und beobachtetem Grundwasserstand liegen somit unterhalb der Auflösungsschärfe des Modells und sind daher im Betrachtungsmaßstab vernachlässigbar. Die Gesamtcharakteristik der Strömung wird dennoch richtig nachvollzogen.

Auf Blatt 2 der Anlage 8.4.1 bzw. der Anlage 8.4.2 sind die Abweichungen zwischen berechneten und beobachteten Grundwasserständen in einem Diagramm gegenübergestellt. Innerhalb der Enzaue liegt eine gute, nahe der A8 eine sehr gute Übereinstimmung der berechneten mit den gemessenen Grundwasserständen vor.

Blatt 3 der Anlagen 8.4.1 und 8.4.2 zeigen den Vergleich der berechneten mit den gemessenen Grundwasserständen im Nahbereich der geplanten Baumaßnahme:

Die Abweichungen im Quartären Porengrundwasserleiter betragen unter 25 Zentimeter. Für das Gebiet östlich der Autobahn lagen für den Oktober 2000 keine Messwerte vor.

Die Abweichungen im Buntsandsteinaquifer betragen meist unter 40 Zentimeter, lediglich am Rand der Enzaue sowie in den Trinkwasserbrunnen treten größere Abweichungen auf.

Die Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Grundwasserständen kann im Nahbereich der geplanten Baumaßnahme als sehr gut bezeichnet werden.

Das numerische Modell ermöglicht die Aufstellung folgender Grundwasserbilanz im Modellgebiet:

Tabelle 6: Modellseitig ermittelte Grundwasserbilanz, Situation Oktober 2000

		Zustrom [l/s]	Abstrom [l/s]
Quartär	Zu/Abstrom im Quartär	2	1
	Niederschlagszusickerung	26	
	Randliche Zustromraten	18	
	Austausch mit der Enz	45	26
	Austausch mit dem Buntsandsteinaquifer	25	77
	Entnahmeraten		12
	Summe	116	116
		Bilanzfehler < 0,1 %	
Buntsandstein	Zu/Abstrom im Buntsandsteinaquifer	257	209
	Niederschlagszusickerung	55	
	Austausch mit dem Quartär	77	25
	Austausch mit der Enz	34	70
	Entnahmeraten		87
	Austritt in die Bäche, Südmodell		7
	Austritt in den Kirnbach		25
	Summe	423	423
		Bilanzfehler < 0,1 %	

ARCADIS

Im Modellgebiet beträgt der Gesamtumsatz im Grundwasserstrom des Buntsandsteinaquifers für die berechnete Situation des Oktober 2000 rd. 420 l/s. Der Hauptanteil, nämlich 61 %, entstammt dem Zustrom im Süden, etwa 13 % der Niederschlagszusickerung und 26 % dem quartären Porengrundwasserleiter und der Enz.

Abzüglich der Brunnenentnahmen in der Enzaue (87 l/s), dem Austritt von Grundwasser in die Bäche (32 l/s) und dem Austritt in den quartären Porengrundwasserleiter sowie in die Enz (Summe 95 l/s) verbleibt ein Abstrom aus dem Modellgebiet von 209 l/s nach Norden.

Im quartären Grundwasserleiter beträgt der Gesamtumsatz rd. 116 l/s. Davon treten 77 l/s, also über 65 % in den Buntsandsteinaquifer, aus dem die Grundwasser-Hauptentnahmen getätigt werden.

Austritt in die Enz findet unterhalb der Stauregelungen statt. Auf dem überwiegenden Teil des Gewässerverlaufs, insbesondere im Bereich der A8, tritt Enzwasser in das Grundwasser aus.

5.1.5 Verifikation, Situation Oktober 2004

Die Stichtagsmessung im Oktober 2004 zeichnet sich im Vergleich zur Situation im Oktober 2000 im Enzaubereich nahe der A8 durch niedrigere Wasserstände bei deutlich höheren Entnahmeraten aus.

Die Anlagen 8.5 zeigen die Ergebnisse der mit dem Modell berechneten Grundwasserströmung. In Anlage 8.5.1 ist die berechnete Strömung für den quartären Grundwasserleiter, in den Anlagen 8.5.2 und 8.5.3 die berechneten Bilanzkomponenten dargestellt.

Im Quartären Porengrundwasserleiter (Anlagen 8.5.1) liegen die Abweichungen zwischen berechnetem und gemessenem Grundwasserstand unter 25 Zentimetern.

Die Grundwasserströme im Nahbereich der A8-Enztalquerung werden im Folgenden beschrieben (Anlage 8.5.2, Anlage 8.5.3):

Der Grundwasserzustrom im quartären Porengrundwasserleiter oberhalb der A8 beträgt rd. 2 l/s. In dem in der Anlage abgegrenzten Bilanzraum ca. 700 m oberhalb der A8 erfährt der Grundwasserleiter Zustromkomponenten durch Enzwasserinfiltration (ca. 5,5 l/s) und Grundwasserneubildung aus Niederschlagszusickerung (ca. 2,2 l/s). Der Zustrom aus dem nördlichen Muschelkalk-Gebirge ist mit 0,3 l/s berücksichtigt. Die rechnerische Summe der Zuströme von 8 l/s entspricht dem vertikalen Austausch mit dem Buntsandsteinaquifer, in den rd. 8 l/s abfließen. Somit beträgt auch die Grundwasserdurchflussrate im Quartär in das Gebiet westlich der A8-Enztalquerung rd. 2 l/s.

Unterhalb (westlich) der A8 strömen dem quartären Porengrundwasserleiter etwa 18 l/s aus der Enz zu. Die Grundwasserneubildung aus Niederschlagszusickerung beträgt etwa 4,2 l/s. Zusätzlich des mit 0,5 l/s angesetzten Zustromes aus dem nördlichen Muschelkalkaquifer fließen dem Quartären Porengrundwasserleiter in der Summe also 22,7 l/s zu, von denen 19 l/s in den Buntsandsteinaquifer versickern. Jenseits der Staustufe an der ehemaligen Papierfabrik Niefern fließen somit etwa 5,7 l/s im Grundwasser der quartären Schichten ab. Diese treten zum Großteil unterhalb der Stauregelung in die Enz aus.

In Anlage 8.5.2 eingetragen sind die mit dem Modell ermittelten Austauschraten zwischen der Enz und dem Grundwasser: Grüne Bereiche kennzeichnen Abschnitte, in denen Grundwasser in die Enz tritt (Exfiltrationsverhältnisse). Blaue Bereiche kennzeichnen Abschnitte, für die eine Infiltration von Enzwasser in das Grundwasser berechnet wird. Die Unterscheidung eines hellblauen und eines dunkelblauen Bereiches bezieht sich die freie Gefällstrecke bzw. den Staubeereich der Enz.

Westlich wie östlich der A8 wird nahezu das gesamte Wasser, das dem Quartär aus der Enz oder durch Niederschlagszusickerung zuströmt an den Buntsandsteinaquifer weitergegeben, aus dem die Trinkwasserbrunnen Grundwasser fördern. Dabei stehen der Versickerung aus dem quartären Porengrundwasserleiter in den Buntsandsteinaquifer von 19 l/s östlich der A8 Entnahmeraten aus dem Buntsandsteinaquifer von rd. 53 l/s entgegen. Dieses Verhältnis steht in gutem Einklang mit den Ergebnissen der isotopenhydrologischen Untersuchungen (vgl. Kap. 4.3.5.3).

Im Buntsandsteinaquifer (Anlage 8.5.3) beträgt der Grundwasserzustrom auf die Enzaue rd. 142 l/s aus dem südlichen Bereich der A8. 126 l/s davon fließen aus dem A8-Abschnitt bis etwa in Höhe der Raststätte in den durch Trinkwasserbrunnen genutzten Bereich.

5.1.6 Auswertung der Markierungsversuche mit dem Modell

Die Markierungsversuche an der Kanzlerklinge, der kombinierte Markierungs-/Pumpversuch am Fürstkopf sowie die Tracereingabe am Kirnbachtal wurden zur weiteren Überprüfung des Modells herangezogen.

Auf der Grundlage der berechneten Grundwasserströmung für die Situation Oktober 2000 wurden die Markierungsversuche nach dem Verfahren des „particle-tracking“ nachberechnet. Dabei wird am Eintragsort der Farbstoffeingabe im Modell ein Partikelchen gesetzt und sowohl der mit dem Modell berechnete Fließweg wie auch die berechnete Fließzeit mit den Vorortbeobachtungen überprüft.

Die Berechnungen konnten sowohl die Fließwege wie auch die beobachteten Fließzeiten sehr gut nachbilden. Die Modellberechnung liefert folgende Ergebnisse bei der Nachbildung der Markierungsversuchsbeobachtungen (Anlage 8.6):

- Markierungsversuch mit Farbstoffeingabe an Punkt 1 am Kanzlersträßchen: Ankunft des Stoffes innerhalb eines Tages im nahe gelegenen Brunnen B6 (Beobachtung: 7 Stunden).
- Markierungsversuch mit Farbstoffeingabe an Punkt 2 an der Kanzlerklinge: Ankunft des Stoffes innerhalb weniger Stunden im Kanzlerbach (Beobachtung: „nach kurzer Zeit“)
- Markierungsversuch mit Farbstoffeingabe an Punkt 3 in der Mäurach, bei dem der Farbstoff nach gewisser Fließstrecke aus der Mäurach in den Untergrund versickert, führt bei einer Versickerung an den angegebenen Startpunkten der rot gezeichneten Linien zu einem Abstrom mit folgenden Richtungskomponenten:
 - Nach Nordnordost zu Brunnen 1w (Gewinnungsanlage Lindenbusch), innerhalb rd. 20 Tagen (Beobachtung: 19 Tage)
 - In den Brunnen Tbr.30 (Fürstkopf), innerhalb rd. 10 Tage (Beobachtung: Ersteinsatz 10,4 Tage; Durchgangmaximum nach 12,6 Tagen)

- Nach Nordwest in die Enzaue, innerhalb rd. 5 Tage und ins Unterwasser der Staustufe in die Enz innerhalb rd. 10 Tage (Beobachtung: Ersteinsatz nach 16 Tagen in Messstelle P24, innerhalb der Enzaue nahe Br12 der Gewinnungsanlage Friedrichsberg).

Alleine das letztgenannte Ergebnis weicht geringfügig von den Markierungsversuchsbeobachtungen ab. Bei der Bewertung der Ergebnisse zur Abstromkomponente zur Enzaue ist zu berücksichtigen, dass zur Zeit des Markierungsversuches andere Entnahmeregime – sicherlich höhere Entnahmeraten - in den Trinkwasserbrunnen Friedrichsberg gegolten haben, als sie im Modell in Anlehnung an die Situation Oktober 2000 berücksichtigt sind. Darüber hinaus macht sich hier die relativ komplexe Situation der Grundwasserströmung im Oberwasser der Staustufe bemerkbar. Insbesondere das Regime der Enz konnte zur Zeit der Versuchsdurchführung von der Situation Oktober 2000 abgewichen haben, so dass dem Modell für diesen Teilbereich von vorneherein Grenzen auferlegt sind.

- Markierungsversuch mit Farbstoffeingabe an Punkt 4 westlich des Kirnbachs: Der Stoff tritt unterhalb des Trinkwasserbrunnens Kirnbachtal in den Kirnbach aus (entspricht Beobachtung).

Es ist also festzuhalten, dass die berechnete Abstromcharakteristik zur Enzaue hin sowohl bei der Richtung wie auch bei den ermittelten Fließzeiten widerspruchsfrei mit den Beobachtungen in Einklang gebracht werden können.

Aus der Modellauswertung der Markierungsversuche konnten wesentliche Erkenntnisse zum durchflusswirksamen Speicherkoeffizienten der Grundwasserleiter abgeleitet werden. Dieser wurde im Modell für den ungestörten Festgesteinsaquifer des Buntsandsteins auf 5×10^{-4} ermittelt.

Auf der Grundlage der Markierungsversuchsergebnisse wurde entlang tektonischer Störungszonen im Buntsandstein ein Wert von $1,5 \times 10^{-3}$ für den durchflusswirksamen Speicherkoeffizienten berücksichtigt. Im Quartären Grundwasserleiter beträgt der durchflusswirksame Speicherkoeffizient im allgemeinen 0,15-0,25. Im Modell wurde zur Sicherheit ein kleiner Wert von 0,15 ($1,5 \times 10^{-1}$) festgelegt, durch den die berechnete Fließgeschwindigkeit eher überschätzt wird.

5.1.7 Zusammenfassung der Ergebnisse aus Modelleichung und Verifikation

Aufbau und Berechnungsergebnisse des stationären Modells sind in den Anlagen 8 dargestellt und dokumentiert. Das stationäre Modell wurde anhand der Stichtagsmessung vom Oktober 2000 geeicht, eine Verifikation des Modells wurde auf der Grundlage der Stichtagsmessung vom Oktober 2004 speziell für den Enzaubenbereich nahe der A8 durchgeführt.

Zur Überprüfung des Modells auf physikalische und hydrogeologische Plausibilität und Widerspruchsfreiheit mit früheren Ergebnissen aus Untersuchungen der Grundwasserströmung sind folgende Auswertungen der Berechnungsergebnisse durchgeführt und soweit möglich mit vorliegenden Untersuchungsergebnissen überprüft worden:

- Isolinienpläne,
- gemessene Grundwasserstände,
- Austritt von Grundwasser in den Kirnbach
- Austauschvorgänge zwischen der Enz und den Grundwasserleitern,
- Fließwege und Fließzeiten im Vergleich zu den Markierungsversuchsergebnissen
- Bilanzgrößen des Grundwasserhaushaltes.

Die mit dem Modell berechnete Grundwasserströmung ist in Form von Isolinienplänen

- für den quartären Grundwasserleiter in den Anlagen 8.4.1/Blatt 1 und 3, Anlage 8.5.1/Blatt 1
- für den Buntsandsteinaquifer in den Anlagen 8.4.2/Blatt 1 und 3

dokumentiert. Zum Vergleich der Ergebnisse aus Voruntersuchungen liegen der Isolinienplan für den quartären Grundwasserleiter gemäß Anlage 7.5.1/Blatt 3 und für den Buntsandsteinaquifer gemäß Anlage 7.5.1/Blatt 4 vor.

Die in den Voruntersuchungen abgeleiteten Hauptcharakteristiken der Grundwasserströmung im quartären Grundwasserleiter sowie dem Buntsandsteinaquifer in der Enzaue wurden mit dem Modell sehr gut nachvollzogen. Eine gewisse Einschränkung der Nachvollziehbarkeit gilt für die Grundwasserströmung im östlichen Teil des Buntsandsteingebirges. Die mit dem Modell berechnete Strömungscharakteristik weicht östlich des Fürstkopfs vom Isolinienplan der HGE [U3] ab.

ARCADIS

Die Berechnungsergebnisse waren in einer früheren Modelluntersuchung [U1, U2] jedoch bereits mit dem LGRB abgestimmt worden und wurden von den Markierungsversuchsergebnissen gestützt und bestätigt.

Mit dem Modell wurden folgende Durchlässigkeitsbeiwerte für die Grundwasserleiter ermittelt:

- für den quartären Grundwasserleiter i. d. R. 1×10^{-3} m/s, stellenweise 2×10^{-3} bzw. 1×10^{-4} m/s (Anlage 8.2.2)
- für den Buntsandsteinaquifer beträgt der Hauptwertebereich 4×10^{-6} bis 4×10^{-4} m/s (Anlage 8.2.4).

Der gemessene Grundwasserstand wird mit nur relativ geringen Abweichungen nachgebildet.

Die entsprechenden Auswertungen finden sich

- für den quartären Grundwasserleiter in den Anlagen 8.4.1 und 8.5.1
- für den Buntsandsteinaquifer in den Anlagen 8.4.2

Innerhalb der Enzaue wird das beobachtete Grundwasserstandsniveau sehr gut nachgebildet, lokale Ausnahmen betreffen Messungen unmittelbar an Grundwasserentnahmen oder im südlichen Gebirgsbereich. Dies ist auf Grenzen der Nachbildbarkeit infolge der Diskretisierung des Modellrasters bei den auftretenden Grundwassergefälleverhältnissen zurückzuführen und im Rahmen dieser Bearbeitung akzeptabel.

Die Modellergebnisse wurden auch mit Blick auf die Austauschvorgänge zwischen dem Grundwasser und dem Kirnbach ausgewertet und bewertet: In der für den Oktober 2000 berechneten Situation beträgt der Grundwasseraustritt in den Kirnbach rd. 25 l/s. Dieser Wert steht in Einklang mit der Größenordnung des im März 2004 beobachteten Abflussregimes des Kirnbachs.

Den Austauschvorgängen zwischen der Enz und dem Grundwasserleiter galt den Modelluntersuchungen ein besonderes Augenmerk. In den Anlagen 8.5.2 zur Darstellung der Berechnungsergebnisse für den Oktober 2004 sind Bereiche mit Exfiltration (Austritt von Grundwasser in die Enz) und Infiltration (Austritt von Enzwasser in das Grundwasser) jeweils farblich hervorgehoben. Die aus den Berechnungen ermittelten Abschnitte mit wechselnden Austauschrichtungen zwischen der Enz und dem Grundwasser sowie die Größenordnung der Austauschraten werden durch die Voruntersuchungen und Auswertungen sowohl zur Stichtagsmessung wie zu den Isotopenuntersuchungen (vgl. Anlagen 7.5.3) bestätigt.

Die in den Markierungsversuchen (Anlagen 7.5.4) beobachteten Fließwege und Fließzeiten finden sich in dem Modell wieder (vgl. Anlage 8.6). Es leiten sich nutzbare Speicherkoeffizienten von im Mittel 5×10^{-4} für den Buntsandsteinaquifer ab.

Die Bilanz des Grundwasserhaushaltes und die Überprüfung von Teilbilanzen aus dem Modell zeigen plausible Größenordnungen, wie sie in den Voruntersuchungen ermittelt worden sind. Die Plausibilisierung der ermittelten Zustromraten aus dem Buntsandsteinaquifer in die Enzaue beinhaltet dabei beispielsweise auch den Abgleich mit den Entnahmeraten der Trinkwassergewinnungsanlagen und sonstigen Aufzeichnungen zur Grundwasserströmung aus vergangenen Jahren.

Bei der Auswertung der Teilbilanzraten ist der Austausch des Grundwassers mit der Enz sowie die Versickerung von Grundwasser in den durch die Enztaubrunnen genutzten Buntsandsteinaquifer hervorzuheben:

Für die berechnete Grundwasserströmung im Oktober 2004 lässt sich die Grundwasserdurchflussrate im quartären Porengrundwasserleiter auf 2 bis 6 l/s beziffern (Anlage 8.5.2). Die Hauptzustromkomponente in das Grundwasser ist die Versickerung von Enzwasser, daneben erfährt der Grundwasserleiter einen Zustrom durch Neubildung aus Niederschlag. Die Enzwasseranteile im Grundwasser betragen im enznahen Bereich deutlich über 50%.

Die Zutrittsrate aus der Enz entspricht dem Betrag nach der Versickerungsrate in den durch Trinkwasserbrunnen genutzten Buntsandsteinaquifer (Anlage 8.5.3).

ARCADIS

Der Grundwasserzustrom im Buntsandsteinaquifer aus dem Bereich östlich der A8 auf die Enzaue beträgt rd. 142 l/s (Anlage 8.5.3). In der Enzaue versickern etwa 19 l/s aus dem quartären Porengrundwasserleiter bzw. der Enz in den Buntsandsteinaquifer (Anlage 8.5.2). Von diesen insgesamt etwa 161 l/s werden derzeit 53 l/s, also ein Drittel, durch Trinkwasserbrunnen genutzt. Der Rest einschließlich Niederschlagsneubildung und Zustromraten aus dem Quartär bzw. der Enz zwischen Niefern und Enzberg strömt nach Norden ab (Summe etwa 158 l/s, siehe Anlage 8.5.3). Dieser nordöstliche Modellbereich zeichnet sich dadurch aus, dass der Buntsandsteinaquifer unter den Muschelkalkaquifer abtaucht und eine Häufung von tektonischen Störungszonen auftritt [U3].

Die Überprüfung der Modellergebnisse mit den vorliegenden Erkenntnissen zur hydrogeologischen, geohydraulischen sowie grundwasserhydraulischen Situation ist anhand der dargelegten Kriterienliste durchgeführt worden. Das Modell zeigt Widerspruchsfreiheit zu den bisher vorliegenden Erkenntnissen.

In den für die vorliegende Untersuchung maßgeblichen Teilbereichen der geplanten Baumaßnahme vollzieht das Modell die Vorortuntersuchungen in allen relevanten Belangen nach.

Sollte das Modell für lokale Fragestellungen in Bereichen, für die keine Messwerte vorlagen, oder im Bereich links der Enz oberhalb der Staustufe Eutingen, wo intensive Brauchwasserentnahmen stattfanden, eingesetzt werden, wird an dieser Stelle auf vorhandene Unschärfen für diese Teilbereiche hingewiesen.

Die Tauglichkeit des Modells für seinen Einsatz für Szenarienberechnungen im Sinne der Aufgabenstellung ist gegeben.

5.2 Auswirkungen der geplanten Baumaßnahme auf die Wasserqualität in den Trinkwasserbrunnen sowie Abwehrmaßnahmen zur Minimierung einer möglichen Gefährdung (Szenarienuntersuchungen)

Mit Hilfe des numerischen Grundwassermodells war nach der Modelleichung und Verifizierung eine zuverlässige Vorhersage einer möglichen Gefährdung der Trinkwassergewinnungsanlagen der Stadtwerke Pforzheim (Lindenbusch) und Niefern-Öschelbronn in der Bauphase bzw. bei Eintritt des Restrisikos möglich. Darauf aufbauend wurden Abwehrpläne erstellt, die Vorschläge zur Hydraulischen Gefahrenabwehr entlang der gesamten Ausbautrasse einschließlich der Anschlussstelle Pforzheim Ost und für den Bereich der Regenklärbecken in der Enzaue enthalten (Anlage 9.2.3).

Zusätzlich zu den o. g. hydraulischen Szenarienberechnungen wurden die Szenarien potentieller Eintrag auf der „Muschelkalk-Hochfläche“, „Streusalz“ und „Hydraulischer Einfluss der Brückenwiderlager“ untersucht.

5.2.1 Herleitung und Beschreibung der einzelnen Untersuchungsszenarien

Zum Nachweis einer möglichen Gefährdung sowie zur Konzeption der hydraulischen Abwehrmaßnahmen wurden folgende Szenarien untersucht:

- I. Grundszenario (1 Stück)**
- II. Gefahrenszenarien (14 Stück)**
- III. Abwehrszenarien (12 Stück)**

Die einzelnen Szenarien sind in den Anlagen 9.1 tabellarisch aufgelistet.

5.2.1.1 Grundszenario

Die bisherigen Untersuchungen haben ergeben, dass die Grundwasserströmung und somit ein möglicher Schadstofftransport beim vorliegenden geologischen Untergundaufbau geringen saisonalen Schwankungen [U1], [U2] unterworfen ist. Diese werden verursacht durch unterschiedliche Wasserstände in der Enz und in den Grundwasserleitern des Quartärs und Buntsandsteins. Das Förderregime der einzelnen Wassergewinnungsanlagen kann dagegen weit stärker die Grundwasserhydraulik im Untersuchungsgebiet beeinflussen.

Als Basis für die Berechnung der Gefahren und Abwehrszenarien wurden folgende hydrologischen Randbedingungen als Grundszenario definiert und berücksichtigt:

Grundszenario

Enz:	Mittlerer Wasserstand (Situation Oktober 2000)
Grundwasser:	Niedrige/Mittlere Grundwasserstände (Situation Oktober 2000 (Eichzustand, berechnet)
Grundwasserneubildung:	Situation Oktober 2000 (Eichzustand)
Grundwasserförderung:	Oktober 2004

Die für das Grundszenario charakteristische Grundwasserströmung im Quartären Grundwasserleiter der Enzaue sowie im Buntsandstein sind in den Anlagen 9.2.1 Blatt1 und Blatt 2 dargestellt.

5.2.1.2 Gefahrenszenarien

Bei der Betrachtung eines potentiellen Schadstoffeintrages ins Grundwasser und damit möglicherweise in die Trinkwasserbrunnen wurden insgesamt 14 Gefahrenszenarien berücksichtigt. (Tabelle in Anlage 9.1). Davon wurden 11 Gefahrenszenarien im Grundwasserströmungsmodell nachgebildet. Zum Einsatz kam dabei das „particle-tracking-Verfahren“. Bei diesem Verfahren wird an einem potentiellen Eintragsort eines Schadstoffes im Modell ein Partikelchen gesetzt und sowohl der Fließweg (Gefährdungspfad) wie auch die Fließzeit berechnet (Anlagen 9.2.2).

Bei der Berechnung des Gefährdungspfades Grundwasser – Trinkwasser wurde davon ausgegangen, dass der Schadstoff bei einer Havarie direkt in den Grundwasserkörper gelangt und mit der Grundwasserströmung ohne Adsorptions- oder Abbauvorgänge weiter transportiert wird.

Gefahrenszenarien wurden für folgende Bereiche untersucht:

Gefährdungspfad Grundwasser – Trinkwasser (Berechnung mit „particle tracking“)

(Anlagen 9.2.2)

1. A8-Nordanstieg (Gefahrenszenarien 1.1 – 1.2)
(1.1 ohne „particle tracking-Berechnung“)
2. A8-Enztalquerung (Gefahrenszenario 2)
3. RKB + Ableitung in die Enz (Gefahrenszenario 3)
4. Anschlussstelle Pforzheim Ost (Gefahrenszenario 4)
5. A8-Südanstieg (Gefahrenszenario 5.1 – 5.7)

Gefährdungspfad A8–Streusalz – Enz – Trinkwasserbrunnen

6. Gesamter oberirdischer Abfluss der Ausbaustrecke

Gefährdung der Grundwasserhydraulik in der Enzaue

7. Einfluss der Brückenwiderlager auf die Grundwasserströmung

Beschreibung der Gefährdungspfade 1-5

Die Einteilung in einzelne Trassenbereiche von denen eine potentielle Gefährdung ausgehen kann, richtete sich nach der Trassenführung, nach der Art des Bauwerkes sowie nach den jeweiligen hydrogeologischen und grundwasserhydraulischen Gegebenheiten.

In den in Anlage 9.2.2 dargestellten Gefahrenszenarien entsprechen die schwarzen Linien dem Gefährdungspfad (Richtung der Grundwasserströmung) im Quartären Grundwasserleiter, die roten Linien den Gefährdungspfad im Buntsandsteinaquifer. Ein Farbwechsel bedeutet, dass ein Übergang des Partikeltransportes von einem Aquifer in den anderen Aquifer stattgefunden hat. Auf Grund der Strömungscharakteristik im Untersuchungsgebiet ist dies meist mit einem Übergang vom oberen quartären Grundwasser in den unteren Buntsandsteingrundwasserleiter verbunden. Da neben der Grundwasserfließrichtung die Grundwasserfließgeschwindigkeit eine wesentliche Rolle bei der Bewertung einer möglichen Gefährdung spielt, wurden die berechneten Fließzeiten von einem potentiellen Eintragsort zu einem gefährdeten Brunnen in den Darstellungen mit angegeben.

5.2.1.3 Abwehrszenarien

Auf Grundlage der Ergebnisse aus den Gefahrenszenarien wurden mögliche hydraulische Abwehrmaßnahmen zum Schutz der Trinkwasserbrunnen berechnet und in Form von Gefahrenabwehrplänen ausgewertet und dargestellt (Anlagen 9.2.3).

Es wurde berechnet, welche gefährdeten Brunnen im Schadensfall abgeschaltet werden sollten und wo Abwehrbrunnen zu installieren sind. Zusätzlich wurde untersucht, wie sich eine zusätzliche Infiltration von Trinkwasser im gefährdeten Brunnen auf die Grundwasserhydraulik auswirkt. Mit einer Infiltration kann als zusätzlicher Schutz im Brunnennahbereich eine hydraulische Barriere gegen anströmendes und möglicherweise belastetes Grundwasser aufgebaut werden. Als Infiltrationswasser wäre das geförderte Grundwasser (Rohwasser) aus den benachbarten Brunnen zu empfehlen, da dieses eine ähnliche Zusammensetzung besitzt und die vorhandenen Leitungssysteme voraussichtlich genutzt werden können.

Insgesamt wurden 12 Abwehrszenarien berechnet und als Gefahrenabwehrpläne in den Anlagen 9.2.3 Blätter 1 – 12 dargestellt.

Die Gefahrenabwehrpläne enthalten Angaben über

- die möglichen Stofftransportwege im quartären Grundwasserleiter und im Buntsandsteinaquifer im Abwehrfall, dargestellt als Partikelspuren, die der Grundwasserströmung folgen (particle-tracking-Verfahren)
- Empfehlungen zum Betrieb von Trinkwasserbrunnen bei Eintritt eines potentiellen Schadenfalls
- Empfehlungen zur Lage von Abwehrbrunnen bei Eintritt eines potentiellen Schadenfalls

5.2.2 Ergebnisse der Szenarienberechnungen

Im Folgenden werden die möglichen Gefahren (Gefahrenszenarien) und die zugehörigen Abwehrmaßnahmen (Abwehrszenarien) Abschnitts- bzw. Bauwerks-bezogen erläutert:

A8-Nördlicher Trassenabschnitt

Gefahrenszenarien 1, keine Abwehrszenarien

Im nördlichen Gebiet erfolgt der Grundwasserabstrom über die Schichten des Oberen/Mittleren Muschelkalks Richtung Osten, es liegt damit keine Gefährdung der Trinkwasserbrunnen im Enztal vor. Je nach Lage eines Havariefalles sind Schadstoffaustritte in den Igelsbachquellen möglich und können dort gefasst werden.

Südlich der Igelsbachquellen (A8-Unterführung Enzberg nach Eutingen) findet ein Grundwasserabstrom über das Hangquartär und über die stauenden Schichten des Unteren Muschelkalkes in die Enzaue statt. Dort versickert das Wasser in den Buntsandstein und fließt ohne Gefährdung der Trinkwasserbrunnen in der Enzaue Richtung Norden ab (Anlage 9.2.2./Blatt1). Abwehrmaßnahmen sind nicht vorgesehen.

A8-Enztalquerung

Gefahrenszenario 2, Abwehrszenario 2

Der Grundwasserabstrom zeigt für den Bereich nördlich der Enz in Richtung Norden und stellt damit keine Gefährdung der Trinkwasserbrunnen dar.

ARCADIS

Der Abstrom des südlichen Bereiches der A8-Enztalquerung zeigt eindeutig in Richtung des Trinkwasserbrunnens 4n der Gemeinde Niefern-Öschelbronn (Anlage 9.2.2/Blatt 2), der nach ca. ½ Jahr Fließzeit von einer Schadstofffahne erreicht werden könnte.

Zur Fassung dieser Schadstofffahne sind die Abwehrbrunnen A1 und A2 vorgesehen (Anlage 9.2.3/ Blatt 1).

Regenklärbecken und Ableitung in die Enz

Gefahrenszenario 3, Abwehrszenario 3

Die Regenklärbecken (RKB) liegen in der Enzaue. Eine Undichtigkeit bzw. ein Eintrag von Schadstoffen aus dem südlichen RKB oder dessen Ableitung hätte eine eindeutige Gefährdung des Trinkwasserbrunnens 7n zur Folge. Die Fließdauer vom potentiellen Eintragsort bis zum Brunnen liegt bei rd. 3 Monaten (Anlage 9.2.2/Blatt 3), da der Untergrund im Bereich des RKB eine relativ geringe Wasserdurchlässigkeit besitzt.

Zur Fassung des gesamten Abstroms aus dem RKB sowie dessen Ableitung müssten an 3 Stellen Abwehrbrunnen betrieben werden (A2, A3, A4) (Anlage 9.2.3/ Blatt 2).

Anschlussstelle Pforzheim Ost (AS)

Gefahrenszenario 4, Abwehrszenario 4

Die Anschlussstelle Pforzheim Ost liegt innerhalb der Enzaue. In ihrem Abstrom befinden sich die Trinkwasserbrunnen 4n und 7n. Diese werden in wenigen Tagen von der Schadstofffahne erreicht (Anlage 9.2.2/Blatt4). Die hohe Fließgeschwindigkeit ist damit zu erklären, dass auf Grund lokal geringmächtiger oder fehlender Quartärvorkommen Schadstoffe direkt in den Buntsandsteinaquifer gelangen können und dort mit sehr hohen, für den Buntsandstein typischen Fließgeschwindigkeiten weitertransportiert werden.

Eine Schadstofffahne, die sich von der AS ausbreitet, kann über 3 Abwehrbrunnen (A1, A3, A4) gefasst werden (Anlage 9.2.3/Blatt3).

A8-südlicher Trassenabschnitt

Gefahrenszenarien 5.ff, Abwehrszenarien 5.ff

Die südlichen Trassenabschnitte liegen alle im Zustrom der Trinkwassergewinnungsanlagen der Stadtwerke Pforzheim (Brunnen 2ö, 3ö, 4ö) und Niefern Öschelbronn (Brunnen 4n, 7n, IV).

Bereich I (Gefahrenszenario 5.1, Abwehrszenario 5.1)

Gefährdet sind der Brunnen 7n und nicht auszuschließen der Brunnen 4n. Die lange Fließdauer vom potentiellen Eintragsort bis zu den Brunnen von ca. 5 Monaten ist auf die lange Fließstrecke im Quartär zurückzuführen (Anlage 9.2.2/Blatt 6)

Zur Gefahrenabwehr sind die Abschaltung des Brunnens 7n und der Betrieb von 2 Abwehrbrunnen A3 und A4 im Modell vorgesehen (Anlage 9.2.3/Blatt 4).

Bereich II (Gefahrenszenario 5.2, Abwehrszenario 5.2.1 u. 5.2.2)

Hauptsächlich gefährdet ist der Brunnen 2ö und nicht auszuschließen die Brunnen 3ö und 7n. Die sehr kurze Fließdauer vom potentiellen Eintragsort bis zu den Brunnen von nur wenigen Tagen ist darauf zurückzuführen, dass der Transport fast ausschließlich im Buntsandsteinaquifer stattfindet, der hier durch tektonische Verwerfungen eine sehr gute West-Ost gerichtete Wasserwegsamkeit besitzt. (Anlage 9.2.2/Blatt 7).

Als Abwehrmaßnahmen sind die Abschaltung des gefährdeten Brunnens mit einer anschließenden geringen Schutzinfiltration (Anlage 9.2.3/Blatt 5) sowie der Betrieb von 2 Abwehrbrunnen AII/1 und AII/2 (Anlage 9.2.3/Blatt 6) vorgesehen.

Bereich III (Gefahrenszenario 5.3, Abwehrszenario 5.3.1 u. 5.3.2)

Hauptsächlich gefährdet sind die Brunnen 3ö und 4ö und nicht auszuschließen der Brunnen 2ö. Die sehr kurze Fließdauer vom potentiellen Eintragsort bis zu den Brunnen von nur wenigen Tagen ist darauf zurückzuführen, dass der Transport ausschließlich im Buntsandsteinaquifer stattfindet, der hier durch tektonische Verwerfungen eine sehr gute West-Ost gerichtete Wasserwegsamkeit besitzt. (Anlage 9.2.2/Blatt 8).

Als Abwehrmaßnahmen sind die Abschaltung des gefährdeten Brunnens mit einer anschließenden geringen Schutzinfiltration (Anlage 9.2.3/Blatt 7) sowie der Betrieb von 2 Abwehrbrunnen AIII/1 und AIII/2 (Anlage 9.2.3/Blatt 8) vorgesehen.

Bereich IV (Gefahrenszenario 5.4, Abwehrszenario 5.4.1 u. 5.4.2)

Hauptsächlich gefährdet ist der Brunnen 4ö und nicht auszuschließen der Brunnen 3ö. Die kurze Fließdauer vom potentiellen Eintragsort bis zu den Brunnen von 1-2 Wochen entspricht den üblichen hydraulischen Verhältnissen im Buntsandsteinaquifer. (Anlage 9.2.2/Blatt 9).

Als Abwehrmaßnahmen sind die Abschaltung der gefährdeten Brunnen mit einer anschließenden geringen Schutzinfiltration (Anlage 9.2.3/Blatt 9) sowie der Betrieb von 2 Abwehrbrunnen AIV/1 und AIV/2 (Anlage 9.2.3/Blatt 10) vorgesehen.

Bereich V (Gefahrenszenario 5.5, Abwehrszenario 5.5)

Gefährdet ist primär der Brunnen IV. Die Fließdauer vom potentiellen Eintragsort bis zum Brunnen IV liegt aufgrund der langen Fließstrecke außerhalb der Störungzonen im Bereich von 1 Monat. (Anlage 9.2.2/Blatt 10).

Als Abwehrmaßnahmen ist die Abschaltung des gefährdeten Brunnens vorgesehen (Anlage 9.2.3/Blatt 11). Der Bau von Abwehrbrunnen kann zum heutigen Zeitpunkt nicht empfohlen werden, da die tatsächliche Fließstrecke von der berechneten Fließstrecke speziell im Übergangsbereich zu den vorhandenen tektonisch gestörten Zonen (Störungzonen) im Kluffundwasserleiter abweichen kann.

Bereich VI

Für diesen Bereich wurde kein gesondertes Gefahrenszenario ausgewiesen. Aus der Darstellung für alle untersuchten Bereiche in Anlage 9.2.2/Blatt 5 ist anzunehmen, dass aus dem Trassenbereich VI (südlichster Teil der A8-Trasse) vermutlich keine Gefährdung der Trinkwasserbrunnen in der Enzaue ausgeht. Das Grundwasser aus diesem Gebiet strömt Richtung Norden im Buntsandstein ab. Ein Teil infiltriert unterhalb der Staustufe Niefern in die Enz.

Abwehrmaßnahmen (Abwehrszenario) sind nicht notwendig.

Tank- und Rastanlage

(Gefahrenszenario 5.6, Abwehrszenario 5.6)

Gefährdet ist primär der Brunnen IV. Die Fließdauer vom potentiellen Eintragsort bis zum Brunnen IV liegt aufgrund der langen Fließstrecke außerhalb der tektonischen Störungszonen im Bereich von 1 Monat. (Anlage 9.2.2/Blatt 10).

Als Abwehrmaßnahmen ist die Abschaltung des gefährdeten Brunnens vorgesehen (Anlage 9.2.3/Blatt 11). Der zusätzliche Bau von Abwehrbrunnen kann zum heutigen Zeitpunkt nicht empfohlen werden, da die tatsächliche Fließstrecke von der berechneten Fließstrecke speziell im Übergangsbereich zu den vorhandenen tektonisch gestörten Zonen (Störungszonen) im Kluftgrundwasserleiter abweichen kann.

Alle Abwehrszenarien

Alle Abwehrmaßnahmen sollten vor dem Baubeginn installiert und einsatzbereit sein. Die Erprobbarkeit der Abwehrbrunnen ist anhand von Pumpversuchen zu prüfen.

Die Reinigung von verunreinigtem Wasser aus den Sanierungsbrunnen kann zu Beginn einer Abwehrmaßnahmen nur über mobile Aufbereitungsanlagen erfolgen, da die mögliche Schadensarten sowie die freigesetzten Stoffe nicht bekannt sind.

5.2.3 Eintrag von Salzfrachten in die Enz und das Grundwasser

Zur Abschätzung von der A8 ausgehender Salzfrachten wurden Untersuchungsergebnisse des Zentrums für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg, UMEG und der European Environmental Monitoring Balancing and Prognose Community EU-EMS an der Autobahn A5, Intensivmessstelle Bruchsal herangezogen. Die Ergebnisse der Salzuntersuchungen sind im Internet veröffentlicht [U10] und in Anlage 9.3. dargestellt.

Zwischen den Jahren 1992 und 2003 wurden auf der BAB A5 bei Bruchsal im 10-Jahresmittel pro Kilometer 8,2 Tonnen NaCl-Salz und 0,4 Tonnen CaCl-Salz gestreut. Die NaCl-Jahresmengen schwanken zwischen 2,1 t/km im Winter 1997/98 und 14,6 t/km im Winter 1995/96. Nach [U10] ist die Streusalzmenge auf der A8 zwischen Karlsruhe und Pforzheim Klima bedingt um ca. 30% höher. Die klimatisch ungünstigere Lage der geplanten Ausbaustrecke wurde mit zusätzlichen 10% höheren Streusalzraten berücksichtigt:

Streusalzmenge A8 (Enztalquerung) = Streusalzmenge A5-Bruchsal + 40%.

Tabelle 7: Spezifische NaCl - Salzfrachten und Gesamtfrachten

<u>Spezifische Salzfrachten</u>			
Beobachtungszeitraum	1992-2003		
	A5 bei Bruchsal	A8 (+40%)	
Minimum	2,1	2,9	t/km/a
Maximum	14,6	20,4	t/km/a
Mittelwert	8,2	11,5	t/km/a

<u>Gesamtfracht A8-Enztalquerung</u>		
Länge A8-Abschnitt	4,8	km
Minimum	14	Tonnen
Maximum	97	Tonnen
Mittelwert	55	Tonnen

Auf die Bilanzierung des CaCl-Salzes wird verzichtet, da dies meist weit weniger als 10 % der Streumenge ausmacht und damit im Bereich der Unsicherheiten bei der Übertragung der A5-Situation [U19] auf die zukünftige A8-Situation liegt.

Bei der Berechnung der NaCl-Salzfracht wird davon ausgegangen, dass die gesamte NaCl-Streusalzmenge innerhalb von 3 Wintermonaten (Dezember, Januar und Februar) mit dem gesammelten Oberflächenwasser in die Enz eingeleitet wird.

In der folgenden Tabelle sind die Salzkonzentrationen nach [U11] sowie die aus den Abflussraten berechneten Salzfrachten in der Enz aufgelistet.

Tabelle 8: NaCl-Salzkonzentrationen und Salzfrachten in der Enz

<u>Salzkonzentrationen in der Enz</u> (Dez., Jan., Feb.)				
Beobachtungszeitraum	1999-2001			
	Cl-	Na+	NaCl	
Minimum	22,3	14,5	36,8	mg/l
Maximum	75,1	48,8	123,9	mg/l
Mittelwert	44	28,6	72,6	mg/l

<u>Salzfracht in der Enz</u> (Dez., Jan., Feb.)			
Enzabflussrate	37,1 m³/s (Mittel Dez.-Jan. 1998-2001)		22 m³/s (Jahresmittel 1998-2001)
Minimum	10.615	Tonnen NaCl	6.295 Tonnen NaCl
Maximum	35.748	Tonnen NaCl	21.198 Tonnen NaCl
Mittelwert	20.944	Tonnen NaCl	12.420 Tonnen NaCl

Die Enz-Abflussraten wurden aus den Messwerten der Jahre 1998 bis 2001 abgeleitet (Anlage 7.4.1). Der Mittlere Abfluss betrug in diesem Zeitraum rd. 22 m³/s, der niedrigste Abfluss lag bei 5 m³/s. Der Mittlere Winterabfluss von Dez. bis Jan. betrug 37 m³/s.

5.3 Bewertung der Ausbaumaßnahme und Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr

Es ist davon auszugehen, dass durch den geplanten neuen 6-streifigen Ausbau der A8-Enztalquerung nach RiStWag ein Verkehrszustand geschaffen wird, bei dem das Restrisiko für einen Schadstoffeintrag ins Grundwasser und einer damit möglicherweise verbundenen Gefährdung der Trinkwasserbrunnen im Enztal gering ist. Dies gilt jedoch nicht für den Verkehrsbetrieb in der Bauphase selbst, in der dieser RiStWag-Schutz noch nicht vollständig ausgebaut ist und ein erhöhtes Unfallrisiko besteht.

Mit Hilfe des Hydrogeologischen und Mathematischen Grundwassermodells wurde nachgewiesen, dass beim Versagen des RiStWag-Schutzes eine eindeutige Gefährdung des Grundwassers und damit möglicherweise auch der Trinkwasserbrunnen der Wassergewinnungsanlagen Lindenbusch und Niefern-Öschelbronn besteht.

5.3.1 Gefährdungspfad: Grundwasser - Trinkwasserbrunnen

Das Risiko (R) für die einzelnen Trinkwasserbrunnen hängt neben der Schadstoffart von folgenden zwei Faktoren ab:

- Eintrittswahrscheinlichkeit (E) eines Schadstoffeintrages in das Grundwasser.
Dieser Faktor ist eine Objekteigenschaft, die die Gefährlichkeit des jeweiligen Trassenabschnittes in Bezug auf eine mögliche Havarie beschreibt.
Bewertungsspanne: (E) = 1 bis 5
- Grundwasserfließzeit vom Eintragsort bis zum nächsten Trinkwasserbrunnen.
Dieser Faktor wird von der Grundwasserströmung bestimmt und als Gefährdungshöhe (G) bezeichnet.
Bewertungsspanne: (G) = 1 bis 3

Die Eintrittswahrscheinlichkeit (E) und Gefährdungshöhe (G) werden bei der vorliegenden Betrachtung als gleichwertig angesehen. Für das tatsächliche Risiko (R) wurde daher folgende einfache Gleichung aufgestellt:

$$\text{Risiko (R)} = \text{Eintrittswahrscheinlichkeit (E)} \times \text{Gefährdungshöhe (G)}$$

Die berechneten Risikozahlen wurden in unterschiedliche Gefährdungsklassen eingeteilt und diese den zugehörigen Fahrbahnabschnitten oder Sonderbauwerken (AS, RKB) zugeordnet. Damit ließen sich eindeutig und nachvollziehbar für die Trinkwassergewinnung gefährliche und weniger gefährliche Gebiete unterscheiden und entsprechende Prioritäten zur Gefahrenabwehr festlegen.

Die Herleitung der Gefährdungsklassen sowie deren Projektion auf die A8-Trasse sind den Anlagen 10.1 bis 10.3 zu entnehmen.

Eintrittswahrscheinlichkeit (E)

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Havarie mit Grundwasserschaden eintritt hängt von mehreren Faktoren ab. Die geringste Wahrscheinlichkeit erhielt bei der Bewertung den Faktor (E) = 1, die höchste Wahrscheinlichkeit den Faktor (E) = 5.

- Qualität des Ausbaus der Regenklärbecken sowie deren Zu- und Ableitungen.
Faktor (E) = 1
Es wird davon ausgegangen, dass die Bauwerke sicher abgedichtet werden.
- Ausbildung der Fahrbahntrasse
Faktoren (E) = 2 bis 4 im Baubetrieb
Faktoren (E) = 1 bis 3 im Routinebetrieb
Gefällestrrecken sowie Verschwenkungsbereiche im Baubetrieb werden höher eingestuft als Steigungsstrrecken. Sie werden ebenfalls höher eingestuft als die flachen Strreckenabschnitte im Enztal bzw. die letzten 500 m Ausbaustrecke Richtung Karlsruhe. Im Baubetrieb ist die Havariegefahr generell höher zu bewerten als im Routinebetrieb, zusätzlich sind die Sicherungen nach RiStWag zum Zeitpunkt der Baumaßnahmen noch nicht umfassend ausgebaut. Hier erfolgte deshalb ein genereller Aufschlag um einen Bewertungspunkt. Die Verschwenkungsbereiche wurden auf Grund der engen, kurvenreichen und damit unfallträchtigen Trassenführung alle mit dem Faktor 4 eingestuft.
- Anschlussstelle Pforzheim Ost
Faktor (E) = 5 im Baubetrieb
Faktor (E) = 4 im Routinebetrieb
Ungeachtet der Trassenausbildung wird für den Bereich von Anschlussstellen (AS) immer eine erhöhte Unfallgefahr angenommen. Während des Baubetriebes wird die Situation noch zusätzlich durch meist provisorische Strreckenführungen und Wasserableitungsmaßnahmen verschärft.

ARCADIS

- T+R-Anlage

Faktor (E) = 3 im Bau- und Routinebetrieb

In Tank- und Rastanlagen werden große Mengen Treibstoff umgesetzt. Durch Fehlfunktionen oder Leckagen können unbemerkt größere Mengen der Treibstoffe in den Untergrund und ins Grundwasser gelangen. Einen weiteren zusätzlichen Gefahrenpunkt bilden die Parkplätze bzw. die Randbereiche der T+R-Anlagen. Es besteht die Möglichkeit, dass Dritte hier Wasser gefährdende Stoffe unbemerkt entsorgen.

Gefährdungshöhe (G)

Die Gefährdungshöhe (G) für einen Brunnen wurde aus der berechneten Fließzeit des Grundwassers zwischen Eintrag und Erreichen eines Brunnens abgeleitet. Der Gefährdungsfaktor (G) ist sowohl im Baubetrieb als auch im Routinebetrieb ausschließlich vom potentiellen Eintragsort abhängig. Die möglichen Gefährdungspfade sowie die Fließzeiten sind den Anlagen 9.2.2 zu entnehmen.

- Südlicher Trassenabschnitt

Faktor (G) = 1 bis 2

Für den südlichen Bereich wurden Fließzeiten zwischen Trasse und Trinkwasserbrunnen von mehreren Wochen berechnet (Faktor G = 1), im Enztal nahen Bereich kann potentiell verunreinigtes Grundwasser einen Trinkwasserbrunnen in mehreren Tagen erreichen (Faktor G = 2) erreichen.

- Trassenbereich Enzaue

Faktor (G) = 1 bis 3

Das Regenklärbecken liegt in einem Bereich mit kleinräumig verringerten Wasserdurchlässigkeiten und Fließgeschwindigkeiten, daher die Einstufung Faktor (G) = 1.

Die Einstufung des Bereiches der Anschlussstelle Pforzheim Ost sowie der gesamten A8-Trasse in der Enzaue wird damit begründet, dass bei fehlenden oder nur geringmächtigen Quartärschichten sehr hohe Fließgeschwindigkeiten auftreten können und damit die Gefährdung als hoch einzustufen ist (Faktor G = 3). Die hohen Fließgeschwindigkeiten konnten mit dem Grundwasserströmungsmodell speziell für den Bereich der AS nachgewiesen werden.

- Nördlicher Trassenabschnitt

Faktor (G) = 1

Die Modellrechnungen haben gezeigt, dass kontaminiertes Grundwasser aus diesem Bereich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht zu den Trinkwasserbrunnen gelangen kann, da die Trinkwasserbrunnen im Oberstrom des nördlichen Trassenabschnitts liegen und das Wasser aus dem Quartär und dem Buntsandstein fördern.

Für die Igelsbachquellen 1+2 ist auf Grundlage der aktuellen Hydrogeologischen Modellvorstellung keine Gefährdung durch den Ausbau der A8 abzuleiten. Die Quellhorizonte liegen mit 275 m+NN bzw. 280 m+NN über 15 m unterhalb der Ausbautrasse (Basis Sohle).

Risiko

Entsprechend der Faktorenuordnung für die Eintrittswahrscheinlichkeit (E) und für die Gefährdungshöhe (G) wurden Risiken (R) zwischen 1 und 15 berechnet und daraus 4 Gefährdungsklassen abgeleitet.

Risiko 1-2	Gefährdungsklasse 1	(sehr gering)
Risiko 3-4	Gefährdungsklasse 2	(gering)
Risiko 5-6	Gefährdungsklasse 3	(mittel)
Risiko >6	Gefährdungsklasse 4	(hoch)

Gefährdungsklassen

Bereiche mit der höchsten Gefährdungsklasse 4 wurden für die folgenden Streckenabschnitte nachgewiesen:

- Anschlussstelle Pforzheim Ost (Baubetrieb und Routinebetrieb)
- Gefällstrecke und Verschwenkungen südlich der Enzaue (Baubetrieb)

Die niedrigste Gefährdungsklasse 1 besitzen folgende Trassenabschnitte

- Der gesamte nördliche Trassenabschnitt im Anstiegsbereich (Routinebetrieb)
- Der südliche Anstiegsbereich Richtung Stuttgart nach der T+R-Anlage.

Für die bestehenden T+R-Anlage gilt die Gefährdungsklasse 3 (mittlere Gefährdungsklasse).

Der Fahrbahnabschnitt in der Enzaue liegt in einer geringen (Routinebetrieb) bis mittleren (Baubetrieb) Gefährdungsklasse.

Die detaillierte Zuordnung der einzelnen Gefährdungsklassen zu den unterschiedlichen Trassenabschnitten und Bauwerken ist in den Plananlagen 10.2 und 10.3 dargestellt.

Mit dem Mathematischen Grundwasserströmungsmodell konnte nachgewiesen werden, dass die Gefährdung durch entsprechende hydraulische Abwehrmaßnahmen so minimiert werden kann, dass die Trinkwasserbrunnen bzw. die Wasserversorgung auch im Schadensfall nicht nachhaltig geschädigt werden.

Aus den Ergebnissen zu den Gefahrenszenarien mit Fließzeitberechnungen (Anlagen 9.2.2) geht hervor, dass der Gefährdungsgrad für die einzelnen Brunnen in Abhängigkeit von den jeweiligen Standortgegebenheiten sehr unterschiedlich sein kann. Daher wurde eine auf einzelne Streckenabschnitte bzw. Bauwerke bezogene Handlungsempfehlung für eine hydraulische Gefahrenabwehr entwickelt und in Verbindung mit den Darstellungen zu den Einzugsgebieten und Gefährdungsklassen (Anlagen 10.1 u. 10.2) in Form einer Handlungsmatrix tabellarisch zusammengestellt.

ARCADIS

Im Folgenden wird eine Matrix für die Handlungsempfehlungen im Havariefall entwickelt:

- Schritt 1 Benennung des potentiellen Eintragsortes
Die Einteilung der Streckenabschnitte und Bauwerke wurden aus den Stromliniendarstellungen der Berechnungen für die Gefahrenszenarien (Anlage 9.2.2) entnommen.
- Schritt 2 Benennung der gefährdeten Trinkwasserbrunnen
Die gefährdeten Trinkwasserbrunnen wurden über die Berechnung der Gefahrenszenarien ermittelt.
- Schritt 3 Angabe der Zuordnung Gefährdungsklassen von Trassenabschnitten/Bauwerken
Die Gefährdungsklassen wurden aus der Eintrittswahrscheinlichkeit, der Gefährdungshöhe und dem daraus berechneten Risiko ermittelt.
- Schritt 4 Handlungsempfehlung für den gefährdeten Brunnen und den Einsatz von Abwehrbrunnen
Diese Handlungsempfehlung basieren auf Brunnen spezifische Auswertungen in den berechneten Abwehrszenarien (Anlagen 9.2.3). Untersucht wurden notwendige Brunnenabschaltungen, Infiltrationsmaßnahmen und der Bau/Einsatz von Abwehrbrunnen
- Schritt 5 Bezug auf die berechneten Gefahren- und Abwehrszenarien
Die Handlungsmatrix ist immer in Verbindung mit der Karte der Gefahrenszenarien (Anlage 9.2.2), Abwehrszenarien (Anlage 9.2.3) und der Gefährdungsklassen (Anlage 10) zu sehen.

Tabelle 9: Matrix mit Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr

Eintragsort	Gefährdung von Brunnen	Gefährdungsklasse* Baubetrieb / Routinebetrieb	Handlungsempfehlung		Gefahrenszenario / Abwehrszenario Nr. / Anlage
			Abschaltung Brunnen**	Abwehrbrunnen	
<u>ENZAUE</u>					
Trasse	4n	2 / 3		A1, A2	2 9.2.3 Blatt 1
RKB	7n, (4n)	1 / 1		A2, A3, A4	3 9.2.3 Blatt 2
AS Pf. Ost	4n, 7n	4 / 4		A1, A3, A4	4 9.2.3 Blatt 3
<u>SÜDEN</u>					
Abschnitt I	7n (4n)	4	7n Infiltration	A3, A4	5.1 9.2.3 Blatt 4
Abschnitt II	2ö (7n)	4	2ö Infiltration	AII/1, AII/2	5.2.1 u. 5.2.2 9.2.3 Blatt 5+6
Abschnitt III	3ö	4	3ö Infiltration	AIII/1, AIII/2	5.3.1 u. 5.3.2 9.2.3 Blatt 7+8
Abschnitt IV	4ö	4	4ö Infiltration	AIV/1, AIV/2	5.4.1 u. 5.4.2 9.2.3 Blatt 9+10
Abschnitt V	Br.IV	4	Br.IV Infiltration	--	5.5 9.2.3 Blatt 11
Abschnitt VI	--	1	<i>Keine</i>	<i>Maßnahmen</i>	<i>vorgesehen</i>
T+R-Anlage	4ö, Br.IV		Br.IV Infiltration	AIV/2	5.6 9.2.3 Blatt 12
<u>NORDEN</u>					
Gesamte Trasse	--	1 / 2	<i>Keine</i>	<i>Maßnahmen</i>	<i>vorgesehen</i>

* Es wurde immer die für den Standort höchst mögliche Gefährdungsklasse angenommen.

** Als zusätzliche Handlungsempfehlung wird die Ausführung einer Schutzinfiltration im Brunnen-Nahbereich zum Aufbau einer hydraulischen Barriere empfohlen.

Die Nennung von Brunnen in Klammern (4n), (7n) bedeutet, dass eine Gefährdung auch dieser Brunnen nicht auszuschließen ist.

Sollte eine eindeutige Zuordnung zwischen einem Schadensbereich und Brunneneinzugsgebieten auf Grund von Überschneidungen nicht möglich sein, kann eine ausreichende Schutzwirkung möglicherweise nur durch die Einleitung der Maßnahmen für beide betroffenen Einzugsgebiete erreicht werden.

5.3.2 Gefährdungspfad: A8-Streusalz - Enz – Trinkwasserbrunnen

Zur Bewertung einer möglichen Gefährdung der Gewässerökologie durch den Eintrag von Streusalzfrachten wurde ein qualitativer und quantitativer Vergleich angestellt zwischen den NaCl-Salzfrachten in der Enz vor der Einleitung des A8-Wassers und den zusätzlichen Salzfrachten, die aus dem Streudienst auf der A8 stammen.

In den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar werden auf der A8 voraussichtlich zwischen 15 und 100 Tonnen NaCl-Salz gestreut und von Niederschlagswasser wieder ausgewaschen. Das mit NaCl angereicherte Oberflächenwasser wird entsprechend der RiStWag [V1] gefasst und über das zwischengeschaltete Regenklärbecken (RKB) in die Enz abgeleitet. Im Regenklärbecken erfolgt auf Grund der hohen Löslichkeit keine Rückhaltung des Salzes.

Bezogen auf die 3 Wintermonate der Jahre 1998 bis 2001 steht einer mittleren Streusalzfracht von rd. 55 Tonnen eine Salzfracht in der Enz von rd. 21.000 Tonnen NaCl gegenüber. Dies entspricht in etwa 0,3 % und würde die Salzkonzentration in der Enz bei einer kontinuierlichen Einleitung des A8-Oberflächenwassers im Jahresmittel von rd. 72,6 mg/l auf 72,8 mg/l erhöhen.

Eine ökologisch wirksame Aufsatzung des Grundwassers durch versickernden A8-Wasseranteil aus der Enz ist aufgrund der vernachlässigbar geringen Aufkonzentrierung nicht feststellbar.

Es ist anzumerken, dass die durchgeführten Berechnungen auf einer worst-case Annahme mit einer Streuzeit von 3 Monaten basieren. Je länger die Winterstreuperiode bei einer insgesamt gleichen Gesamtjahresstreuemenge andauert, umso niedriger ist die zusätzliche Salzbelastung in der Enz.

5.3.3 Mögliche Gefährdung durch Gründungsbauwerke im Grundwasser der Enzaue

Bauwerksgründungen im Grundwasser stellen prinzipiell eine hydraulische Barriere dar, die die Grundwasserströmung durch Grundwasser-Aufstau (Oberstrom), Grundwasser-Absenkung (Unterstrom) und Umleitung der Grundwasserströmung beeinflussen kann. Im vorliegenden Fall war mit dem Grundwasserströmungsmodell bei einer Auflösung im 10 m-Raster praktisch keine Auswirkung auf die Fließrichtung und -geschwindigkeit nachzuweisen.

6 Ergebnisse der ergänzenden Untersuchungen von 2008 (Vorzugsvariante Tunnelbauwerk)

6.1 Recherche und Bestandsaufnahme Igelsbachquelle

Die Aktenrecherchen und Zeitzeugenbefragungen sowie die Bestandsaufnahme durch die Fa. Scharpf ergaben, dass es sich bei den beiden Bauwerken im Bereich der Igelsbachquelle um eine Brunnenstube und einen Wasserspeicher handelt.

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme durch die Fa. Scharpf sind in der Anlage 4.4 dokumentiert und in Anlage 4.4.1 in einer Schemaskizze dargestellt. In Anlage 4.4.14 befindet sich die Fotodokumentation der Bestandsaufnahme.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Bestandsaufnahme zusammengefasst:

- Die Brunnenstube erfasst mit ihrem Gebäude den Quellbereich der Igelsbachquelle. In die Quelfassung strömt ausschließlich von unten Wasser zu. Hinweise auf Flächendrängen, die von der Seite her Wasser zuführen wurden nicht festgestellt.
- Zum Zeitpunkt der Bestandsaufnahme betrug die Förderrate 10 l/s (im Vergleich mit früheren Messungen eine geringe Förderrate).
- die Leitungsanschlüsse Nr. 3 im Wasserbehälter und Nr. 5 in der Brunnenstube (s. Anlage 4.4.1) stehen nachweislich in Verbindung. Zum Zeitpunkt der Bestandsaufnahme floss dem Wasserbehälter aus der Brunnenstube rd. 0,2 l/s zu (s. Feldnotiz in Anlage 4.4.2).

- Nach Durchführung der Bestandsaufnahme wurde die Leitung Nr. 3 im Wasserbehälter durch Fa. Scharpf wasserdicht verschlossen, so dass der Wasserzustrom aus der Brunnenstube zukünftig unterbunden ist.
- Aufgrund der Leitungsverläufe ist zu vermuten, dass auch die Leitungsanschlüsse Nr. 1 im Wasserbehälter und Nr. 7 in der Brunnenstube in Verbindung stehen. Eine Überprüfung war nicht möglich, da die Leitung Nr. 1 im Wasserbehälter nach rd. 3,5 m durch einen Schieber verschlossen und Leitung Nr. 7 nicht auf voller Länge befahrbar war.
- Der Leitungsanschlüsse Nr. 9 ist eine Überlaufleitung, die Wasser über eine Frostklappe in das Gerinne außerhalb der Brunnenstube einleitet.
- Der Leitungsanschlüsse Nr. 2 im Wasserbehälter ist eine Überlaufleitung, die Wasser über den Abwasserkanal in den Igelsbach einleitet.
- Die Funktionen der Leitungen Nr. 6 und Nr. 8 in der Brunnenstube konnten nicht geklärt werden, da eine vollständige Leitungsbefahrung aufgrund von Ablagerungen nicht möglich war.
- Die Bachverrohrung konnte nicht befahren werden, weil die Rohrsohle durch Gerölle bedeckt und stellenweise stark verschmutzt war. Der Verlauf konnte jedoch durch Besteigung von Leitungsschächten geklärt werden.

6.2 Schüttungsabschätzungen Igelsbachquelle

Am 30.03.2004, 16.6.2008, 04.07.2008 und 02.08.2008 wurden Abschätzungen zur Schüttung der Igelsbachquelle und des Abflusses im Igelsbach durchgeführt.

Während der Schüttungsabschätzungen konnte das Wasser aufgrund der aktuell hohen Förderraten nicht mehr durch das Überlaufrohr (Leitung Nr. 9 in der Brunnenstube, s. Anlage 4.4.1) abgeführt werden und floss aus der Tür der Brunnenstube.

Zur Zeit der Bestandsaufnahme durch die Fa. Scharpf am 9./ 10.12.2009 wurde das Wasser aufgrund der aktuell geringen Förderrate von 10 l/s vollständig über den Überlauf (Leitung Nr. 9 in der Brunnenstube, s. Anlage 4.4.1) nach außen in Richtung Bachverrohrung abgeführt.

Die Beobachtungswerte der Schüttungsmessungen sind in den folgenden Tabellen aufgelistet. Die Messpunkte sind in Anlage 1.7 dargestellt.

Tabelle 10: Schüttungsabschätzung vom 16.06.2008

Messstelle im Plan *	Lokalität	Breite	Wassertiefe	Fließgeschwindigkeit	Q
		[m]	[m]	[m/s]	[l/s]
1	Türschwelle Brunnenstube Igelsbachquelle	0.56	0.03	1	17
2	Wasserfassung unterhalb Brunnenstube Igelsbachquelle	1.2	0.05	0.5	30
3	ca. 35 m unterhalb Beginn Igelsbach	2	0.12	0.3	72
4	Igelsbach nahe der Eisenbahnbrücke	0.4	0.04	2	32

* s. Lageplan in Anlage 1.7

Tabelle 11: Schüttungsabschätzung vom 04.07.2008

Messstelle im Plan *	Lokalität	Breite	Wassertiefe	Fließgeschwindigkeit	Q
		[m]	[m]	[m/s]	[l/s]
1	Türschwelle Brunnenstube Igelsbachquelle	0.56	0.03	1	17
2	Wasserfassung unterhalb Brunnenstube Igelsbachquelle	1.2	0.06	0.5	36
3	ca.35 m unterhalb Beginn Igelsbach	2	0.14	0.3	84
4	Igelsbach nahe der Eisenbahnbrücke	0.4	0.05	2	40

* s. Lageplan in Anlage 1.7

Tabelle 12: Schüttungsabschätzung vom 02.08.2008

Messstelle im Plan *	Lokalität	Breite	Wassertiefe	Fließgeschwindigkeit	Q
		[m]	[m]	[m/s]	[l/s]
1	Türschwelle Brunnenstube Igelsbachquelle	0.56	0.03	0.8 - 0.9	13-15
2	Wasserfassung unterhalb Brunnenstube Igelsbachquelle	1.2	0.05	0.4	24
3	ca.35 m unterhalb Beginn Igelsbach	2	0.12	0.25	60
4	Igelsbach nahe der Eisenbahnbrücke	0.4	0.04	1.6	26

* s. Lageplan in Anlage 1. 7

J:\Projekte\2008\1312_030_08\Word\03008bc3_Schlussbericht_2009_09_16.doc

Die beobachteten Schüttungsraten sowie die Abflussraten aus den drei Messkampagnen unterscheiden sich unwesentlich. Auftretende Unterschiede in den Zahlenwerten liegen im Rahmen der möglichen Genauigkeit solcher Abschätzungen. Vergleicht man die Schüttungsrate und die Abflusswerte darüber hinaus mit denjenigen aus der Beobachtung vom März 2004, so ergeben sich ebenfalls keine nennenswerten Unterschiede.

Tabelle 13: Zusammenfassung Schüttungsabschätzungen

Messstelle im Plan *	Lokalität	30.03.2004	16.06.2008	04.07.2008	02.08.2008
		Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]
1	Türschwelle Brunnenstube Igelsbachquelle	nicht gemessen	17	17	13-15
2	Wasserfassung unterhalb Brunnenstube Igelsbachquelle	35-40 (37**)	30	36	24
3	ca.35 m unterhalb Beginn Igelsbach	80-100 (90**)	72	84	60
4	Igelsbach nahe der Eisenbahnbrücke	30-50 (40**)	32	40	26

* s. Lageplan in Anlage 1. 2

**Geklammerte Werte am 30.03.2004 geben den Mittelwert an.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der vorgenannten Schüttungsmessungen sowie die Messung von 2004 in einer Bilanzierung zusammengestellt.

Tabelle 14: Bilanzierung Schüttungsmessungen

Lokalität*	Bilanzgrößen [l/s]:	30.3.2004	16.6.2008	4.7.2008	2.8.2008
2	Wasserfassung unterhalb Brunnenstube Igelsbachquelle	37	30	36	24
3	ca. 35 m unterhalb Beginn Igelsbach	90	72	84	60
	Differenz Lokalität 3 - Lokalität 2: Überlauf Wasserbehälter und evt. Einleitung von Oberflächenwasser	53	42	48	36
4	nahe der Eisenbahnbrücke	40	32	40	26
	Differenz Lokalität 3 - Lokalität 4: Versickerung aus dem Bachbett	50	40	44	34

* s. Lageplan in Anlage 1. 2

ARCADIS

Die Bilanzierung zeigt, dass aus dem Bereich der Brunnenstube östlich der Autobahn rd. 20-40 l/s an der Oberfläche sichtbar abfließen. Es handelt sich dabei um Wasser, das aus der Brunnenstube im Türbereich überfließt bzw. aus dem Überlauf mit Frostklappe (Leitung Nr. 9 in der Brunnenstube, s. Anlage 4.4.1) direkt in das Gerinne eingeleitet wird und Oberflächenwasser von der Autobahn und aus der benachbarten Vernässungszone, das von der Seite her zufließt (Einleitstelle ist nicht sichtbar). Das Wasser wird gefasst und unter der Autobahn durch direkt in den Igelsbach eingeleitet.

Während der Bestandsaufnahme wurde während des Abpumpens von Wasser aus der Brunnenstube erstmalig die direkte Förderrate der Quelle gemessen. Die Messung erfolgte unter trockenen Verhältnissen und war mit 10 l/s relativ niedrig.

Westlich der Autobahn befindet sich der Wasserbehälter, der bis 1964 der Wasserversorgung von Eutingen diente. Die Verbindung zum Leitungsnetz wurde bei der Stilllegung verschlossen.

Unterhalb des Wasserbehälters beginnt der Igelsbach, wo bei Lokalität 3 (s. Anlage 1.7) Schüttungen von rd. 60- 90 l/s abgeschätzt wurden. Das gegenüber Lokalität 1 zusätzlich anfallende Wasser von rd. 40-50 l/s (Differenz Lokalität 3 – Lokalität 2, s. Anlage 1.7) floss zur Zeit der Schüttungsmessungen zumindest teilweise über einen Kurzschluss zwischen Brunnenstube und Wasserbehälter zu (s. Anlage 4.4.1). Es ist davon auszugehen, dass zusätzlich unterirdische Zuleitungen von Oberflächenwasser bestehen.

Die Differenz der Schüttmengen von Lokalität 3 und 4 ist ein Hinweis darauf, dass vermutlich rd. 30- 50 l/s in den Untergrund versickern.

6.3 Bohrarbeiten

Tabelle 15: Vermessungsdaten Bohrungen, GWM B12 – B15 (2008)

Bohrung	Rechtswert	Hochwert	GOK	POK
			[m ü. NN]	[m ü. NN]
B12	3482015.391	5420762.837	281,090	Nicht ausgebaut
B13	3482167.243	5420576.392	271,560	271,48
B14	3482208.675	5420518.713	269,67	269,43
B15	3482008.077	5420763.066	281,657	281,57

Tabelle 16: Ausbau Bohrungen B12 – B15 (2008)

Bohrung	Tiefe	Ausbau zu GWM, Durchmesser	Verfilterter Tiefenbereich von – bis	Verfilterung in geologischer Einheit
B12	30	Nicht ausgebaut	--	--
B13	13,8	4“	3,5 – 11,50	Quartär
B14	15,2	4“	3,5 – 11,50	Quartär
B15	15	4“	8,0 – 15,00	Mittlerer Muschelkalk (mm)

In der folgenden Tabelle sind oberflächennahe Wasserzutritte dargestellt, die im Rahmen der Bohrarbeiten beobachtet wurden:

Tabelle 17: Grundwasserstände bei Bohrarbeiten B12 – B15 (2008)

Bohrung	Wasser angebohrt	Beobachtungen	Wasser angebohrt in geol. Schicht
	[m unter GOK]		
B12	2,2	Anstieg auf 2,1 m unter GOK nach 15 Minuten	Quartär
B13	3,3	keine	Quartär
B14	5	keine	Quartär
B15	2,2	keine	Quartär

J:\Projekte\2008\1312_030_08\Word\03008be3_Schlussbericht_2009_09_16.doc

In der folgenden Tabelle sind tiefe Wasserzutritte dargestellt, die im Rahmen der Bohrarbeiten beobachtet wurden:

Tabelle 18: Tiefe Wasserzutritte in Bohrungen (Quellhorizont Igelsbachquellen)

Bohrung	Wasser angebohrt	Beobachtungen	Wasser angebohrt in geol. Schicht
	[m unter GOK]		
B12	11,6	Anstieg auf 1,3 m unter GOK nach 3 Minuten	Mittlerer Muschelkalk (mm) (Quellhorizont Igelsbachquelle)
B15	8,7	Anstieg auf 2,1 m unter GOK nach 10 Minuten	Mittlerer Muschelkalk (mm) (Quellhorizont Igelsbachquelle)

Folgende Schichten wurden erbohrt:

Tabelle 19: Kurzbeschreibung der erbohrten Schichten (s. a. [U2])

Geologische Schicht	Kurzbezeichnung	Boden-/ Felsansprache
Quartär	q	Graue bis braune Hanglehme mit wechselnden Sand- und Kiesanteilen
Mittlerer Muschelkalk	mm	Felsersatz, Kalksteine, z. T. löchrig bis porös, untergeordnet Schluffsteine in schluffig bis toniger Matrix,
Unterer Muschelkalk	mu	angewitterter Tonstein mit guter Kornbindung, Abstand der Haupttrennflächen überwiegend dünnplattig bis dünnbankig, örtlich auch dickbankig, söhlig ausgebildete Haupttrennflächen, im Bereich der Störung sehr ausgeprägte +/- vertikale Klüftung, Klüfte mit Öffnungsweiten im mm-Bereich, mit Kalzit verfüllt

Die Bohrungen B12, B13 und B14 wurden so tief geführt, dass an der Basis jeweils die Schichtgrenze zum Unteren Muschelkalk nachgewiesen werden konnte.

Die Bohrung B15 diente der Erschließung des Quellhorizontes der Igelsbachquellen durch eine Grundwassermessstelle. Die Schichtgrenze Mittlerer-/ Unterer Muschelkalk wurde dabei nicht erreicht.

Die Aussagen zum Schichtaufbau im Bereich der Tunneltrasse aus den früheren Untersuchungen (Bohrungen B8, B8a, B9 und B10) wurde durch die zusätzlichen Bohrungen B12 – B15 weitgehend bestätigt. Der Verlauf der Schichtgrenzen wurde im geologischen Längsschnitt (s. Anlage 1.8) entsprechend angepasst.

6.4 Hydrologische Messungen

6.4.1 Stichtagsmessungen

Folgende Stichtagsmessungen wurden in 2008 durchgeführt:

Tabelle 20: Stichtagsmessungen 2008

Mess- stelle	Pegelober- kante	16.06.2008		04.07.2008		02.08.2008	
		Abstich [m]	[mNN]	Abstich [m]	[mNN]	Abstich [m]	[mNN]
B7	250,32	16,15	234,17	16,5	233,82	16,61	233,71
B8	274,92	3,33	271,59	3,49	271,43	3,81	271,11
B9	307,18	Nicht gemessen*	Nicht gemessen*	21,56	285,62	Nicht gemessen *	Nicht gemessen *
B13	271,48	2,06	269,42	2,29	269,19	2,3	269,18
B14	269,43	3,93	269,42	4,18	265,25	4,72	264,71
B15	281,57	im Bau	im Bau	2,02	279,55	2,49	279,08

* nicht zugänglich wegen Baustelle

Tabelle 21: Stichtagsmessungen 2008

Mess- stelle	Pegelober- kante	19.12.2008	
		Abstich [m]	[mNN]
B7	250,32	16,59	233,73
B8	274,92	4,59	270,33
B9	307,18	27,23	279,95
B13	271,48	2,78	268,70
B14	269,43	4,80	264,63
B15	281,57	4,50	277,07

In allen untersuchten Messstellen wurden im Verlauf der vier Kampagnen leicht abnehmende Potenziale gemessen, was vermutlich auf jahreszeitliche Schwankungen zurückzuführen ist. Die Potenziallinie der Stichtagsmessung vom 04.07.2008 wurde in den geologischen Schnitt (s. Anlage 1.8) eingetragen.

6.4.2 Pump- und Auffüllversuche 2008

Nach Durchführung der Untersuchungen zur Geologie und Hydrogeologie zeigte sich, dass zumindest Fundamente des geplanten Tunnels in wasserführende Bereiche des Untergrundes einbinden können (s. a. Anlage 1.8). Zur Abschätzung des zu erwartenden Wasserandrangs bei den Baumaßnahmen wurde die Durchführung von Versuchen zur Bestimmung der hydraulischen Durchlässigkeit des Untergrundes beschlossen. Aufgrund der relativ hohen Durchlässigkeiten wurden in B14 und B15 Pumpversuche durchgeführt. In B13 wurde wegen der geringen Durchlässigkeit ein Auffüllversuch durchgeführt. Die Feld- und Auswertungsunterlagen befinden sich in Anlage 4.2.

Versuchsablauf Auffüllversuch (Slug-Test)

- Messung des Ruhewasserspiegels in allen Messstellen
- Einbau eines Datenloggers zur kontinuierlichen Messung des Grundwasserstandes
- Einfüllen des Wassers bis zur Rohroberkante und kontinuierliche Messung des abfallenden Grundwasserstandes.

Versuchsablauf Pumpversuch

- Messung des Ruhewasserspiegels in allen Messstellen
- Einbau eines Datenloggers zur kontinuierlichen Messung des Grundwasserstandes
- Über 2 Stunden Einstellen einer gleich bleibenden Grundwasserabsenkung durch Abpumpen von Grundwasser, dabei kontinuierliche Messung des Grundwasserstandes; nach dem Abstellen der Pumpe, Messung des Wiederanstiegs

In den folgenden Tabellen sind die Versuchsergebnisse der Pump-/ Auffüllversuche zusammenfassend dargestellt:

Tabelle 22: Durchführung und Ergebnisse der Auffüll-/ Pumpversuche

Bohrung	Filterstrecke	Filterstrecke in geologischer Schicht	Versuchsdurchführung	Hydraulische Durchlässigkeit (kf)
	[m unter GOK]			[m/s]
B13	3,5 – 11,5	Quartär	Auffüllversuch	$7,35 \times 10^{-8}$
B14	3,5 – 11,5	Quartär	2h-Pumpversuch	$9,29 \times 10^{-5}$
B15	8,0 – 15,0	Mittlerer Muschelkalk (mm) (Quellhorizont Igelsbachquelle)	2h-Pumpversuch	$2,00 \times 10^{-4}$

Die hydraulische Durchlässigkeit im Quartär variiert stark zwischen $k_f = 7,35 \times 10^{-8}$ m/s in B13 und $k_f = 9,29 \times 10^{-5}$ m/s in B14. Möglicherweise bestehen unterschiedlich ausgeprägte hydraulische Anbindungen an den darunter anstehenden Unteren Muschelkalk.

Der Quellhorizont der Igelsbachquelle (Karsthorizont des Mittleren Muschelkalkes) zeigt eine ausgeprägte hydraulische Durchlässigkeit von $2,00 \times 10^{-4}$ m/s.

6.5 Grundwasseranalysenergebnisse

Aus B14 und B15 wurde jeweils eine Pumpprobe entnommen und auf den Wasserchemismus sowie auf Betonaggressivität untersucht. Vor dem Hintergrund, dass auf diesem Streckenabschnitt der Autobahn schon häufig Unfälle stattgefunden haben, in die auch Tankfahrzeuge mit Kraftstoffen u. ä. beteiligt waren, forderte das Umweltamt der Stadt Pforzheim zusätzlich Analysen auf MKW, BTEX, LHKW inkl. VC.

In den folgenden Tabellen sind die chemischen Analysenergebnisse dargestellt:

Tabelle 23: Analysenergebnisse Grundwasser aus B14 und B15

	Einheit	BK14	BK15
Probennummer		200806014	200806015
Herkunft		Quartär	Mittlerer Muschelkalk
pH-Wert	ohne	7,25	7,48
elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C	µS/cm	1624	726
Sauerstoff, gelöst	mg/l	8,1	8
Säurekapazität bei pH 4,3	mmol/l	7,03	6,54
Basekapazität bei pH 8,2	mmol/l	1	0,57
Calcitlösekapazität (als CaCO ₃)	mg/l	-72,4	-60
Gesamthärte ber. als Calcium-carbonat	mmol/l	6,67	4,2
Gesamthärte	°dH	37,4	23,6
Karbonathärte	°dH	19,5	18,2
Redoxspannung	mV	573	569
Ammonium	mg/l	0,17	<0,01
Bor	mg/l	0,01	<0,01
Calcium	mg/l	221	140
Eisen	mg/l	0,87	0,06
Kalium	mg/l	1,06	1,09
Magnesium	mg/l	28,2	17
Mangan	mg/l	2,34	<0,01
Natrium	mg/l	127	10,2
Chlorid	mg/l	368	49
Nitrat	mg/l	12,5	18
Sulfat	mg/l	53,7	27
ortho-Phosphat	mg/l	<0,03	0,09
Kohlenwasserstoffe,gesamt	µg/l	<100	<100
Benzol	µg/l	<1	<1
Toluol	µg/l	<2,5	<2,5
Ethylbenzol	µg/l	<1	<1
Xylole (Summe o-, m-, p-)	µg/l	<1	<1
iso-Propylbenzol (Cumol)	µg/l	<1	<1
Styrol	µg/l	<1	<1
Summe BTEX	µg/l	n.b.	n.b.
Tetrachlorethen (Per)	µg/l	<0,2	<0,2
Trichlorethen (Tri)	µg/l	<0,2	0,4
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	<0,2	<0,2
Tetrachlormethan	µg/l	<0,2	<0,2

	Einheit	BK14	BK15
Probennummer		200806014	200806015
Herkunft		Quartär	Mittlerer Muschelkalk
Trichlormethan (Chloroform)	µg/l	<0,5	<0,5
1,2-cis-Dichlorethen	µg/l	<5	<5
1,2-trans-Dichlorethen	µg/l	<5	<5
1,1-Dichlorethan	µg/l	<5	<5
	Einheit	BK14	BK15
Probennummer		200806014	200806015
Herkunft		Quartär	Mittlerer Muschelkalk
1,2-Dichlorethan	µg/l	<3	<3
Dichlormethan	µg/l	<5	<5
Vinylchlorid	µg/l	<2	<2
Summe LHKW	µg/l	n.b.	0,4

Beide Wasserproben zeigen einen ähnlichen Chemismus. Sie sind sehr hart und leicht betonaggressiv.

Trotz seiner Herkunft aus einem tiefergelegenen Grundwasserstockwerk enthält das Grundwasser aus B15 (Herkunft: Mittlerer Muschelkalk) mit 8% relativ viel Sauerstoff – ein Hinweis auf Einflüsse von Oberflächenwasser. In der Hydrogeologischen Kartierung [U3] wird für den Quellhorizont der Igelsbachquelle eine Abstandsgeschwindigkeit von über 200 m/d angegeben und es wurde nachgewiesen, dass der Karstgrundwasserleiter von versickerndem Niederschlagswasser aus der abflusslosen Senke im Bereich Katharinentaler Hof gespeist wird. Somit ist der hohe Sauerstoffgehalt möglicherweise auf diese Herkunft in Kombination mit kurzen Verweildauern im Untergrund zurückzuführen. Gegenüber dem Grundwasser aus dem Quartär wurde im Quellhorizont der Igelsbachquelle erhöhte Gehalte an Nitrat und Spuren von Phosphat festgestellt – ein Hinweis auf Einträge von Düngemitteln, die eventuell aus dem landwirtschaftlich genutzten Karstgebiet um den Katharinentaler Hof stammen könnten.

Die erhöhten Gehalte an Natrium und Chlorid in B14 (Quartär) sind vermutlich auf Einträge von Streusalz zurückzuführen.

Von den untersuchten Schadstoffen wurden nur in B15 (Karstgrundwasserleiter) 0,4 µg/l Trichlorethen nachgewiesen. Die Konzentration liegt deutlich unterhalb des Prüfwertes der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [V5] von 10 µg/l. Daher besteht kein weiterer Handlungsbedarf.

Die Herkunft der Schadstoffe ist nicht geklärt. Es muss allerdings davon ausgegangen werden, dass der Karstgrundwasserleiter westlich der Untersuchungsfläche (Richtung Katharinentaler Hof) durch versickerndes Oberflächenwasser gespeist wird. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass möglicherweise auch im Bereich der Autobahn Trichlorethen eingetragen wurde.

6.6 Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

6.6.1 Igelsbachquelle: Funktion Brunnenstube und Wasserbehälter

Die Aktenrecherchen und Zeitzeugenbefragungen sowie die Bestandsaufnahme durch die Fa. Scharpf ergaben, dass es sich bei den beiden Bauwerken im Bereich der Igelsbachquelle entgegen der Angaben in der aktuellen Hydrogeologischen Erkundung Baden-Württemberg, Enztal-Pforzheim von 2002 [U3] und dem Bericht [U14], nicht um zwei Brunnenstuben, sondern um eine Brunnenstube (bisherige Bezeichnung „Igelsbachquellen 2“) und einen Wasserspeicher (bisherige Bezeichnung „Igelsbachquellen 1“) handelt.

Dementsprechend werden im vorliegenden Bericht folgende Bezeichnungen verwendet:

Tabelle 24: neue Bezeichnung der Gebäude an der Igelsbachquelle

Bisherige Bezeichnung [U3]	Bezeichnung im vorliegenden Bericht	Lage
Igelsbachquelle 2	Brunnenstube Igelsbachquelle	ca. 45 m östlich der Autobahn
Igelsbachquelle 1	Wasserbehälter	ca. 20 m westlich der Autobahn

6.6.2 Lage des Quellhorizontes der Igelsbachquelle

In den Bohrungen B12 und B15 wurde der Quellhorizont der Igelsbachquelle erbohrt, die aus dem Karsthorizont des Mittleren Muschelkalks gespeist wird. In beiden Bohrungen stieg das artesisch gespannte Grundwasser aus dem Karsthorizont des Mittleren Muschelkalkes innerhalb weniger Minuten über mehrere Meter an.

Auffallend war, dass der Quellhorizont der Igelsbachquelle im geringen horizontalen Abstand von 7 m mit einer Höhendifferenz von rd. 4 m erbohrt wurde (B12: 269,49 m ü. NN, B15: 273,46 m ü. NN), ein Hinweis auf das durch Auslaugung gestörte Lagerungsgefüge. Der Mittlere Muschelkalk wurde ausschließlich als Felsersatz erschlossen. Die Bohrkerns zeigen löchrig und poröse Kalk- und Mergelsteine in bindiger Matrix in Wechselfolge mit Rückstandstonen. Nur vereinzelt war die ursprüngliche Lagerung erkennbar.

Es ist daher davon auszugehen, dass der durch Verkarstung entstandene wasserführende Horizont (obere Dolomite des Mittleren Muschelkalkes) durch das gestörte Lagerungsgefüge kleinräumig unregelmäßig ausgebildet ist. Hohlräume sind nicht auszuschließen.

Die erbohrte Tiefenlage des Quellhorizontes wurde im geologischen Längsschnitt (s. Anlage 1.8) entsprechend dargestellt.

6.6.3 Eingrenzung der Lage der Wartbergstörung

Der Austritt der Igelsbachquelle steht sehr wahrscheinlich in Zusammenhang mit der Wartbergstörung, die Südwest-Nordost verlaufend nördlich von Eutingen die Autobahntrasse in Richtung Enzberg quert [K4]. Die gesamte Schichtenfolge des Buntsandsteins und Muschelkalkes ist in Richtung Norden abgeschoben (s. a. Kapitel 4.3.3).

Die Bohrungen B8, B13 und B14 befinden sich südlich, die Bohrungen B12 und B15 nördlich der Störung. Es ist davon auszugehen, dass die Störung zwischen B8 und B12 liegt und möglicherweise den nördlichen Bereich der Tunneltrasse quert.

Der in B12 und B15 erbohrte Fels des Unteren Muschelkalks zeigt durch eine sehr engständige Klüftung (Abstände im cm-Bereich, 1-2 mm Kluftweiten, Klüfte mit Kalzit verfüllt) Anzeichen intensiver tektonischer Beanspruchung - ein Hinweis auf unmittelbare Beeinflussung durch die Störung.

Auf Grundlage der Erkundungsergebnisse kann die Ausprägung/ Lage der Störung gegenüber früheren Erkenntnissen korrigiert werden:

- Die Störung befindet sich rd. 90 m nordwestlich der in der geologischen Karte eingezeichneten Lage.
- Es ist damit zu rechnen, dass die Störung als Störungszone (s. Anlage 1.8) ausgebildet ist und sich möglicherweise aus mehreren Staffelbrüchen zusammensetzt. Sie beginnt nördlich von B8 (Quellhorizont) und reicht bis nördlich von B15 (engständige Klüftung im mm).

6.6.4 Potenzielllinie im quartären Grundwasserleiter

Die Auswertung der Stichtagsmessungen ergab keine Hinweise auf Potenzialsprünge im Bereich der Wartbergstörung. Es ist davon auszugehen, dass die Lage des Grundwasserspiegels im quartären Grundwasserleiter durch den Verlauf der Störung nicht beeinflusst wird.

6.6.5 Vernässungszone nördlich der Autobahn

Im Rahmen von Ortsbegehungen wurde festgestellt, dass nördlich der Autobahn im Bereich der Brunnenstube der Igelsbachquelle (s. Anlage 1.7) eine flächige Vernässungszone ausgebildet ist, die lt. Umweltamt der Stadt Pforzheim als besonders geschütztes Biotop gemäß § 32 Naturschutzgesetz ausgewiesen wurde.

Eine Fragestellung, die im Rahmen der Bestandsaufnahme geklärt werden sollte, war die Herkunft des Wassers im Bereich der Vernässungszone, ob es sich dabei um Oberflächenwasser oder möglicherweise auch um weitere, evtl. flächenhaft ausgebildete Quellaustritte handelt.

Die Ausbildung der Brunnenstube (Anlage 4.4.14) lässt darauf schließen, dass die Igelsbachquelle gebäudescharf unterhalb der Brunnenstube austritt. Es gab keine Hinweise auf Drainageleitungen bzw. auf Wasserzutritte aus der umgebenden Fläche. Auch wurde in den Bohrungen B12 und B15 der Quellhorizont der Igelsbachquelle im Vernässungsbereich innerhalb des Mittleren Muschelkalks gespannt angetroffen.

Es gibt jedoch auch Hinweise auf untergeordnete Quellaustritte im Umfeld der Brunnenstube. So wurden in dem Gerinne, in dem Quellwasser aus der Brunnenstube weg fließt, aufsteigende Luftblasen beobachtet, die in unregelmäßigen Abständen aus der Sohle aufsteigen. Vergleichbare Beobachtungen wurden in der Brunnenstube gemacht, wo aufsteigendes sauerstoffhaltiges Quellwasser die Blasenbildung verursacht.

Folglich ist davon auszugehen, dass die Vernässungszone im Bereich der Brunnenstube durch Oberflächenwasser, Hangwasser, das von den umliegenden Hängen zutritt und bereichsweise sehr wahrscheinlich durch aufsteigende Grundwasser, gespeist wird. Historisch ist bekannt, dass der Vernässungsbereich zeitweilig durch Pappelanpflanzungen dräniert wurde.

6.7 Auswirkungen der Vorzugsvariante Tunnelbauwerk

6.7.1 Auswirkungen der Vorzugsvariante Tunnelbauwerk auf die Trinkwasserbrunnen

Das Tunnelbauwerk ist im Bereich des nördlichen Trassenabschnittes geplant, für den auch im Havariefall keine Gefährdung der Trinkwasserbrunnen ermittelt wurde. Das Tunnelbauwerk und die angrenzenden Portalbereichen schneiden maximal rd. 6 m tiefer in den Untergrund ein als die oberirdische Trasse.

Der Verkehr wird im Hangeinschnitt in den Portalbereichen bzw. im Tunnelbauwerk geführt. Die Möglichkeit, dass Fahrzeuge von der Fahrbahn abkommen wird minimiert bis unterbunden.

Der Igelsbach wird im Oberlauf parallel zum Tunnelbauwerk und unterhalb des Tunnels abgeschirmt durch eine Lärmschutzwand geführt. Schadstoffaustritte in den Igelsbach werden somit unterbunden. Nach wie vor werden Schadstoffe, die im Fahrbahnbereich austreten, in das Re-

genklärbecken RKB II in der Enzaue eingeleitet, wo entsprechende Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden (s. Kapitel 5.2.2).

6.7.2 Auswirkungen der geologischen/ hydrogeologischen Standortbedingungen auf das Tunnelbauwerk

Für die Darstellung der Einbindung des Tunnelbauwerkes in den Untergrund wurde der geologische Schichtaufbau aus [U17] in den aktualisierten Übersichtslängsschnitt Betr-km 137 + 327,830 bis 242 + 100 von Ingenieurbüro Thomas und Partner/ Möglingen eingearbeitet.

Im Bereich des Tunnels und nördlich des Tunnels ist eine Tieferlegung der Trasse von max. rd. 6 m vorgesehen. Die Tunnelfundamente greifen im Bereich des Nordportales maximal rd. 8 m tiefer ein als die oberirdische Trasse.

Die Schichtgrenzen wurden anhand der Informationen aus den Bohrungen B12 – B15 angepasst. Folgende zusätzliche Daten wurden dargestellt:

- Bohrung B12
- Grundwassermessstellen B13, B14, B15
- Basis des westlich der Trasse verlaufenden und am tiefsten einbindenden Tunnelfundamentes (Tiefenangaben von Regierungspräsidium Karlsruhe, mail vom 11.07.2008)
- Höhenlagen der Türschwelle der beiden Quellbauwerke (Vermessungsdaten vom Baureferat Mitte des Regierungspräsidiums Karlsruhe)
- Grundwasserspiegel lt. Stichtagsmessung vom 04.07.2008

In Ergänzung zu den bisherigen Erkundungsergebnissen [U15, U17] sind folgende Ergebnisse festzuhalten:

- Die Einhausung bindet überwiegend in den quartären Hanglehm, am südlichen Ende in die Schichten des Unteren Muschelkalkes ein. Bei den Erdbaumaßnahmen ist daher Aushub im Fels zu berücksichtigen.
- Das nördliche Tunnelende liegt im Bereich der Wartbergstörung. Insbesondere für den Fall dass im tieferliegenden Fels gegründet werden soll, ist zu berücksichtigen, dass der

Untere Muschelkalk in der Störungszone tektonisch stark beansprucht ist. Eine engständige vertikale Klüftung im cm-Abstand zerlegt den Gesteinsverband in einzelne Bruchstücke, die über Kalzitverfüllungen miteinander verbunden sind.

- Nördlich des Tunnels bindet die tiefergelegte Gradiente bereichsweise in Mittleren und Oberen Muschelkalk ein. Bei den Erdbaumaßnahmen ist daher Aushub im Fels zu berücksichtigen. Die bodenmechanischen Eigenschaften der Muschelkalkschichten wurden in [U15] beschrieben. Im Bereich der Störung (B12 und B15) ist zu berücksichtigen, dass der unterhalb der quartären Hanglehne anstehende Mittlere Muschelkalk stark zersetzt ist. In den Bohrkernen wurden löchrige bis poröse Felsbruchstücke in einer bindigen Matrix aus Ton/Schluff/Sand angesprochen.
- Der Quellhorizont der Igelsbachquelle wurde in geringem horizontalen Abstand von 7 m mit einer Höhendifferenz von rd. 4 m erbohrt. Es ist davon auszugehen, dass der Mittlere Muschelkalk durch Auslaugung ein gestörtes Lagerungsgefüge hat und möglicherweise in unterschiedlichen Höhenlagen Hohlräume aufweist. Sollten Gründungsmaßnahmen in diesem Schichtglied vorgesehen werden, so wird eine Erkundung des Felsaufbaus erforderlich.
- Die Stichtagsmessung vom 13.10.2004 [U15, U17] im Bereich der Wartbergstörung zeigt einen Potentialsprung des Grundwasserspiegels im oberflächennahen Grundwasserleiter von rd. 5 m. Dagegen wurden bei der Stichtagsmessung am 04.07.2008 auf beiden Seiten der Störung vergleichbare Potenzialhöhen gemessen – ein Hinweis darauf, dass beide Bereiche hydraulisch in Verbindung stehen.
- Laut dem Querschnittprofil [U16] ist die Einhausung mit einer nach Westen einfallenden Querneigung ausgebildet. Die Basis des westlichen Fundamentes bindet daher rd. 1,5 m tiefer als die Fundamente in der Mitte und auf der Ostseite in den Untergrund ein und tangiert bzw. schneidet die Potenziellinie im Bereich der Messstellen von B8, B13 und B 14. Die Basis des westlichen Fundamentes ist im geologischen Längsschnitt dargestellt (Anlage 1.8).

Während der Gründungsarbeiten ist daher damit zu rechnen, dass der quartäre Porengrundwasserleiter angeschnitten und eine Wasserhaltung erforderlich wird.

Die Pump-/ Versickerungsversuche ergaben lokal variierende Durchlässigkeiten von

$9,29 \times 10^{-5}$ bis $7,35 \times 10^{-8}$ m/s, die bei Auslegung einer Wasserhaltung zu berücksichtigen sind.

Bei der Planung der Fundamente ist zu berücksichtigen, dass das Grundwasser leicht betonaggressiv ist.

- Nach den vorliegenden Querschnitten der Einhausung ist davon auszugehen, dass die Tunnelfundamente in der Mitte und im Osten der Trasse rd. 1,5 m höher als auf der westlichen Trassenseite liegen [U16]. Gemäß den derzeit bekannten Grundwasserständen gründen sie im ungesättigten Bereich. Eine abschließende Beurteilung der Schwankungsbreite des Grundwasserwechselbereiches kann erst Anfang 2010 nach Vorliegen der derzeit laufenden Potenzialmessungen durchgeführt werden.
- Ausgehend von einer Mächtigkeit des Fahrbahnunterbaus von rd. 1 m ist aufgrund der durchgeführten Stichtagsmessungen davon auszugehen, dass die Basis des Unterbaus auf der Westseite der Einhausung bis zu rd. 0,5 m an den Grundwasserspiegel heranreicht. Eine abschließende Beurteilung der Schwankungsbreite des Grundwasserwechselbereiches kann erst Anfang 2010 nach Vorliegen der derzeit laufenden Potenzialmessungen durchgeführt werden

6.7.3 Auswirkungen des Tunnelbauwerkes auf die Umwelt

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass für die Baumaßnahme eine Wasserhaltung erforderlich wird. Die Grundwasserabsenkung betrifft den quartären Grundwasserleiter und eventuell den Unteren Muschelkalk.

Derzeit liegen keine Planungen vor, die nördlich der Störung Tiefgründungsmaßnahmen im Mittleren Muschelkalk vorsehen. Sollte dies in Erwägung gezogen werden, ist zu prüfen, ob der Quellhorizont der Igelsbachquelle davon beeinflusst wird.

Die Formation des Buntsandsteins, aus der die im Enztal liegenden Tiefbrunnen der Pforzheimer und Nieferner Wasserversorgung gespeist werden, ist von den aufgrund der vorliegenden Planung zu erwartenden Wasserhaltungsmaßnahmen nicht betroffen.

Das im Rahmen einer Wasserhaltung zu fördernde Grundwasser enthält nach den vorliegenden Analysen keine umweltrelevanten Schadstoffe. Im Rahmen der Planung sollte die Möglichkeit einer Wiederversickerung des Pumpwassers geprüft werden, so dass das Wasser für die Grundwasserneubildung zur Verfügung steht. Die konkrete Planung einer Wasserhaltung ist mit der Unteren Wasserbehörde abzustimmen.

Das Bauwerk wird im quartären Grundwasserleiter gründen. Die Bauwerksachse kreuzt am nördlichen Ende die derzeitige Fließrichtung des gefassten Wassers und Hangsickerwassers. von der Brunnenstube bzw. dem Vernässungsbereich in Richtung Wasserbehälter/ Igelsbach. Dies ist bei der Planung der Gründungselemente in Form einer geordneten Durchleitung zu berücksichtigen, um einen Aufstau zu vermeiden.

Eine tiefergehende Beurteilung von evtl. auftretenden Querströmungen aufgrund von aufgestautem Grundwasser ist erst nach Vorliegen der Ergebnisse aus der Langzeitbeobachtung der Grundwasserstände möglich.

6.7.4 Empfehlungen zur Gründung des Tunnelbauwerks

Für eine Flachgründung liegt die Gründungsebene der Einhausung sowohl in den breiig bis weichen oberen Schichten des Hanglehms (Quartär) sowie ggf. in halbfesten bis festen Schichtlagen des Hanglehms und örtlich in den unteren Muschelkalken. Die Böden in der Gründungssohle haben damit ein unterschiedliches Trag- und Setzungsverhalten.

Für eine Flachgründung werden im Bereich der breiig-weichen Hanglehme Gründungspolster oder ein vollständiger Bodenaustausch erforderlich. Diese sind im Schutze einer Grundwasserhaltung und Aushubsicherung herzustellen.

Für die Herstellung des Tunnelbauwerks wird eine einbahnige Verkehrsführung zur Abgrabung des Bestandsdamms notwendig. Zur Sicherung des dabei entstehenden Geländesprungs wird die Herstellung eines Verbaus für die mittigen und seitlichen Fundamente erforderlich.

Baugruben, gesonderter Verbau und Wasserhaltung können weitgehend entfallen, wenn die Wände auf Bohrpfählen tief gegründet werden. Werden diese auf Lücke hergestellt, bleibt dabei die Wasserwegigkeit im Untergrund erhalten. Zwischen den Bohrpfählen können auch Entwäs-

serungsleitungen von der Brunnenstube zum Wasserbehälter problemlos verzogen werden. In Summe sehen wir in der Tiefgründung die risikofreiere Gründungsvariante.

Als Grundlage für eine Gründungsplanung ist noch eine objektbezogene Baugrundhauptuntersuchung nach DIN 4020 durchzuführen.

6.7.5 Berücksichtigung der Igelsbachquelle und der umgebenden Vernässungszone bei der Planung des Tunnelbauwerkes und der Hörnleweg-Überquerung

Der Wasserbehälter westlich der Trasse befindet sich unmittelbar randlich des Tunnelbauwerkes im Tiefenbereich der Gradienten. Für einen Erhalt des Gebäudes wären zusätzliche Sicherungsmaßnahmen erforderlich.

Die Recherche hat jedoch ergeben, dass es sich bei dem Gebäude um einen Wasserbehälter (nicht um eine Brunnenstube) handelt. Da die Wasserversorgung 1963 abgekoppelt wurde und der Wasserbehälter derzeit außer Funktion gesetzt ist, besteht eventuell die Option, das Gebäude rückzubauen. Es ist daher im Rahmen der Planung mit den zuständigen Behörden/ Verwaltungen (z. B. Stadtwerke, Umweltschutz, Denkmalschutz) zu klären, ob der Wasserbehälter rückgebaut werden kann. Dabei ist sicherzustellen, dass auch die Anschlussleitungen zur Brunnenstube, zur Eutinger Wasserversorgung und zum Kanal fachgerecht rückgebaut oder verschlossen werden.

Nördlich der Autobahn ist im Bereich der Brunnenstube der Igelsbachquelle (s. Anlage 1.7) eine flächige Vernässungszone ausgebildet, die lt. Umweltamt der Stadt Pforzheim als besonders geschütztes Biotop gemäß § 32 Naturschutzgesetz ausgewiesen wurde. In diesem Bereich ist eine Dammschüttung für die Herstellung der Überquerung des Hörnlewegs über die Einhausung geplant. Die Brunnenstube der Igelsbachquelle (frühere Bezeichnung: Igelsbachquelle 2) befindet sich unmittelbar südlich angrenzend an die geplante Trassenführung des Hörnleweges. Die Dammschüttung liegt in diesem Bereich auf einer Höhe von 287,22 m ü. NN [U18]. Die Türschwelle der Brunnenstube liegt bei 274,919 m ü. NN (Vermessungsdaten lt. Mail vom Regierungspräsidium vom 10.07.2008). Das Gebäude liegt rd. 12 m unterhalb der zukünftigen Trassenführung innerhalb der geplanten Dammschüttung.

Von Seiten der Stadtwerke Pforzheim und der Umweltbehörde der Stadt Pforzheim besteht die Anforderung, den Zugang zur Igelsbachquelle zu erhalten, so dass z. B. Wasserproben entnommen werden können.

Dies könnte auch gewährleistet werden, wenn die Quelle an eine andere Stelle verlegt würde. Eine Verlegung des Quellaustrittes würde jedoch weitere Erkundungen und Eingriffe im geologisch komplexen Quellbereich und Quellhorizont sowie technisch aufwändige Baumaßnahmen erfordern. Daher sollte die Quelle an Ort und Stelle belassen werden.

Im Rahmen der Baureifplanung ist mit den zuständigen Behörden/ Verwaltungen (z. B. Stadtwerke, Umweltamt Stadt Pforzheim, Denkmalamt) zu klären, ob die bestehende Brunnenstube erhalten werden soll bzw. in welcher Form die Zugänglichkeit zur Quelle gewährleistet werden kann.

Das Quellwasser könnte z. B. über ein Stollenbauwerk aus dem Dammbereich ausgeleitet werden. Ausserhalb des Dammes könnte eine Zugänglichkeit z. B. für Probenahmen geschaffen werden bevor das Quellwasser abstromig unterirdisch dem Igelsbach zugeführt wird.

Falls die bestehende Brunnenstube erhalten werden soll, muss geprüft bzw. sichergestellt werden, dass die bestehenden Leitungsanschlüsse auch nach Rückbau der Leitungen im Aussenbereich dauerhaft dicht sind, so dass innerhalb der späteren Dammschüttung keine Wasseraustritte z. B. aus undichten Leitungsanschlüssen, stattfinden.

Die konstruktive Lösung der Einbindung der Brunnenstube und des Quellwasserabflusses in die Dammschüttung ist Aufgabe der Baureifplanung.

Für die Umsetzung der geplanten Dammschüttung im Bereich des besonders geschützten Biotops gemäß § 32 Naturschutzgesetz sind Abstimmungen mit der Umweltbehörde der Stadt Pforzheim bzgl. Ausgleichsflächen etc. erforderlich.

Der oberflächennah anstehende Boden im Bereich der Vernässungszone ist stark holz- bzw. torfhaltig. Der Bereich wird durch Oberflächenwasser, Hangwasser und sehr wahrscheinlich durch aufsteigende Grundwasser gespeist. Im Vorfeld der Schüttungsmaßnahme müssen der bestehende Boden daher flächig ausgeräumt und Wasserzutritte lokalisiert werden.

Im Zuge der Baumaßnahme ist der ungehinderte Abfluss der Wasserzutritte durch entsprechende Wasserfassungen bzw. Drainagebauwerke, auch an der Basis der zukünftigen Dammschüttung, zu gewährleisten.

Die geotechnische Eignung des Untergrundes für die Anforderungen der Dammschüttung ist im Rahmen der objektbezogenen Baugrundhauptuntersuchung nach DIN 4020 zu klären.

7 Zusammenfassung

7.1 Auswirkung der Gesamtbaumaßnahme auf die Trinkwasserbrunnen (im Wesentlichen Untersuchungen von 2004, Ergänzungen von 2008)

In 2004 wurden im Hinblick auf den geplanten Ausbau der Bundesautobahn A8 zwischen den Anschlussstellen Pforzheim Nord und Pforzheim Süd geologische und hydrogeologische Untersuchungen der Ausbautrasse durchgeführt. Der Schwerpunkt lag auf den Auswirkungen der oberirdischen Trassenführung auf die Trinkwassergewinnungsanlagen im Enztal. Hintergrund war die Lage des geplanten 4,77 km langen sechsspürigen Ausbaus in einem hydrogeologisch sensiblen Bereich. So durchquert die Trasse mehrere Wasserschutzgebiete und im östlichen Abstrom der A8-Enztalquerung sind Naturschutzgebiete und ein FFH-Gebiet ausgewiesen.

Für die wasserwirtschaftliche Nutzung des Gebietes (Trinkwasserbrunnen im Enztal) wurde eine Risikobewertung durchgeführt. Folgende Risiken wurden dabei gesehen:

- Verschmutzung von Oberflächengewässern und Grundwasser während der Bauphase.
- Gefahr des Eintrags von Verunreinigungen im Bereich der vertieften Einschnittslagen bei Normalbetrieb und bei Unfallereignissen (Havariefall).
- Gefahr für die Oberflächengewässer und das Grundwasser bei „Überfrachtung“ der Rückhaltekapazität.
- Mögliche Änderung der Wasserwegsamkeiten durch Baukörper im Grundwasser der Enzaue.

Um die tatsächlich bestehende Gefährdung durch den Autobahnbetrieb sowie die geplante Ausbaumaßnahme beurteilen und daraus Abwehrmaßnahmen ableiten zu können, entwickelte ARCADIS folgendes Vorgehenskonzept:

- Auswertung vorhandener Unterlagen, Aufbau eines Hydrogeologischen Standortmodells
- Numerische Modellierung der Grundwasserströmung und möglicher Schadstofftransportvorgänge in der gesättigten Bodenzone (Mathematisches Grundwassermodell).
- Ergänzende Untersuchungen: Bohrungen, Neubau von Grundwassermessstellen, Abflussmessungen (Igelsbach, Kirnbach), Stichtagsmessungen
- Abschätzung möglicher Auswirkungen des BAB A8 – Ausbaus auf die Trinkwassergewinnungsanlagen und den Naturschutz mit Hilfe des Grundwassermodells (Szenarienuntersuchungen)

Die Ergebnisse sind im Folgenden zusammengefasst dargestellt:

Entwässerungsanlage

Von der bestehenden Entwässerungsanlage kann eine Gefährdung der Trinkwasserbrunnen im Enztal ausgehen. Die Behörde sieht daher vor, dass die Entwässerung der Ausbautrasse im Zuge der Ausbaumaßnahme gemäß RiStWag angepasst wird. Die Gefährdung des Grundwassers wird damit sowohl für den Routinebetrieb als auch für den Havariefall im Vergleich zum heutigen Zustand auf ein Minimum reduziert.

Gefährdungsabschätzungen Routinebetrieb und Havariefall (Szenarienuntersuchungen)

Die Gefährdungsabschätzung für Trassenbereichen bzw. Bauwerke ergab die höchste Gefährdungsklasse 4 (Risiko > 6) für die Anschlussstelle Pforzheim Ost (Bau- und Routinebetrieb) und die Gefällstrecken und Verschwenkungen südlich der Enzaue (Routinebetrieb). Diese Trassenbereiche liegen im Zustrom von Trinkwassergewinnungsanlagen. Bei Schadstoffeinträgen in den Untergrund besteht die Möglichkeit einer Verfrachtung innerhalb des Buntsandsteinaquifers und eine Gefährdung der Anlagen.

Die geringste Gefahr (Gefährdungsklasse 1) geht im Routinebetrieb vom gesamten nördlichen Trassenabschnitt aus, da keine hydraulische Verbindung zu den Trinkwassergewinnungsanlagen im Buntsandsteinaquifer besteht.

In einer Handlungsmatrix wurden hydraulische Abwehrmaßnahmen zur Minimierung des Restrisiko zusammenfassend dargestellt (s. Tabelle 9).

Bewertung der Streusalzfrachten

Die potentiellen Streusalzfrachten, die als A8-Abwasser über die RKB in die Enz geleitet werden sind im Vergleich zur bereits in der Enz vorhandenen Salzfracht mit $< 0,5 \%$ im 10-Jahresmittel sehr gering und liegen weit unterhalb der jährlichen Schwankungsbreite. Es besteht kein Handlungsbedarf.

Hydraulische Auswirkungen von Gründungsbauwerken

Im vorliegenden Fall war mit dem Grundwasserströmungsmodell bei einer Auflösung im 10 m-Raster keine Auswirkungen auf die Grundwasserfließrichtung und -geschwindigkeit nachzuweisen. Es besteht kein Handlungsbedarf.

7.2 Auswirkung der Vorzugsvariante Tunnelbauwerk (2008)

Zusätzlich zur ursprünglichen Planung wurden im Zuge des Planfeststellungsverfahrens im Abschnitt zwischen den AS PF-Nord und PF-Ost (Enztal) Maßnahmen zum Lärmschutz vorgesehen; u. a. auch eine Einhausung im Bereich des Enzberges mit einer Tieferlegung in diesem Bereich. Gegenüber der bisher verfolgten oberirdischen Trassenführung erfordert diese Planungsänderung weitergehende Untersuchungen zur Beurteilung der wechselseitigen Einflüsse zwischen Geologie/ Hydrogeologie und dem Tunnelbauwerk.

Auswirkungen der geologischen/ hydrogeologischen Standortbedingungen auf das Tunnelbauwerk

- Die Einhausung bindet überwiegend in den quartären Hanglehm, am südlichen Ende in die Schichten des Unteren Muschelkalkes ein.

- Das nördliche Tunnelende liegt im Bereich der Wartbergstörung.
- Nördlich des Tunnels bindet die tiefergelegte Gradienten bereichsweise in Mittleren und Oberen Muschelkalk ein.
- Bei evtl. Tiefgründungsmaßnahmen ist zu berücksichtigen, dass der Mittlere Muschelkalk durch Auslaugung ein gestörtes Lagerungsgefüge hat und möglicherweise in unterschiedlichen Höhenlagen Hohlräume bzw. Kluftgrundwasser aufweist.
- Eine Einbindung der Tunnelfundamente bzw. des Unterbaus in den quartären Grundwasserleiter können derzeit nicht ausgeschlossen werden. Seit Dezember 2009 werden Langzeitbeobachtungen der Grundwasserstände in diesem Bereich durchgeführt, die eine bessere Beurteilung des Sachverhaltes ermöglichen werden.

Auswirkungen des Tunnelbauwerkes auf die Umwelt

- Das Bauwerk wird im quartären Grundwasserleiter gegründet.
- Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass für die Baumaßnahme eine Wasserhaltung im quartären Grundwasserleiter und eventuell im Unteren Muschelkalk erforderlich wird.
- Sollten nördlich der Störung im Mittleren Muschelkalk Tiefgründungsmaßnahmen durchgeführt werden, so ist zu prüfen, ob der Quellhorizont der Igelsbachquelle davon beeinflusst wird.
- Die Trinkwassergewinnungsanlagen im Enztal werden von den, aufgrund der vorliegenden Planung zu erwartenden Wasserhaltungsmaßnahmen nicht betroffen.
- Das im Rahmen einer Wasserhaltung zu fördernde Grundwasser enthält nach den vorliegenden Analysen keine umweltrelevanten Schadstoffe.
- Die Bauwerksachse kreuzt am nördlichen Ende die derzeitige Fließrichtung des gefassten Wassers und Hangsickerwassers. von der Brunnenstube bzw. dem Vernässungsbereich in Richtung Wasserbehälter/ Igelsbach. Dies ist bei der Planung der Gründungselemente in Form einer geordneten Durchleitung zu berücksichtigen, um einen Aufstau zu vermeiden.

ARCADIS

- Eine tiefergehende Beurteilung ist erst nach Vorliegen der Ergebnisse aus der Langzeitbeobachtung der Grundwasserstände möglich (z. B. Aussagen zum Einfluss des Bauwerks auf die Grundwasserströmung)

Gründung des Tunnelbauwerks

Die Gründung kann als Flachgründung oder als Tiefgründung erfolgen.

Flachgründung

- Im Bereich der breiig-weichen Hanglehne werden Gründungspolster oder ein vollständiger Bodenaustausch erforderlich. Diese sind im Schutze einer Grundwasserhaltung und Aushubsicherung herzustellen.
- Für die Herstellung des Tunnelbauwerks wird eine einbahnige Verkehrsführung zur Abgrabung des Bestandsdamms notwendig. Zur Sicherung des dabei entstehenden Geländesprungs wird die Herstellung eines Verbaus für die mittigen und seitlichen Fundamente erforderlich.

Tiefgründung (Bohrpfähle)

- Baugruben, gesonderten Verbau und Wasserhaltung können weitgehend entfallen.
- Bohrpfähle auf Lücke stellen (Wasserwegigkeit im Untergrund bleiben erhalten; Leitungsführung möglich)

Berücksichtigung der Igelsbachquelle und der umgebenden Vernässungszone bei der Planung des Tunnelbauwerkes und der Hörnleweg-Überquerung

- Der Wasserbehälter westlich der Trasse befindet sich unmittelbar randlich des Tunnelbauwerkes im Tiefenbereich der Gradienten. Der Wasserbehälter ist derzeit außer Funktion gesetzt. Es ist daher im Rahmen der Planung mit den zuständigen Behörden/Verwaltungen (z. B. Stadtwerke, Umweltschutz, Denkmalschutz) zu klären, ob der Wasser-

behälter rückgebaut werden kann. Dabei ist sicherzustellen, dass auch die Anschlussleitungen zur Brunnenstube, zur Eutinger Wasserversorgung und zum Kanal fachgerecht rückgebaut oder verschlossen werden.

- Nördlich der Autobahn ist im Bereich der Brunnenstube der Igelsbachquelle (s. Anlage 1.7) eine flächige Vernässungszone ausgebildet, die lt. Umweltamt der Stadt Pforzheim als besonders geschütztes Biotop gemäß § 32 Naturschutzgesetz ausgewiesen wurde. In diesem Bereich ist eine Dammschüttung für die Herstellung der Überquerung des Hörnlewegs über die Einhausung geplant.

Die Brunnenstube der Igelsbachquelle (frühere Bezeichnung: Igelsbachquelle 2) befindet sich unmittelbar südlich angrenzend an die geplante Trassenführung des Hörnlewegs. Das Gebäude liegt rd. 12 m unterhalb der zukünftigen Trassenführung innerhalb der geplanten Dammschüttung. Der Zugang zur Igelsbachquelle ist zu erhalten. Im Rahmen der Planung ist zu klären, ob das Gebäude erhalten werden soll bzw. in welcher Form die Zugänglichkeit gewährleistet werden kann.

- Eine Verlegung des Quellaustrittes würde weitere Erkundungen und Eingriffe im geologisch komplexen Quellbereich und Quellhorizont sowie technisch aufwändige Baumaßnahmen erfordern. Daher sollte die Quelle an Ort und Stelle belassen werden.
- Falls die bestehende Brunnenstube erhalten werden soll, muss geprüft bzw. sichergestellt werden, dass die bestehenden Leitungsanschlüsse auch nach Rückbau der Leitungen im Aussenbereich dauerhaft dicht sind, so dass innerhalb der späteren Dammschüttung keine Wasseraustritte z. B. aus undichten Leitungsanschlüssen, stattfinden.
- Die konstruktive Lösung der Einbindung der Brunnenstube und des Quellwasserabflusses in die Dammschüttung ist Aufgabe der Baureifplanung.
- Die Umsetzung der geplanten Dammschüttung im Bereich des besonders geschützten Biotops gemäß § 32 Naturschutzgesetz muss mit der Umweltschutzbehörde der Stadt Pforzheim abgestimmt werden (Ausweisung von Ausgleichsflächen etc.).

- Der oberflächennah anstehende Boden im Bereich der Vernässungszone ist stark holz- bzw. torfhaltig. Der Bereich wird durch Oberflächenwasser, Hangwasser und sehr wahrscheinlich durch aufsteigende Grundwassergespeist. Im Vorfeld der Schüttungsmaßnahme muss der bestehende Boden daher flächig ausgeräumt und Wasserzutritte lokalisiert werden.
- Im Zuge der Baumaßnahme ist der ungehinderte Abfluss der Wasserzutritte durch entsprechende Wasserfassungen bzw. Drainagebauwerke, auch an der Basis der zukünftigen Dammschüttung, zu gewährleisten.

Baugrundhauptuntersuchung

Als Grundlage für eine Gründungsplanung ist noch eine objektbezogene Baugrundhauptuntersuchung nach DIN 4020 durchzuführen.

8 Empfehlungen für die Baureifplanung

8.1 Empfehlungen zum Schutz der Trinkwasserbrunnen im Enztal

Vor Beginn des A8-Ausbaus sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Erstellung eines Notfallplanes mit Maßnahmenkatalog und Zuständigkeiten
- Planung und Bau von Abwehrbrunnen
- Durchführung von Pumpversuchen als Testbetrieb für mögliche Abwehrmaßnahmen
- Klärung möglicher Abwehrinfiltrationen in potentiell gefährdeten Brunnen mit dem Wasserversorgungsunternehmen, Bereitstellung der notwendigen technischen Einrichtungen

Das Grundwassermodell kann zur Unterstützung von Detailplanungen oder im Havariefall zur schnellen Optimierung der Abwehrmaßnahmen eingesetzt werden.

8.2 Empfehlungen zur Vorzugsvariante Tunnelbauwerk

Bei der Baureifplanung sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Bereichsweise wird die Tunneltrasse Aushubmaßnahmen im Fels erfordern. Die Muschelkalkformation besteht aus sehr unterschiedlich ausgeprägtem Fels. Während der Untere und Obere Muschelkalk i. d. R. kompakt und mit guter Kornbindung ausgebildet sind, ist der Mittlere Muschelkalk bereichsweise sehr stark zersetzt. Im Bereich der Wartbergstörungszone ist in allen Schichtgliedern mit gestörtem Kornverband und Lagerungsverhältnissen zu rechnen. Hohlräume können nicht ausgeschlossen werden.
- Bei der Planung von Bauteilen, die in das Grundwasser ragen, ist zu berücksichtigen, dass das Grundwasser sowohl im quartären Grundwasserleiter als auch im Quellhorizont der Igelsbachquelle (Mittlerer Muschelkalk) leicht betonaggressiv ist.
- Für die Gründung des westlichen Fundamentes ist eine Wasserhaltung vorzusehen. (Auswirkungen auf die Trinkwassergewinnungsanlagen im Enztal sind dabei nicht zu erwarten).
- Südlich der Wartbergstörung liegt das geplante Tunnelbauwerk im Wasserschutzgebiet III [U3]. Eingriffe, die das Grundwasser betreffen sind daher grundsätzlich mit der Unteren Wasserbehörde abzustimmen. Baumaßnahmen sind gemäß den Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten" (RiStWag) durchzuführen.
- Der Bereich um die Igelsbachquelle ist als Biotop gemäß § 32 Naturschutzgesetz ausgewiesen. In diesem Bereich ist eine Dammschüttung für die Hörnleweg-Überquerung vorgesehen. Sämtliche Arbeiten in diesem Bereich müssen mit der Umweltschutz und Landschaftschutzbehörde abgestimmt werden.
- Bzgl. der Gebäude im Bereich der Igelsbachquelle ist mit den zuständigen Behörden/ Institutionen abzustimmen, ob der Wasserbehälter rückgebaut werden kann bzw. wie der Zugang zur Brunnenstube unterhalb der Hörnleweg-Überquerung herzustellen ist.

- Die konstruktive Lösung der Einbindung der Brunnenstube und des Quellwasserabflusses ist im Rahmen einer Detailplanung festzulegen.
- Im Hinblick auf die geplante Dammschüttung muss der im Bereich der Vernässungszone anstehende torfhaltige Boden flächenhaft ausgeräumt werden. Die bestehenden Abläufe für Oberflächenwasser und oberflächennahe Wasserzutritte sind zu lokalisieren und über Wasserfassungen bzw. Dränagen abzuführen.
- Im Zuge der Baureifplanung ist unter Berücksichtigung der Vorzugsvariante Tunnelbauwerk eine objektbezogene Baugrundhauptuntersuchung nach DIN 4020 durchzuführen.

ARCADIS Consult GmbH

i. V.



Dr.-Ing. Klaus Piroth

i. A.



Dipl.-Geol. Maria Rebel