

Daimler AG
Prüf- und Technologiezentrum Immendingen

Erläuterungsbericht Hydrogeologie und Wasserwirtschaft

Vorhabensträger:

Daimler AG
Corporate Facility Management
Real Estate & Gebäude Management
Research & Development
059-X 422-CFM/RD
71059 Sindelfingen

Entwurfsverfasser:

 **Planungsgesellschaft für
Wasser und Boden mbH**
Heilbronner Str. 81 | Fon 0711/2550936-0
70191 Stuttgart | Fax 0711/2576547

PN: 12092

Stuttgart, den 25.11.2013

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	1
2	Geologischer Überblick	3
3	Hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Verhältnisse	5
3.1	Grundwasservorkommen und -stockwerksgliederung	5
3.2	Geohydraulische Kennwerte der Aquifere	7
3.3	Grundwasserstände und Grundwasserspiegelschwankungen	10
3.4	Grundwasserströmungsverhältnisse	10
3.5	Hydrochemische Verhältnisse	11
3.6	Grundwassernutzungen und Wasserschutzgebiete	12
3.7	Gewässerverhältnisse	13
4	Altlasten	15
4.1	Altstandorte, Altablagerungen, Schädliche Bodenveränderungen und Betriebe mit umweltrelevanten Nutzungen im Untersuchungsraum	15
4.2	Ergebnisse und Einstufung der untersuchten Altablagerungen, Altstandorte und Schädlichen Bodenveränderungen	20
5	Eingriffe durch bauliche Anlagen (Bauzeit und Betrieb) und deren hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Auswirkungen	24
5.1	Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Grundwasservorkommen	24
5.2	Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Grundwassernutzungen	26
5.3	Auswirkungen der Baumaßnahme auf Oberflächengewässer und Quellen	26
5.4	Auswirkungen der Baumaßnahme auf den Bodenwasserhaushalt	28
6	Beschreibung der Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung	30
7	Beschreibung und Bewertung der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen	32
8	Verzeichnis der verwendeten Unterlagen	33

Tabellenverzeichnis

- Tab. 3.1: Übersicht der Auffüllversuche in den Kernbohrungen und den Schürfen in aufsteigender Nummerierung der Aufschlüsse einschl. der Ergebnisse (wasserungesättigte Bodenzone)
- Tab. 3.2: Zusammenstellung der Ergebnisse der Auffüllversuche in den Kernbohrungen und Schürfen im Tertiär (wasserungesättigte Bodenzone)
- Tab. 3.3: Zusammenstellung der Ergebnisse der Auffüllversuche in den Kernbohrungen und Schürfen im Jura (wasserungesättigte Bodenzone)
- Tab. 3.4 Zusammenstellung der Durchlässigkeiten anhand der durchgeführten Kurzpumpversuche (wassergesättigte Bodenzone)
- Tab. 3.5: Grundwasserspiegelschwankungen sowie der höchste (HHW) und niedrigste (NNW) an den Grundwassermessstellen gemessene Wasserstände im Beobachtungszeitraum
- Tab. 3.6: Angaben zum Wasserschutzgebiet „Tiefbrunnen Brächle, Tiefbrunnen Oberwiesen und Bitzenquelle“ der Stadt Engen
- Tab. 3.7: Monatliche Schüttungsmessungen der Quellen im Untersuchungsraum im Rahmen der Beweissicherung (Messzeitraum: März 2013-September 2013)
- Tab. 4.1: Altablagerungen im Bereich Standortübungsplatz
- Tab. 4.2: Altstandorte im Bereich Standortübungsplatz
- Tab. 4.3: Schädliche Bodenveränderungen im Bereich Standortübungsplatz

Anlagen

- Anlage 1: Übersichtslageplan Hydrogeologie und Wasserwirtschaft M 1 : 5.000

1 Vorbemerkungen

Die Daimler AG plant auf dem derzeitigen Standortübungsplatz der Deutsch-Französischen Brigade der OFw-Schreiber-Kaserne in Immendingen, Landkreis Tuttlingen, ein Prüf- und Technologiezentrum zur Erprobung von Kraftfahrzeugen zu realisieren. Die im Zuge der Bundeswehrreform frei werdende Fläche der Oberfeldwebel-Schreiber-Kaserne und des angeschlossenen Standortübungsplatzes bietet auf mehr als 500 ha die Möglichkeit, alle vorgesehenen Anlagen und Einrichtungen eines Prüfzentrums zur Optimierung von Verbrennungsmotoren, zur Weiterentwicklung alternativer Antriebe und zur Verbesserung von Fahrsicherheitssystemen zu realisieren.

Die Inhalte der Planung begründen sich zu einem entscheidenden Teil in den funktionalen und technischen Entwicklungskonzepten der einzelnen Prüfmodule zur Fahrzeugerprobung. Die besondere Aufgabe dieser Konzeptentwicklungen besteht darin, die technisch-geometrischen Anforderungen an die Streckenanlagen und Prüfflächen mit den örtlichen Gegebenheiten von Topografie, Ökologie, Landschaftsbild und benachbarten Nutzungen bestmöglich in Einklang zu bringen.

Entsprechend der Bereichscharakteristik der Bestandssituation und auch der angestrebten Entwicklungs- und Nutzungsziele wird das Gesamtprojekt in einen hochbaulichen Teil und einen landschaftsbezogenen Teil differenziert. Gleichsam erfolgt eine Zweiteilung der Bebauungsplanung, bei der sich der Teilbereich „Hochbauzone“ im Wesentlichen auf das engere Kasernenareal mit circa 34 ha an der Landesstraße L225 bezieht. Hier wird ein Technologiezentrum für differenzierte konzerneigene Nutzungen aus den Bereichen Forschung, Entwicklung und Kommunikation städtebaulich entwickelt. Dieses Vorhaben wird nicht mit diesem wasserrechtlichen Verfahren angezeigt. Im Teilbereich „Prüfgelände“ werden Flächen und Streckenanlagen zur Fahrzeugerprobung auf der knapp 500 ha großen Fläche des Standortübungsplatzes integriert. Diese Baumaßnahmen und ihre Eingriffe sind Gegenstand des vorliegenden wasserrechtlichen Verfahrens.

Durch den Bau, die baulichen Anlagen und den Betrieb des Prüf- und Technologiezentrums treten Benutzungen der Gewässer i.S. des WHG auf, wobei das Grundwasser und die Oberflächengewässer betroffen sind. Bei allen Maßnahmen, mit denen Auswirkungen auf die Gewässer verbunden sein können, ist die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuordnen, um eine Beeinträchtigung der Gewässer, insbesondere ihrer wasserwirtschaftlichen und ökologischen Funktionen zu vermeiden. Dazu sind die einschlägigen Untersuchungen erforderlich, zu denen eine ausreichende Erkundung und Beurteilung des Baugrundes, der Erdbaustoffe, der Oberflächen- und Grundwasserverhältnisse sowie der wasserwirtschaftlichen Nutzung gehören.

Die Darstellung und Beschreibung der hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse sind eine wesentliche Voraussetzung zur Planung, Gestaltung und dem Unterhalt des Vorhabens. Dabei ist dem Vermeidungs- und Verminderungsgebot bezüglich der Umweltauswirkungen Rechnung zu tragen. Die hydrogeologischen Verhältnisse und wasserwirtschaftlichen Nutzungen bilden wichtige Grundlagen für die funktionsgerechte Gestaltung der Bauwerke in Wechselwirkung zum Baugrund (Gebirge und Grundwasser) und dessen Inanspruchnahme. Dabei ergeben sich Wechselwirkungen zu den Schutzgütern der Umwelt (z.B. Flächen- und Rauminanspruchnahme, Eingriffe in Funktions- und Lebensräume des Menschen, der Tiere und der Pflanzen).

Der vorliegende Erläuterungsbericht dient als Grundlage für die Bewertung des Gebirges als Funktionsraum der Gewässer und der möglichen baulichen anlage- und betriebsbedingten Maßnahmen und Einwirkungen auf die Gewässer sowie zur Erläuterung der sich aus dem

Bau und Betrieb des Prüf- und Technologiezentrums ergebenden wasserrechtlichen Tatbeständen. Anlage 1 gibt auf einen Überblick der hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse sowie der geplanten Maßnahmen im Maßstab 1 : 5.000.

Der Erläuterungsbericht basiert auf den Ergebnissen der bislang durchgeführten 2 Erkundungsprogramme im März bzw. Mai/Juni 2012 und Frühjahr bzw. Sommer 2013. Die Ergebnisse hierzu sind in den folgenden Fachgutachten/Stellungnahmen von geon dargelegt:

- Gutachten zur Baugrunderkundung, 5. November 2012
- Kurzgutachten Hydrogeologie und Wasserwirtschaft, April 2013
- Programmgutachten Beweissicherung Wasser, Oktober 2013
- Fachgutachten Altlasten und Vorbelastungen, November 2013

Die Beurteilung der Notwendigkeit von bauzeitlichen Wasserhaltungsmaßnahmen und somit der bauzeitlichen Eingriffe in das Grundwasser erfolgt unter Zugrundelegung des vorliegenden Grundwassergleichenplans im Tertiär, der die Stichtagsmessung vom 30. Juni 2013 berücksichtigt und in etwa Mittelwasserverhältnisse darstellt. Die Maßnahmen, die für die dauerhafte Standsicherheit und Gebrauchsfähigkeit der Kunst- und Erdbauwerke unter der Situation höherer Wasserstände erforderlich sind, sind vom technischen Planer einzuplanen. Angaben zu maximalen Grundwasserstandshöhen liegen derzeit erst über einen halbjährigen Zeitraum kontinuierlich vor. Die entsprechenden Messungen werden jedoch fortgesetzt, so dass zu Baubeginn im 2014/2015 ein hydrologisches Jahr vorliegen wird. Art und Umfang der notwendigen Maßnahmen zur bauzeitlichen Trockenhaltung von Baugruben hängen wesentlich von den während der Bauzeit herrschenden hydrologischen Verhältnissen und der Art und Umfang des Baukonzepts und der Baugrubensicherungsmaßnahmen (offene Baugruben oder Baubehelfe) ab, so dass letztendlich eine Dimensionierung von Wasserhaltungen (geschlossene oder freie Wasserhaltungen) erst abschließend vor Ort im Zuge der Baumaßnahme durch den Fachgutachter unter der Beachtung der wasserwirtschaftlichen Auflagen festgelegt werden kann. Das Entwässerungskonzept sieht eine dezentrale Sammlung und Versickerung des Niederschlagswassers in der Nähe des Anfalls vor. Dazu wurden in den versickerungsrelevanten Bereichen durchgeführt. Die Versickerung erfolgt dabei über eine 0,30 m mächtige belebte Bodenzone. Die Qualität des Niederschlagswassers wurde dabei gemäß Merkblatt ATV-DVWK-M 153 geprüft. Die vorgesehenen Versickerungsflächen sind dem Entwässerungskonzept (Tilke 11/2013) zu entnehmen. Linienförmige Module werden in seitlich angeordnete Wegeseitengräben versickert, die mit einem Querriegel ausgestattet werden und bemessungstechnisch als Versickerungsmulden ausgelegt sind.

2 Geologischer Überblick

Auf Grundlage der geologischen Karte von Baden-Württemberg, M 1:25 000, Blatt 8018, Tuttlingen bilden im Untersuchungsraum in weiten Teilen die Schichten der **Oberen Felsenkalke-Formation des Mittleren Weißjura** (ki3, Weißjura epsilon, Oberkimmeridge-Kalk, Malm 4, Massenkalk, ma4o) mit einer maximalen Mächtigkeit von 25 m bis 30 m im Untersuchungsgebiet das Anstehende. Im Norden bis Nordwesten des Untersuchungsgebietes fällt das Höhengniveau stark auf das Donautal im Norden und das Tieftal im Nordwesten hin ab. Aufgrund des Einschnittes des Donautals in das Gelände werden hier zwei söhlig gelagerte Juraschichtenfolgen angeschnitten. An der nordwestlichen Grenze des Geländes, im Bereich des Donautals, bilden die **Wohlgeschichtete-Kalke-Formation des Unteren Weißjura** (ox2, Weißjura beta, Oxford-Kalk, Malm 2, ma2) mit einer Mächtigkeit von maximal 30 m bis 50 m im Untersuchungsgebiet den Festgesteinshorizont. Es handelt sich hierbei um dicke Bänke ziemlich reiner, glatter, hellgrauer Kalke. Durch die häufige vertikale Klüftung erinnern die Kalksteinbänke an wohlgeschichtetes Mauerwerk. Die homogenen, nur spärlich fossilführenden Kalkbänke liegen dicht aufeinander, getrennt durch eine nur wenige Millimeter mächtige Schichtfuge aus Ton. Diese Bänke wechseln sich mit Kalk- und Mergelbänken ab, deren Oberfläche wieder mergeliger und rauer wird. Die zwischengeschalteten Mergellagen können mehrere Dezimeter Mächtigkeit erreichen. Die Wohlgeschichteten-Kalke-Formation ist an der Steilwand der westlichen Grenze des StOÜbPI aufgeschlossen (nahe RKS 17). Prinzipiell kann neben der Wohlgeschichteten-Kalke-Formation (Bankkalk-Fazies) auch die Lochen-Formation (Lochenfazies) auftreten. Lithologisch handelt es sich um ungeschichtete bis undeutlich geschichtete und häufig mergelige biogene Kalksteine mit meist reichhaltiger Fossilführung im Gegensatz zu der mikritischen, spärlich fossilführender Bankkalk-Fazies. Unterlagert, jedoch nicht aufgeschlossen im Gelände, werden diese durch die Gesteine der Impressamergel-Formation (Unterer Oberjura, Unterer Weißjuramergel, Malm 1, Oxford-Mergel, ox1), die die Basis des Weißen Jura (Oberjura) bilden. Es handelt sich um mächtige graue Mergelsteine, in die mit wechselndem Abstand mikritische oder mergelige Kalksteinbänke von 10 – 20 cm eingeschaltet sind. Die Mächtigkeiten im Bereich der Spaichinger Schwelle sind auf 50 – 60 m reduziert.

Mit dem Anstieg des Geländes und damit im Hangenden der Wohlgeschichteten Kalkeformation bildet die **Lacunosamergel-Formation** des Mittleren Weißjura (ki1, Weißjura gamma, Weißjuramergel, Kimmeridge-Mergel, Mittlerer Malmmergel, Malm 3, ma3) mit einer maximalen Mächtigkeit von 20 m bis 25 m im Untersuchungsgebiet den Festgesteinshorizont. Das Gestein ist tonhaltiger und nimmt graue Farbe an (graue mergelige Kalkbänke und Mergellagen).

Im Hangenden der Lacunosamergel und damit im weiteren Anstieg des Geländes bilden die **Unteren Felsenkalke** (ki2, Mittl. Kimmeridgium, Quaderkalke (ma4u)) mit einer maximalen Mächtigkeit von 12 m bis 15 m im Untersuchungsgebiet den Festgesteinshorizont. Es handelt sich hierbei um dickbankige, helle, weiße bis gelblich weiße Kalksteinbänke mit pseudobrecciöser Struktur. Die Mergellagen zwischen diesen reinen, dicken Kalksteinbänken sind in der Regel nur sehr geringmächtig. Oft werden sie nur von sehr dünnen Tonhäuten getrennt. Überlagert werden sie im Untersuchungsgebiet von den Oberen Felsenkalken (ki3), als jüngste Weißjuraschicht (s.o.).

Große Teile des südlichen Bereichs des Untersuchungsgebietes werden von ca. 10 m bis 40 m mächtigen **tertiären Ablagerungen, der Juranagelfluh**, einem Kalksteinkonglomerat (JK, Juranagelfluh, Mittelmiozän) und tertiären Mergeln und Tonsteinen der Oberen Süßwassermolasse (OSM) diskordant überlagert. Die Juranagelfluh ist aus verschiedenen Kalksteinkomponenten zusammengesetzt, die mit einer Matrix aus Kalk oder stellenweise Ton zu gut verkitteten Konglomeraten ausgebildet sind. Es gibt aber auch Bereiche loser Geröll-

massen mit mehr oder weniger sandigen oder lehmigen Zwischenmitteln, die Kalksandsteine und Lehm- und Lettenzonen einschließen.

Nach der Ablagerung der Juranagelfluh begann die vulkanische Tätigkeit im Bereich Höwenegg (nördlicher Teil des Hegau-Vulkanismus). Der Vulkanismus lässt sich als ein Vulkanfeld aus Maaren und kleineren Vulkanbauten beschreiben mit Beckentuffen und Schlotfüllungen. Im Umfeld des Höwenegg treten auch Laven (Nephelinite/Melilithite) auf, die in Tuffschlote eingedrungen sind und abgebaut wurden. Im Schurf 16 wurden im Sommer 2013 die **Vulkanite und Begleitsedimente des Höwenegg-Vulkanismus, tHEG** (Tuff bzw. Tuffit) aufgeschlossen.

Neben den bis zu mehreren Metern mächtigen **anthropogenen Auffüllungen (yA)** im Gelände, wie im Bereich rund um die Schießanlage, treten auch weitere **quartäre Ablagerungen** auf. In Richtung Südwesten nehmen diese pleistozänen Ablagerungen in ihrer Mächtigkeit zu und erreichen im Bereich des Übelberges bzw. der Taläcker ca. 4,5 – 6,0 m (Diluviale Lehme und Schotter).

Verkarstung

In dem tektonisch- und damit auch bezüglich der Wasserzirkulation stärker beeinflussten Bereich des Weißjuragebirges sind innerhalb des Untersuchungsraumes einige typische Erdfälle zu beobachten. Am nördlichen Ende des Gebiets ist eine Doline, die „Schalmen-grub“ mit annähernd kreisrunder Form in der geologischen Karte verzeichnet.

In dem „Geologischen Beitrag zum Benutzungs- und Bodenbedeckungsplan, Standortübungsplatz Immendingen“ ist hierzu folgendes vermerkt: „Seit der Oberen Kreidezeit schreitet die Verkarstung, hier Bildung von durch Kalksteinlösung erweiterten Spalten- und Höhlensystemen, im Massenkalkstein zur Tiefe hin fort. Es hat sich entlang von Nordnordost nach Südsüdwest verlaufenden Störungssystemen ein Röhren- / Tunnelsystem im Gestein entwickelt. Im Platzbereich sind drei kleine Dolinen (ca. 30 m - 40 m Durchmesser) und eine große, zu einer Karstschlucht erweiterten Doline (ca. 180 m mal 70 m), die „Hebammengrube“ im Nordosten des StOÜbPl, vorhanden. Die „Hebammengrube“ wurde schon seit dem Mittelalter mit Müll, Bauschutt und Erdreich verfüllt und ist heute morphologisch nicht mehr erkennbar. Eine Aufhaldung aus Bauschutt und Erdreich reicht von der Kaserne in den Platz hinein.“ Die von geon im Rahmen der Karstkartierung erkundeten Dolinen / Erdfälle und Sickerlöcher wurden zusätzlich zu den schon bekannten Erdfällen in den Übersichtsplan der Anlage 1 eingetragen.

Ein weiteres Zeichen der Verkarstung des Untergrundes stellen die Trockentäler dar. Im Bereich dieser Trockentäler hat eine Verkarstung und Erosion des Untergrundes stattgefunden, so dass hier Hohlräume vorhanden sein können. Das Wasser, das in diesen Tälern nach Niederschlagsereignissen abfließt, versickert hierdurch sofort. Die Lage dieser Täler ist außerdem im Kapitel Oberflächengewässer beschrieben. Hier wird auch auf die Bedeutung dieser Täler bzgl. der Oberflächenwasserversickerung eingegangen.

3 Hydrogeologische Verhältnisse

3.1 Grundwasservorkommen und -stockwerksgliederung

Karstgrundwasservorkommen im Weißjura

Die Schwäbische Alb ist mit der Fränkischen Alb das größte zusammenhängende Karstgebiet Deutschlands. Die Verkarstung der Kalksteine des Oberjura (Weißen Jura) bestimmt die Hydrogeologie der Alb. Der Karstwasserkörper der Schwäbische Alb kann in die Zonen „Seichter“ und „Tiefer“ Karst eingeteilt werden.

Die Zone des Seichten Karstes mit seiner freien Grundwasseroberfläche bildet entlang des Albtraufs ein relativ schmales Band und wird im Süden überwiegend durch die Karstwasserscheide zwischen Neckar und Donau begrenzt. Im Seichten Karst wird die Aquifersohle von der Impressamergel-Formation gebildet, die über der Vorflut liegt.

Die Zone des Tiefen Karstes schließt sich südlich an und kann nach WEIDENBACH (1954) in eine äußere, innere (bei VILLINGER (1972) werden die äußere und innere Zone zu einer offenen Zone zusammengefasst) und überdeckte Zone eingeteilt werden. Im Tiefen Karst bildet die Lacunosamergel-Formation (Mittlerer Oberjura, Mittlerer Weißjura, Malm γ - Mergelfazies, Malm 3, ki1) die Sohlschicht des Grundwasserleiters. Die sich an den Seichten Karst anschließende äußere Zone des Tiefen Karstes zeigt noch dem Seichten Karst ähnliche Verhältnisse. Diese sind gekennzeichnet durch schnelle Abflüsse, stark schwankende Quellschüttungen und zeigen aufgrund weitgehend fehlender schützender Überdeckung eine deutliche Anfälligkeit für Verunreinigungen. Der gut geklüftete und durch korrosive Erweiterung der Klüfte entstandene kavernöse Kalkstein besitzt nahezu kein Reinigungsvermögen gegenüber Schadstoffen und Mikroorganismen. Zwischen Versickerung und dem Wasseraustritt in Brunnen oder Quellen liegen nur wenige Stunden bis Tage. Das Grundwasser bewegt sich dabei durch Kluft-, korrosiv erweiterte Röhren-, Schacht- und Höhlensysteme, deren Richtung sich nach den Hauptstörungen- und -kluftrichtungen (NW – SE und N – S) richtet.

Zu dieser Zone gehört auch eine der mit am stärksten schüttenden Quellen Deutschlands: die südlich des Untersuchungsbereiches liegende Aachquelle mit einer mittleren Schüttung (MQ) von 8,1 m³/s, die ihr Wasser teilweise aus Versickerungen der oberen Donau, nach VILLINGER (1997) liegen die mittleren Wasserverluste der oberen Donau um 6,7 m³/s, bezieht. Eine Versickerung des Donauwassers über die Kies-Schotterfüllungen in den Hauptkarstaquifer ist im bzw. am nördlichen Rand des StÜbPL Immendingen (Bereich der befestigten Furt, oberhalb Wehr Immendingen) zu beobachten. Angrenzend an den Versickerungsbereich der Donau liegt das Untersuchungsgebiet demnach am nordwestlichen Rand des Einzugsgebietes der Aachquelle (Äußere Zone des Tiefen Karstes).

Die sich südlich anschließende innere Zone ist dadurch gekennzeichnet, dass sie außer Verwitterungsbildungen oder Lößlehmsedimenten keine tonigen Deckschichten über den verkarsteten Gesteinen des Oberjura aufweist. Eine schnelle Versickerung von Niederschlagswasser in den Untergrund ist somit gegeben, wobei das versickerte Niederschlagswasser in der inneren Zone länger im Untergrund verweilt. Die Quellschüttungen sind in dieser Zone deutlich gleichmäßiger und das Grundwasser zeigt eine hygienisch bessere Qualität. In der überdeckten Zone des tiefen Karstes werden die Gesteine des Oberjura schließlich von Sedimenten der Molasse überdeckt.

Der Karstaquifer im Untersuchungsraum wurde nach VILLINGER (1997) ermittelt und in Anlage 1 dargestellt. In das Karstgrundwasser wird durch die geplanten Baumaßnahmen nicht direkt eingegriffen.

Beim Durchführen der Schürfe im Tertiär war häufig ein Zusammenlaufen von oberflächennahem Schichtwasser von den Schurfseiten zur Mitte hin zu beobachten. Dieses lokale Sickerwasser ist nicht dem oben beschriebenen Grundwasser gleichzusetzen.

3.2 Geohydraulische Kennwerte der Aquifere

Im Zuge der Vor- und Haupterkundungen 2012 und 2013 wurden in 2 Kernbohrungen und 11 ausgebauten Grundwassermessstellen Pumpversuche zur Ermittlung der hydraulischen Durchlässigkeiten in den Grundwasservorkommen des Tertiärs, Weißjuras und Quartärs ermittelt. Auch im ungesättigten Bereich wurde der Untergrund im Hinblick auf die geplanten Versickerflächen mit Hilfe von Auffüllversuchen auf seine Durchlässigkeit getestet. Dies geschah in 5 Kernbohrungen und 30 Schürfen. Die Auffüllversuche wurden im offenen Bohrloch bzw. über die Sohle des Schurfs (mittels Betonring) oder den gesamten Schurf durchgeführt. Die ermittelten Durchlässigkeiten in der ungesättigten Zone sind übersichtlich in Tab. 3.1 und getrennt nach Geologie in Tab. 3.2 (Tertiär) und Tab. 3.3 (Jura) dargestellt. Tab.3.4 fasst die Ergebnisse in der wassergesättigten Zone anhand der Pumpversuche zusammen.

Tabelle 3.1: Übersicht der Auffüllversuche in den Kernbohrungen und den Schürfen in aufsteigender Nummerierung der Aufschlüsse einschl. der Ergebnisse (wasserungesättigte Bodenzone)

Aufschluss	Versickerungsfläche	Modul	Geologie Teststrecke	Schicht wasser [m u.GOK]	Teststrecke [m u. GOK]		k_f [m/s]
Kernbohrungen							
BK 12	VM22	1.2 Messgerade (incl. 9.2)	Tertiär	-	0,90	10,40	8,9E-10
BK 15	1.1 ORK	1.1 Schnellfahrbahn	Tertiär	-	0,40	2,80	1,3E-07
BK 27	1.4 NVH	1.4 NVH Strecken	Jura	-	0,50	5,00	2,4E-06
BK 39	VM12	1.1 Schnellfahrbahn (incl. 6.1, 6.3) 1.2 Messgerade (incl. 9.2) 1.4 NVH Strecken 4.1 Handlingkurs	Jura	-	2,00	2,80	6,6E-07
BK 40	1.1 ORK	1.1 Schnellfahrbahn	Tertiär	-	1,00	5,00	6,5E-07
Schürfe							
Sch 02	VM22, VM21*	1.2 Messgerade (incl. 9.2)	Tertiär	-		1,40	4,0E-06
Sch 04	3.7 Schlechtweg	3.7 Schlechtweg	Tertiär	-		2,30	<10E-10
Sch 05	4.1 Handlingkurs	4.1 Handlingkurs	Tertiär	-		1,50	4,0E-06
Sch 06	4.1 Handlingkurs	4.1 Handlingkurs	Tertiär	-		3,00	<10E-10
Sch 07	VM13	1.4 NVH Strecken	Jura	-		2,90	1,4E-03
Sch 08	3.1 Dauerlaufkurs	3.1 Dauerlaufkurs	Tertiär	0,50		3,50	<10E-10
Sch 09	VM24	2.1 Bertha (incl. 3.4)	Jura	-		1,50	9,8E-05
Sch 13	VM06, VM07, VM08*	3.5 Heidestrecke (incl. 3.6, 7.8)	Jura	-		2,00	4,8E-05
Sch 14	VM05, VM08*	3.5 Heidestrecke (incl. 3.6, 7.8)	Jura	-		2,50	3,3E-04
Sch 15	VM03, VM04*	3.5 Heidestrecke (incl. 3.6, 7.8)	Jura	-		2,85	1,3E-03
Sch 17	VM01	7.6 Steigungsstrecken	Jura	-		1,70	3,5E-03
Sch 18	VM12	1.1 Schnellfahrbahn (incl. 6.1, 6.3) 1.2 Messgerade (incl. 9.2) 1.4 NVH Strecken 4.1 Handlingkurs	Jura	-		3,00	1,5E-05
Sch 19	VM19	4.2 Nasshandling	Tertiär	-			<10E-10 ¹⁾
Sch 20	VM18	4.1 Handlingkurs	Tertiär/Jura	0,65		2,00	7,7E-07
Sch 21	VM18	4.1 Handlingkurs	Tertiär	0,48		3,30	2,4E-04
Sch 22	VM16	1.4 NVH Strecken 4.1 Handlingkurs	Jura	-		2,60	8,5E-05
Sch 23	VM15	4.1 Handlingkurs	Jura	-		2,30	6,6E-02
Sch 24	VM14	4.2 Nasshandling	Jura	-		3,00	5,6E-05
Sch 25	VM23	1.3 Fahrdynamikfläche (incl. 1.5)	Jura	-		2,90	1,0E-04
Sch 27	VM22, VM21*	1.2 Messgerade (incl. 9.2)	Tertiär	-		2,70	8,0E-06
Sch 28	3.7 Schlechtweg	3.7 Schlechtweg	Jura	-		2,50	4,3E-06

Aufschluss	Versickerungsfläche	Modul	Geologie Teststrecke	Schicht wasser [m u.GOK]	Teststrecke [m u. GOK]		k _f [m/s]
Sch 32	HBZ, VM09- VM11*	3.3 Stadtquartier (incl. 6.4)	Jura	-	1,51	1,80	4,8E-03
Sch 34	HBZ, VM09- VM11*	3.3 Stadtquartier (incl. 6.4)	Jura	-	2,24	2,80	6,8E-04
Sch 36	HBZ, VM09- VM11*	3.3 Stadtquartier (incl. 6.4)	Jura	-	2,09	2,60	1,7E-03
Sch 37	Hochbauzone		Jura	-	1,76	2,55	3,7E-06
Sch 40	VM20	1.1 Schnellfahrbahn (incl. 6.1, 6.3)	Jura	-		1,60	7,8E-05
Sch 43	VM02, VM04*	3.5 Heidestrecke (incl. 3.6, 7.8)	ql/Jura	-	1,00	1,50	3,2E-05
Sch 44	VM17	4.1 Handlingkurs	Jura	-	1,51	2,00	1,6E-04
Sch 45	VM18	4.1 Handlingkurs	Jura	-	1,38	2,00	1,2E-05
Sch 46	4.1 Handlingkurs	4.1 Handlingkurs	Tertiär	-	1,44	2,00	2,2E-05

Legende: gilt für Tabelle 3.1-3.4

- * Abschätzung aus umliegenden Baugrundaufschlüssen
¹⁾ Versuch wegen sichtbarer Undurchlässigkeit des Anstehenden Tons (TA) nicht durchgeführt (k_f-Wert abgeschätzt)
 VM Versickerungsfläche
 k_f-Wert Durchlässigkeitsbeiwert

Tabelle 3.2 und 3.3 zeigen die Ergebnisse in der wasserungesättigten Zone in Bezug auf die jeweilige Geologie im Tertiär bzw. Jura.

Tabelle 3.2: Zusammenstellung der Ergebnisse der Auffüllversuche in den Kernbohrungen und Schürfen im Tertiär (wasserungesättigte Bodenzone)

Aufschluss	Versickerungsfläche	Modul	Geologie Teststrecke	Schicht wasser [m u.GOK]	Teststrecke [m u. GOK]		k _f [m/s]
BK 40	1.1 ORK	1.1 Schnellfahrbahn	Tertiär	-	1,00	5,00	6,5E-07
BK 15	1.1 ORK	1.1 Schnellfahrbahn	Tertiär	-	0,40	2,80	1,3E-07
BK 12	VM22	1.2 Messgerade (incl. 9.2)	Tertiär	-	0,90	10,40	8,9E-10
Sch 02	VM22, VM21*	1.2 Messgerade (incl. 9.2)	Tertiär	-		1,40	4,0E-06
Sch 27	VM22, VM21*	1.2 Messgerade (incl. 9.2)	Tertiär	-		2,70	8,0E-06
Sch 08	3.1 Dauerlaufkurs	3.1 Dauerlaufkurs	Tertiär	0,50		3,50	<10E-10
Sch 04	3.7 Schlechtweg	3.7 Schlechtweg	Tertiär	-		2,30	<10E-10
Sch 20	VM18	4.1 Handlingkurs	Tertiär/Jura	0,65		2,00	7,7E-07
Sch 21	VM18	4.1 Handlingkurs	Tertiär	0,48		3,30	2,4E-04
Sch 05	4.1 Handlingkurs	4.1 Handlingkurs	Tertiär	-		1,50	4,0E-06
Sch 06	4.1 Handlingkurs	4.1 Handlingkurs	Tertiär	-		3,00	<10E-10
Sch 46	4.1 Handlingkurs	4.1 Handlingkurs	Tertiär	-	1,44	2,00	2,2E-05
Sch 19	VM19	4.2 Nasshandling	Tertiär	-			<10E-10 ¹⁾

Das Tertiär zeigt sich in den untersuchten Bereichen mit einer Streubreite der k_f-Werte von 2,4E-04 bis 8,9E-10 m/s als stark durchlässig bis sehr schwach durchlässig nach DIN 18130. Das geometrische Mittel beträgt 1,4E-07 m/s, damit ist das Tertiär als schwach durchlässig zu bezeichnen. Ein Auffüllversuch im Bereich Tertiär/Jura liegt mit dem k_f-Wert von 7,7E-07 m/s (schwach durchlässig) im Schwankungsbereich des Tertiärs (Tab. 3.2).

Die Weißjuraschichten zeigen sich in den untersuchten Bereichen mit einer Streubreite der k_f-Werte von 6,6E-02 bis 6,6E-07 m/s sehr hoch durchlässig bis gering durchlässig (nach IAEG). Das geometrische Mittel beträgt 1,2E-04 m/s und liegt damit an der Grenze von mäßig durchlässig zu hoch durchlässig. Ein Versuch im Übergangsbereich Quartär/Jura ergibt eine mäßige Durchlässigkeit mit 3,2E-05 m/s (Tab. 3.3).

Tabelle 3.3: Zusammenstellung der Ergebnisse der Auffüllversuche in den Kernbohrungen und Schürfen im Jura (wasserungesättigte Bodenzone)

Aufschluss	Versickerungsfläche	Modul	Geologie Teststrecke	Teststrecke [m u. GOK]		k _f [m/s]
BK 27	1.4 NVH	1.4 NVH Strecken	Jura	0,50	5,00	2,4E-06
Sch 28	3.7 Schlechtweg	3.7 Schlechtweg	Jura		2,50	4,3E-06
Sch 32	HBZ, VM09-VM11*	3.3 Stadtquartier (incl. 6.4)	Jura	1,51	1,80	4,8E-03
Sch 34	HBZ, VM09-VM11*	3.3 Stadtquartier (incl. 6.4)	Jura	2,24	2,80	6,8E-04
Sch 36	HBZ, VM09-VM11*	3.3 Stadtquartier (incl. 6.4)	Jura	2,09	2,60	1,7E-03
Sch 37	Hochbauzone		Jura	1,76	2,55	3,7E-06
Sch 17	VM01	7.6 Steigungsstrecken	Jura		1,70	3,5E-03
Sch 43	VM02, VM04*	3.5 Heidestrecke (incl. 3.6, 7.8)	q/Jura	1,00	1,50	3,2E-05
Sch 15	VM03, VM04*	3.5 Heidestrecke (incl. 3.6, 7.8)	Jura		2,85	1,3E-03
Sch 14	VM05, VM08*	3.5 Heidestrecke (incl. 3.6, 7.8)	Jura		2,50	3,3E-04
Sch 13	VM06, VM07, VM08*	3.5 Heidestrecke (incl. 3.6, 7.8)	Jura		2,00	4,8E-05
BK 39	VM12	1.1 Schnellfahrbahn (incl. 6.1, 6.3) 1.2 Messgerade (incl. 9.2) 1.4 NVH Strecken 4.1 Handlingkurs	Jura	2,00	2,80	6,6E-07
Sch 18	VM12 VM12 VM12 VM12	1.1 Schnellfahrbahn (incl. 6.1, 6.3) 1.2 Messgerade (incl. 9.2) 1.4 NVH Strecken 4.1 Handlingkurs	Jura		3,00	1,5E-05
Sch 07	VM13	1.4 NVH Strecken	Jura		2,90	1,4E-03
Sch 24	VM14	4.2 Nasshandling	Jura		3,00	5,6E-05
Sch 23	VM15	4.1 Handlingkurs	Jura		2,30	6,6E-02
Sch 22	VM16	1.4 NVH Strecken 4.1 Handlingkurs	Jura		2,60	8,5E-05
Sch 44	VM17	4.1 Handlingkurs	Jura	1,51	2,00	1,6E-04
Sch 45	VM18	4.1 Handlingkurs	Jura	1,38	2,00	1,2E-05
Sch 40	VM20	1.1 Schnellfahrbahn (incl. 6.1, 6.3)	Jura		1,60	7,8E-05
Sch 25	VM23	1.3 Fahrdynamikfläche (incl. 1.5)	Jura		2,90	1,0E-04
Sch 09	VM24	2.1 Bertha (incl. 3.4)	Jura		1,50	9,8E-05

Im Grundwasservorkommen des Tertiärs wurden in 2 offenen Kernbohrlöchern und 8 Grundwassermessstellen Kurzpumpversuche durchgeführt. Die Durchlässigkeiten schwanken dabei zwischen 2,1E-04 und 7,5E-08 m/s und sind nach DIN 18130 stark durchlässig bis schwach durchlässig. In der Messstelle BK 32 GWM zeigt sich der aufgeschlossene Grundwasserbereich im Übergang Tertiär/Jura an der Grenze zu durchlässig bis stark durchlässig. Das Grundwasservorkommen (q/Jura) in der Donauaue (GWM 1, GM Dritter) ist mit einem k_f-Wert von 6,8E-04 m/s als stark durchlässig zu bezeichnen (s. nachfolgende Tabelle 3.4).

Tabelle 3.4: Zusammenstellung der Durchlässigkeiten anhand der durchgeführten Kurzpumpversuche (wasserungesättigte Bodenzone)

Aufschluss	Stratigraphie	RWS [mu.GOK]	Teststrecke [mu.GOK]		T [m²/s]	k _f [m/s]	S [-]
			von	bis			
Pumpversuche im offenen Bohrloch							
BK 5	Tertiär	17,79	28,7	30,3	1,6E-06	1,0E-06	2,1E-02
BK 7	Tertiär	10,62	18,3	30,4	3,5E-06	2,9E-07	1,7E-01
Pumpversuch in der ausgebauten Grundwassermessstelle							
BK 4 GWM	Tertiär	5,39	9,5	31,0	3,2E-04	1,5E-05	5,6E-02
BK 8 GWM	Tertiär	13,30	14,7	30,2	2,8E-04	1,8E-05	1,2E-02
BK 9 GWM	Tertiär	16,18	16,2	24,2	1,3E-05	1,7E-06	5,2E-02
BK 12 GWM	Tertiär	0,59	5,2	9,2	2,4E-06	5,9E-07	-
BK 15 GWM	Tertiär	7,99	9,7	10,7	2,1E-04	2,1E-04	8,1E-03
BK 23 GWM	Tertiär	21,87	22,6	39,6	3,0E-05	1,8E-06	1,8E+00
BK 32 GWM	Tert./Jura	6,49	7,0	9,0	2,3E-04	1,2E-04	1,1E-01
BK 40 GWM	Tertiär	4,99	9,0	33,0	1,8E-06	7,5E-08	2,3E-04
BK 41 GWM	Tertiär	4,72	5,1	10,1	1,6E-06	3,2E-07	4,3E-02
BK 47 (TB3)	Jura	11,40	11,4	45,0	9,3E-05	2,8E-06	2,1E-02
GWM 1 (4")	q/Jura	0,19	0,7	5,1	3,5E-03	6,8E-04	1,5E-03

3.3 Grundwasserstände und Grundwasserspiegelschwankungen

Die während des 1. und 2. Erkundungsprogramms errichteten Grundwassermessstellen sind in der nachfolgenden Tabelle 3.2 mit ihren Grundwasserschwankungsbreiten dargestellt.

Tabelle 3.5: Grundwasserspiegelschwankungen sowie der höchste (HHW) und niedrigste (NNW) an den Grundwassermessstellen gemessene Wasserstand im Beobachtungszeitraum

Messstelle/ verfilterter Aquifer	Verfilterter Aquifer	Mess- zeitraum	höchster gemessener Was- serstand (HHW)		niedrigster gemessener Was- serstand (NNW)		GW-Schwankungs- beträge [m]
			Datum der Messung	[m NN]	Datum der Mes- sung	[m NN]	
Grundwassermessstellen Daimler AG							
BK 4 GWM	t	12.03.13- 26.09.13	04.06.2013	804,61	07.09.2013	800,36	4,25
BK 8 GWM	t	12.03.13- 26.09.13	05.06.2013	793,49	16.09.2013	787,25	6,24
BK 9 GWM	t	12.03.13- 26.09.13	15.05.2013	797,82	08.09.2013	795,36	2,46
BK 12 GWM	t	08.05.13- 26.09.13	04.06.2013	802,28	08.09.2013	799,5	2,78
BK 15 GWM	t	07.05.13- 26.09.13	04.06.2013	816,91	08.09.2013	809,99	6,92
BK 23 GWM	t	06.05.13- 26.09.13	16.05.2013	785,78	21.09.2013	784,06	1,72
BK 32 GWM	q/t/Jura	08.05.13- 26.09.13	03.06.2013	765,43	07.09.2013	764,47	0,96
BK 40 GWM	t	08.05.13- 26.09.13	04.06.2013	781,54	26.09.2013	777,18	4,36
BK 41 GWM	t	08.05.13- 26.09.13	11.05.2013	775,20	08.9.2013	769,77	5,43
BK 47 (TB3) GWM	J	05.04.13- 26.09.13	05.04.2013	670,76	24.07./03.09.13	655,54	15,22
Grundwassermessstellen Dritter							
GWM 1	q	05.04.13- 26.09.13	13.04.2013	656,63	07.09.2013	655,36	1,27
GWM 2	q		erste Messung am 26.09.2013 mit 655,77 mNN				
GWM 3	q		erste Messung am 26.09.2013 mit 655,59 mNN				
GWM 8	q	23.07.13- 26.09.13	19.09.2013	1,08 m u. POK	07.09.2013	1,83 m u. POK	0,75
GWM 12	q	19.08.13- 26.09.13	19.09.2013	2,78 m u. POK	07.09.2013	3,72 m u. POK	0,94

3.4 Grundwasserströmungsverhältnisse

Karstaquifer

Die Grundwasseroberfläche des Karstaquifers liegt zwischen 675 m NN im Nordwesten und ca. 640 m NN im Südosten (allgemeine Grundwasserfließrichtung, s. Anlage 1). Der Grundwasserflurabstand ist infolge der starken Profilierung des Geländes sehr unterschiedlich. Im Norden und Nordosten (Bereich Tieftal) liegt der Flurabstand minimal bei 25 m u. Gelände. In der Mitte des Untersuchungsbereichs kann der Flurabstand auf rund 40 m unter Geländeoberkante abgeschätzt werden. Die maximalen Flurabstände des Weißjura-Karst-Aquifers treten im Süden und Südosten des Untersuchungsraums mit Werten von 100 – 180 m u. Gelände auf. Da das Niveau des Grundwassers in etwa in Donau-Niveau liegt, beträgt der Grundwasserflurabstand im Norden und Nordosten, wo das Gelände auf das Niveau des Donautals abfällt, nur noch wenige Dezimeter bis Meter. Aufgrund der derzeitigen Planung

und der Geländemorphologie ist auszuschließen, dass mit der Baumaßnahme in das Niveau des Karstgrundwasserleiters eingegriffen wird.

Die Grundwasserfließrichtung im Weißjura-Karst-Aquifer im Bereich des Untersuchungsraumes ist nach Südosten auf die Aachquelle hin ausgerichtet (siehe Lageplan Anlage 1). Die Abstandsgeschwindigkeit in diesem Kluft- und Röhrensystem wurde nach VOGELSANG & VILLINGER, 1987) über Färbeversuche ermittelt und beträgt im Mittel 156 m/h. Die durchschnittliche Grundwasserneubildungsrate wird in der offenen Zone des Tiefen Karstes um 8-9 l/s/m² angegeben. Dies entspricht ca. 30-35% des langjährigen Niederschlagsmittels.

Tertiäres Schichtwasservorkommen

Zur Ermittlung der Grundwasserströmungsverhältnisse im Tertiär wurde ein Grundwassergleichenplan basierend auf der Stichtagsmessung vom 30.06.2013 erstellt. Zudem fanden die vorhandenen tertiären Schichtwasseraustritte einschließlich der Grundwasserblänke Steinbruchsee Höwenegg Berücksichtigung (siehe Lageplan Anlage 1). Nach derzeitigem Kenntnisstand repräsentiert der Grundwassergleichenplan Mittelwasserverhältnisse. Das tertiäre Grundwasser bildet entsprechend der Morphologie und der oberirdischen Wasserscheide Donau/Rhein eine Grundwasserhochfläche um den höchsten Punkt des Untersuchungsraums (Hochpunkt, 823 mNN) in ca. nordsüdlicher Richtung (von ca. BK 9 GWM über BK 15 GWM bis BK 4 GWM). Von dort aus strömt es aus max. Höhe von 810 m NN nach Westen auf das Eschental und Schöental zu, im Osten erfolgt der Abstrom ins das Tal in Richtung Mauenheim bzw. zum Steinbruch Höwenegg. Nach Norden strömt es über das Tiefental der Donau zu. Das durchschnittliche Gefälle beträgt dabei ca. 5 %. Der Flurabstand liegt zwischen 0 und 20 m.

3.5 Hydrochemische Verhältnisse

Das **Grundwasser im Tertiär** kann nach den Probenahmen im Juni 2012 (BK 4 GM, BK 8 GM, BK 9 GM) und Mai/Juli 2013 (BK 4 GM, BK 8 GM, BK 9 GM, BK 12 GM, BK 15 GM, BK 23 GM, BK 40 GM und BK 41 GM) bei elektrischen Leitfähigkeiten zwischen 536 µS/cm (BK 9 GM) und 842 µS/cm als schwach mineralisiert bezeichnet werden. Der pH-Gehalt liegt mit 6,90-7,33 im normalen Schwankungsbereich. Geringfügig erniedrigt war der pH-Wert in der Erstuntersuchung an der BK 4 GM im Juni 2012 mit 6,44 (Labormessung). Im Juli dieses Jahres lag der pH-Wert bei 6,98 (Vor-Ort-Messung). Der Härtegrad des Wassers ist überwiegend hart (2,7-3,8 mmol/l) bis sehr hart (4,1 mmol/l in BK 15 GM). Nach DIN 4030 ist das tertiäre Grundwasser nicht betonangreifend.

Das tertiäre Grundwasser zeigt anhand der untersuchten Schadstoffparameter LHKW, BTEX und MKW (pro Messstelle 1 Analyse) eine geringfügige anthropogene Grundbeeinflussung. Die Höchstkonzentrationen wurden jeweils in der BK 9 GM gemessen: LHKW (8,7 µg/l), BTEX (12,4 µg/l, davon 0,90 µg/l Benzol). MKW lagen stets unterhalb der Nachweisgrenze. PAK und Schwermetalle wurden in den Grundwassermessstellen BK 4, BK 8 und BK 9 im Juli 2013 wie folgt analysiert: PAK (0,01...0,04 µg/l), Spuren von Kupfer (0,01 mg/l) und Zink (0,08 mg/l) in der BK 9 GM. Blei, Cadmium, Chrom, Nickel und Quecksilber konnten nicht nachgewiesen werden. Gemäß Trinkwasserverordnung wurden Grenzwertüberschreitungen bei den Parametern Eisen und Mangan bei 5 der 8 Analysen festgestellt. Diese erhöhten Konzentrationen sind geogen bedingt (Grundmineralisierung im tertiären Grundwasser).

Das tertiäre Wasser aus der Quelle Hangwiese und dem Brunnen 2 Eschental (Schafstränke) ist ebenfalls gering mineralisiert (545 bzw. 573 µS/cm) bei pH-Werten von 7,60 bzw.

7,33 und dem Härtebereich 3 (hart). Schadstoffe (LHKW, BTEX, MKW, PAK) konnten keine nachgewiesen werden.

Aufgrund der ermittelten chemischen Beschaffenheit des tertiären Grundwassers ist im Zuge der bauzeitlichen Wasserhaltung nicht mit dem Anfallen von kontaminiertem Wasser zu rechnen.

Das **Schichtgrundwasser im Quartär/Tertiär/Jura** der BK 32 GM ist mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 662 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gering mineralisiert. Der pH-Wert des harten Wassers (3,2 mmol/l Gesamthärte) liegt bei 7,25. Von den Schadstoffparametern LHKW, BTEX, MKW und Quecksilber wurden lediglich LHKW in geringer Konzentration von 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ nachgewiesen. Nach DIN 4030 ist das Grundwasser nicht betonangreifend. Auch hier liegen Eisen und Mangan über den Grenzwerten der TrinkwV (geogener Hintergrund).

Das **Grundwasser im Donauquartär** wurde in der Messstelle Dritter GWM 1 im Mai 2013 untersucht. Es zeigt eine elektrische Leitfähigkeit von 687 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der pH-Wert beträgt 7,21. Bei einer Gesamthärte von 3,3 mmol/l ist das Wasser als hart zu bezeichnen. Von den Schadstoffparametern LHKW, BTEX, MKW und Quecksilber wurden analog dem o.g. Schichtgrundwasser lediglich LHKW in geringer Konzentration von 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ nachgewiesen. Nach DIN 4030 ist das Grundwasser nicht betonangreifend.

3.6 Grundwassernutzungen und Wasserschutzgebiete

Im Untersuchungsraum wird das Schichtwasservorkommen im Tertiär wasserwirtschaftlich genutzt. Westlich des Ovalrundkurses/Zufahrt Fahrdynamikfläche ist das tertiäre Schichtwasser im Brunnen 2 Quelfassung Eschental gefasst und wird derzeit zur Schafstränke genutzt. Durch den Bau des Ovalrundkurses ist das Einzugsgebiets dieses genutzten Schichtwassers reduziert bzw. es erfolgt eine dauerhafte Absenkung und Ableitung der tertiären Grundwässer. Somit sind quantitative Auswirkungen zu besorgen. In Form einer Kompensationsmaßnahme soll der Schafstränke kontinuierlich gesammeltes Niederschlagswasser aus dem Entwässerungskonzept über eine Standleitung zugeführt werden (s. Kap. 5.3).

Östlich des Ovalrundkurses wird das tertiäre Schichtwasser in den Quelfassungen Büchlehof (Br. 1 Büchlehof und Quelfassung Büchlehof) gefasst. Derzeit wird das Grundwasser nicht genutzt. Aufgrund der oberstromigen Lage der dauerhaften Grundwasserableitung im Bereich des Ovalrundkurses sind nur geringfügige quantitative Auswirkungen zu besorgen.

Der Karstquifer wird im Untersuchungsraum nicht genutzt. Auch ist hier kein Grundwasserschutzgebiet ausgewiesen. Aufgrund der oben genannten, vorwiegend im Bereich der Mitte und Nordseite des Untersuchungsraums nur geringmächtigen Überdeckung des Weißjura-Karstaquifers, ist das für den allgemeinen Grundwasserhaushalt bedeutende Karstgrundwasser sehr anfällig für Verunreinigungen. „Das für die örtliche und überörtliche Wasserversorgung im Umfeld des StOÜbPI wichtige Karstgrundwasser ist sehr anfällig für Verunreinigungen, weil kaum eine schützende Überdeckung des Karstaquifers vorhanden ist. Die klüftig-kavernösen Kalksteine besitzen nahezu kein Reinigungsvermögen gegenüber Schadstoffen und Mikroorganismen. Zwischen Versickerung und Wasseraustritt in Brunnen und Quellen liegen nur wenige Stunden bis Tage“ (THON & JACOB, 2007). Das nächstgelegene Trinkwasserschutzgebiet liegt südöstlich der Ortschaft Mauenheim. Es handelt sich hierbei um das WSG-Nr. 335001 „Wasserschutzgebiet Tiefbrunnen Brächle, Tiefbrunnen Oberwiesen und Bitzenquelle“ der Stadt Engen. Es liegt bis auf den äußersten Zipfel der Schutzzone IIIB im Norden (Landkreis Tuttlingen) fast vollständig im Landkreis Konstanz. Die 3 Fassungen des Schutzgebiets (Tiefbrunnen Brächle und Tiefbrunnen Oberwiesen sowie die Quell-

fassung Bitzenquelle), jeweils mit eigener Schutzzone I und II, haben aufgrund des jeweils erschlossenen Karstaquifers (Weißjura-Hauptgrundwasserleiter)/quartäres Porengrundwasservorkommen eine gemeinsame Schutzzone IIIA und IIIB. Nach Isotopenuntersuchungen am Tiefbrunnen Brächle hat das geförderte Grundwasser einen Karstwasseranteil von ca. 40% (Auskunft LRA Konstanz). Nähere Angaben sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen. Aufgrund des Entwässerungskonzepts mit der Reinfiltration des gesammelten Niederschlagswassers über die belebte Bodenzone sind keine quantitativen und qualitativen Auswirkungen auf das den Karstaquifer und das genutzte Grundwasservorkommen im genannten Wasserschutzgebiet zu besorgen.

Tabelle 3.6: Angaben zum Wasserschutzgebiet „Tiefbrunnen Brächle, Tiefbrunnen Oberwiesen und Bitzenquelle“ der Stadt Engen

Betreiber	Fassungen	genutzter Grundwasserleiter	wasserrechtlich genehmigte Entnahmemenge bzw. tatsächliche Fördermenge	Status der Schutzgebietsverordnung
Stadt Engen	Tiefbrunnen Brächle Flurstück 3517 Gem. Welschingen	Karstgrundwasser	<u>genehmigt:</u> mittl. Entnahme: 30 l/s bzw. 2592 m ³ /d max. Entnahme: 55 l/s bzw. 1782 m ³ /d, begrenzt auf 9 h/d	rechtskräftig seit 12.05.1995
Gmde Mühlhausen-Ehingen	Tiefbrunnen Oberwiesen Flurstück 3629 Gem. Ehingen		<u>genehmigt:</u> keine Angabe im Wasserbuch (vermutl. Altes Wasserrecht) <u>tatsächlich:</u> nur bei Trockenheit und als Zusatz zur Quelle im Wasserburger Tal (Gemarkung Bittelbrunn) oberer Mittelwert: 2000 m ³ /Woche max. Entnahme: 21 m ³ /h	
Stadt Singen	Bitzenquelle Gem. Ehingen		<u>genehmigt:</u> keine Angabe im Wasserbuch (vermutl. Altes Wasserrecht) <u>tatsächlich:</u> im Mittel: 13 l/s	

3.7 Gewässerverhältnisse

Der Hauptvorfluter für das Untersuchungsgebiet stellt die Donau dar. Sie grenzt im Norden und Nordwesten an das Untersuchungsgebiet direkt an. Die Donau führt in diesem Abschnitt nur wenig Wasser und versickert an vielen Tagen im Jahr vollständig im Untergrund (siehe Versickerungsflächen auf Lageplan der Anlage 1).

Im Zuge des verkarsteten Untergrundes und der fehlenden, abdichtenden Überdeckung handelt es sich bei den Tälern überwiegend um Trockentäler, die nur bei Starkregen bzw. Grundwasserhöchstständen gelegentlich Wasser führen. Die Europäische Wasserscheide verläuft südöstlich der geplanten Erschließungsmaßnahme und markiert den Wechsel des Oberflächenabflusses zwischen der Entwässerung des südöstlichen Bereiches in Richtung Rhein und des westlichen bis nordwestlichen Bereichs in Richtung Donau.

Das tertiäre Schichtwasser tritt an den Taleinschnitten zum Teil als Hangquellen aus wie im Bereich des Eschentals mit der Quelle Hangwiese, Quelle Eschental, gefasste Quelle Schafstränke (Br. 2) sowie im Tal nach Mauenheim mit den Quellfassungen Br.1 Büchlehof und Quelle Büchlehof. Südöstlich bzw. nordöstlich im Abstrom existieren die Quellen Bruderwiese und Lerchenacker. Die Quelle Hoch liegt im Einzugsgebiet Tiefental. Die Quellen

sind relativ gering ergebnisreich und schwanken jahreszeitlich. Seit März 2013 wird innerhalb der Beweissicherung die Schüttung monatlich gemessen. Dabei waren die Quellen im Tal Richtung Mauenheim mit Ausnahme der Quelfassung Br. 1 Büchlehof stets trocken. Einzig die Quelle Hangwiese und Br.2 Eschental (Schafstränke) waren im Eschental dauerhaft wasserführend mit maximalen Abflüssen von 3,96 l/s (Quelle Hangwiese am 11.06.13) bzw. 0,38 l/s (Br. 2 Eschental am 05.04.13). Nach der geologischen Karte in THON & JACOB sind im Gewann Hoch Quellen im Bereich von Weißjura-Hangschuttmassen auf dem Gelände eingetragen. Diese Quellen wurden im Zuge der Kartierungsarbeiten lediglich als sehr feuchte Moorböden angetroffen. Im Rahmen der Beweissicherung wurde die Quelle Hoch (Bezeichnung nach geon) stets trocken angetroffen. Sie liegt im Übergangsbereich Tertiär/Jura. Tabelle 3.7 gibt einen Überblick der bisherigen Schüttungsmessungen.

Tabelle 3.7: Monatliche Schüttungsmessungen der Quellen im Untersuchungsraum im Rahmen der Beweissicherung (Messzeitraum: März 2013-September 2013)

Messstelle	Messzeitraum	Maximum bzw. Minimum Schüttung / Abfluss	Herkunft des Quellwassers
Br. 2 Eschental (Schafstränke)	20.03.-26.09.13	0,38 l/s am 05.04.13 0,05 l/s am 20.03.13	Tertiär
Quelle Hangwiese	20.03.-26.09.13	3,96 l/s am 11.06.13 0,52 l/s am 19.08.13	Tertiär
Quelle Eschental	20.03.-26.09.13	1,28 l/s am 20.03.13 trocken ab 23.07.13	Tertiär
Quelle Hoch	23.07.-26.09.13	trocken	Tertiär/Jura
Br. 1 Büchlehof (S)	20.03.-26.09.13	1,38 l/s am 11.06.13 trocken ab 23.07.13	Tertiär
Quelle Büchlehof (N)	20.03.-26.09.13	kaum Abfluss, nicht messbar am 22.05./11.06.13, ansonsten trocken	Tertiär
Quelle Lerchenacker	20.03.-26.09.13	trocken	Tertiär
Quelle Bruderwiese	20.03.-26.09.13	trocken	Tertiär

4 Altlasten

4.1 Altstandorte, Altablagerungen, Schädliche Bodenveränderungen und Betriebe mit umweltrelevanten Nutzungen im Untersuchungsraum

Im Rahmen der Untersuchungen und Erkundungsmaßnahmen im Vorfeld der Bauleitplanung wurden für den Untersuchungsraum auch Erhebungen der bei den Behörden vorhandenen Unterlagen im Hinblick auf Altablagerungen, Altstandorte, Schädliche Bodenveränderungen und Betriebe, die mit wassergefährdenden Stoffen umgehen, durchgeführt. Die Erhebungen mit Übersichtslageplan, Detailangaben und ihre Bewertung sind im „Fachgutachten Altlasten und Vorbelastungen (geon, September 2013)“ dargestellt.

Altablagerungen im Sinne des BBodSchG sind stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen und Flächen, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind, d. h. meist alte bzw. „wilde“ Deponien.

Altstandorte sind nach BBodSchG § 2, Abs. 5, Grundstücke stillgelegter Anlagen und sonstige Grundstücke, auf denen insbesondere im Rahmen industrieller oder sonstiger gewerblicher Tätigkeit mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist, durch die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden.

Schädliche Bodenveränderungen sind nach BBodSchG Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen.

Die Altablagerungen, Altstandorte, Schädlichen Bodenveränderungen und Betriebe, die mit wassergefährdenden Stoffen umgehen, sind im Übersichtslageplan im Maßstab 1:5.000 in entsprechenden Fachgutachten dargestellt. Die Datenerhebung erfolgte u. a. beim Landratsamt Tuttlingen und basiert auf der Auswertung der flächendeckenden Historischen Erhebung (Stand: April 2009), der Schadensfalllisten des Landratsamtes Tuttlingen sowie einer durch die Daimler AG veranlassten historischen Erkundung.

Im Rahmen der Bohrarbeiten zu den Baugrunderkundungen 1. und 2. Erkundungsprogramm wurden mit Ausnahme RKS 15 (1. EKP) und BK 24 (2. EKP) keine Hinweise auf weitere als unten beschriebenen Altablagerungen, Altstandorte oder Kontaminationen im betrachteten Untersuchungsraum ermittelt. Im Bereich RKS 15 (Standort randlich zur neuen Fahrzeugwaschanlage (Nr. 17 in Anlage 1 Fachgutachten) wurde ein ca. 3,5 m mächtiger Auffüllungsbereich mit Schlackenresten, Ziegelbruch und schwarzen Betonabbruch in einem Tiefenbereich von 2,2 – 2,7 m erkundet. Die Belastungsstufe dieses Profilabschnitts lag bei Z 0 (VwV). Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass in diesem Bereich noch weitere, stärker belastete Bereiche in den Auffüllungen anzutreffen sind. In der BK 24 wurden im Tiefenbereich von 2,4-2,5 m (Asphalt) Konzentrationen von PAK über Z 2 (VwV) nachgewiesen. Der Bereich gehört zur Dammaufschüttung im Bereich der Panzerstraße (ehemalige Straßenoberfläche), wegen deren geplanten vollständigen Rückbaus zur Zeit (Stand November 2013) weitere Erkundungsbohrungen durchgeführt werden.

Erhöhte Konzentrationen an Chrom und Nickel (< Z 2, VwV), wie sie im Schurf 16 (1,0-3,0m) am Übelberg gefunden wurden, sind vulkanischen Ursprungs und damit geogen bedingt.

Aufgrund der Modulführung in überwiegend land- bzw. forstwirtschaftlich genutzten Gebieten konzentrierten sich die Erhebungen im Bereich des Standortübungsplatz auf die Ver-

dachtsstellen infolge des Übungsbetriebes, während im Bereich des Kasernengeländes mit im Wesentlichen bebauter Bereiche die Erhebungen sich auf die baulichen Anlagen bzw. deren Nutzungen konzentrierten. Bei der Bestandsdarstellung Altablagerungen, Altstandorte, Schädlichen Bodenveränderungen und umweltrelevanten Nutzungen aktiver Betriebe wurde in zwei Bereiche unterschieden: Bereich Standortübungsplatz (Prüfzentrum) und Standort Kasernengelände/Dienstleistungszentrums (Hochbauzone). Das Wasserrecht wird im vorliegenden Antrag nur für das Prüfzentrum beantragt, der Bereich der Hochbauzone wird daher im Folgenden nicht erläutert.

Bereich Standortübungsplatz (Prüfgelände)

Altablagerungen

Die Altablagerungen im Bereich des Standortübungsplatzes sind in der Tabelle 4.1 aufgeführt. Durch den Bau des Prüfzentrums wird mit den Streckenmodulen Heideareal (in Dammlage) und Stadtdauerlauf (in Dammlage) in die Altablagerungen AA Hebammengrube (01892-000 - Nr. 7) und Verfüllung am Schweizer Kreuz (Nr. 34) über eine Länge von 250 m eingegriffen. Das Streckenmodul Stadtdauerlauf (in Dammlage) greift weiterhin in die Altablagerung AA ehemalige Mülldeponie (0013-000 – Nr.1) über eine Länge von 100 m ein.

An umweltrelevanten Schadstoffbelastungen sind auf Grundlage der historischen Erhebung die in Tabelle 1 genannten bekannt. Von den aufgeführten Altablagerungen sind bauzeitlich und dauerhaft auf Grund der geringen Eingriffstiefe (im Wesentlichen ggf. Bodenaustauschmaßnahmen im Zuge der Straßendammsherstellung) nur geringe Auswirkungen auf die Baumaßnahmen zu besorgen.

Im Rahmen des 2. Erkundungsprogramms wurden weiterführende abfalltechnische Untersuchungen durchgeführt werden (Rammkernsondierungen: Hebammengrube RKS 46 und RKS 48; Verfüllung am Schweizer Kreuz RKS 62 und RKS 63, Ehemalige Mülldeponie RKS 59, RKS 59/1 – 4, SCH 1 und SCH 38).

Im Rahmen der baubegleitenden Überwachung in diesen Bereichen wird erhöhte Aufmerksamkeit auf mögliche organoleptische Auffälligkeiten des anfallenden Bodenaushubs gelegt. Ggf. auffälliges Material wird gesondert gelagert und vor der Weiterverwendung gemäß LA-GA M 20 (2003) untersucht.

Tabelle 4.1: Altablagerungen im Bereich Standortübungsplatz

Zuordnungsnummer	Bezeichnung der Fläche ¹⁾	umweltrelevante Sachverhalte	nachgewiesene Kontaminationen		Bemerkungen
			Boden	Grundwasser	
527001 (OFW-Schreiber-Kaserne)	Mülldeponie	Ablagerung v. überw. Erdaushub, Ablagerung v. Hausmüll, Kasernenabfällen, Schrott	LHKW bis 25 µg/kg, MKW nur in RK 13 mit 650 mg/kg. Bodenluft: LHKW bis 43 µg/m³, BTXE bis 11,5 mg/m³	k. A.	BN: 2, HB: B (Lra Tuttl.) Kat. E (HPC)
527002 (Standortübungsplatz)	Hebammengrube	ca. 90% Erdaushub mit ca. 9% Bauschuttanteil, ca. 1% teilmineralisierter Hausmüll, evtl. Gewerbeabfall	Bodeneluat-probe (RKS 3): Quecksilber 1,2 µg/l, (Prüfwert BBodSchV: 1,0 µg/l, Stand 04.10.10)	Sickerwasserprognose: Quecksilber 0,8 µg/l, (Prüfwert BBodSchV: 1,0 µg/l, Stand 04.10.10); Emission: Quecksilber 1,1 - 1,9 mg/d (überschlägige Berechnung), maximal	BN: 2, HB: B (Lra Tuttl.) Kat. A (HPC)

Zuordnungsnummer	Bezeichnung der Fläche ¹⁾	umweltrelevante Sachverhalte	nachgewiesene Kontaminationen		Bemerkungen
			Boden	Grundwasser	
				zulässiger Emissionswert: 1500 mg/d, Stand 04.10.10.	
527002 (Standortübungsplatz)	Schelmengrube	Deponie / Altablagerung	k.A.	k.A.	Risiko hoch
527002 (Standortübungsplatz)	Verfüllung am Schweizer Kreuz	Deponie / Altablagerung	k.A.	k.A.	Risiko hoch

Legende: gilt für Tabelle 4.1 bis 4.3

BN	= Beweisniveau	Kat. A	= Der Kontaminationsverdacht hat sich nicht bestätigt bzw. es wurde eine Sanierung durchgeführt. Kein weiterer Handlungsbedarf außer Dokumentation. Uneingeschränkte Nutzung möglich.
BN 2	= Beweisniveau 2; Indikative bzw. orientierende Erkundung abgeschlossen	Kat. E	= Auf der Fläche wurden Kontaminationen festgestellt. Weitere Daten zur abschließenden Gefährdungsabschätzung erforderlich (z.B. Ausdehnung d. Kontamination, Art d. Schadstoffe, Mobilität, Toxizität). Weiterer Untersuchungsbedarf besteht - wird im Rahmen d. Phase II abgedeckt. Für E-Flächen kann keine abschließende Bewertung vorgenommen werden und sie können nicht aus der Bearbeitung ausscheiden.
HB	= Handlungsbedarf	BBodSchV	= Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
HB B	= Handlungsbedarf belassen (derzeit kein Handlungsbedarf)	MKW	= Mineralölkohlenwasserstoffe
k. A.	= keine Angabe	LHKW	= Leichtflüchtige halogenisierte Kohlenwasserstoffe
BTEX	= Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe		

Altstandorte

Die Altstandorte im Bereich des Standortübungsplatzes sind in der Tabelle 4.2 aufgeführt. Mit dem Streckenmodul Stadtdauerlauf (im Wesentlichen Geländegleichlage) wird in den Altstandort Neue Fahrzeugwaschanlage (AS 527001 – Nr. 17) über die gesamte Modulfläche und bereichsweise auch in den angrenzenden Albdauerlauf mit einer Länge von ca. 40 m eingegriffen. Mit dem Streckenmodul Zufahrt zur Hochbauzone (im Wesentlichen Geländegleichlage) wird in den Altstandort Alte Panzerwaschanlage (AS 527001 – Nr. 16) über einer Länge von ca. 150 m eingegriffen. Mit dem Streckenmodul Ovalrundkurs (Südliche Steilkurve) und dem Modul Verwindungsstrecken (Einschnitts- und Dammlagen) wird in den Altstandort Wurftaubenschießanlage mit Trafostation (AS 527002 – Nr. 36) großflächig eingegriffen. Mit dem Streckenmodul Ovalrundkurs (Nördliche Steilkurve) und nördliche Umkehrkurve Messgerade wird in den Altstandort Sprengplatz (AS 527002 – Nr. 29) mit einer Länge von ca. 60 m eingegriffen. Mit dem Streckenmodul Dauerlaufkurs (im Wesentlichen Damm- und Geländegleichlage) wird in den Altstandort Wurfstand für Gefechtshandgranaten (AS 527002 – Nr. 30) mit einer Länge von ca. 60 m eingegriffen. Mit dem Modul Com/Bc-Fläche wird in den Altstandort Blendgranatenwurfstand (AS 527003 – Nr. 28) großflächig eingegriffen.

Umweltrelevante Schadstoffbelastungen sind zum Stand der historischen Erhebungen nicht bekannt. Von den aufgeführten Altstandorten sind bauzeitlich (im Wesentlichen Straßenbaumaßnahmen in Einschnitts-, Damm- und Geländegleichlage) Auswirkungen auf die Baumaßnahmen zu besorgen. Im Rahmen des 2. Erkundungsprogramms wurden weiterführende umwelt- und abfalltechnische Untersuchungen durchgeführt (Rammkernsondierungen: Neue Fahrzeugwaschanlage RKS 44 – 45, RKS 57 – 58; Alte Panzerwaschanlage:

RKS 60 – 61; Wurftaubenschießanlage: RKS 67 – 69; Sprengplatz: RKS 42, RKS 66; Wurfstand für Gefechtshandgranaten: RKS 43; Trafo in der Standortmunitionsanlage: RKS 41).

Von dem Altstandort Trafo in der Standortmunitionsanlage (Nr. 31) sind, auf Grund der Lage im Zustrombereich zu den Tertiär-Quellen Büchlehof bzw. Eschental und der im Grundwasser der Quellen nicht festgestellten Schadstoffe (siehe Ergebnisse Hydrochemie), die im Rahmen der Grundwasserhaltung abzuleitenden Grundwässer nach derzeitigem Kenntnisstand nicht belastet. Unabhängig hiervon werden die bauzeitlich abzuleitenden Grundwässer in Abstimmung mit den zuständigen Behörden vor Einleitung in die Vorfluter über ein Absetzbecken, ggf. noch über eine Reinigungsanlage geleitet, so dass keine qualitativen Beeinträchtigungen der Vorfluter zu erwarten ist.

Im Rahmen der baubegleitenden Überwachung im Bereiche der Altstandorte wird erhöhte Aufmerksamkeit auf mögliche organoleptische Auffälligkeiten des anfallenden Bodenaushubs gelegt. Ggf. auffälliges Material wird gesondert gelagert und vor der Weiterverwendung gemäß LAGA M 20 (2003) untersucht.

Tabelle 4.2: Altstandorte im Bereich Standortübungsplatz

Zuordnungsnummer	Bezeichnung der Fläche ¹⁾	Umweltrelevante Sachverhalte	nachgewiesene Kontaminationen		Bemerkungen
			Boden	Grundwasser	
527001 (OFW-Schreiber-Kaserne Nr. 16)	alte Panzerwaschanlage	Vorweichecken, Spritzstand, Betonbecken, Schlammfang, Absetzbecken, Ölabscheider	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)
527001 (OFW-Schreiber-Kaserne Nr. 17)	neue Fahrzeugwaschanlage	3 Vorabsetzbecken, Schlammfang, Schlammfänger, Absetzbecken	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)
527001 (OFW-Schreiber-Kaserne Nr. 20)	Schrottplatz beim Kanisterlager Q1	Schrott	k. A.	k. A.	Kat. A (HPC)
527002 (Standortübungsplatz Nr. 28)	Blendgranatenwurfstand	Blendgranaten-, Handgranaten-, Handflammpatronenrückstände in Geländesenke mit steilen Wänden	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)
527002 (Standortübungsplatz Nr. 29)	Sprengplatz alt und neu	Sprengstoffreste, -rückstände u. Patronenhülsen	k. A.	k. A.	Kat. A (HPC)
527002 (Standortübungsplatz Nr. 30)	Wurfstand f. Gefechtshandgranaten	Sandflächen mit Explosivstoff- u. Brandstoffresten	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)
527002 (Standortübungsplatz Nr. 31)	Trafo in der Standortmunitionsniederlage	Betrieb eines Trafos	k. A.	k. A.	Kat. A (HPC)
527029 (Standortschießanlage Nr. 8)	Trafohaus	Betrieb eines Trafos	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)
527002 (Standortübungsplatz Nr. 33)	Blendgranatenwurfstand	Blendgranaten-, Handgranaten-, Handflammpatronenrückstände	k. A.	k. A.	Risiko Hoch
527002 (Standortübungsplatz Nr. 36)	Wurftaubenschießanlage	Schießanlage mit Betrieb eines Trafos	k. A.	k. A.	Risiko Hoch

Schädliche Bodenveränderungen (Standortschießanlage)

Im Bereich des Standortübungsplatzes liegen die in Tabelle 4.3 genannten schädlichen Bodenveränderungen im Bereich der Schießanlage (57029) vor. Im Bereich des Streckenmo-

duls Beleuchtungsstrecke/Stadtdauerlauf sind im direkten Baufeld die Schädlichen Bodenveränderungen Geschossfang I Typ A, Geschossfang II Typ A, Geschossfang III, Geschossfang 1 – 4 Typ D gelegen.

Umweltrelevante Schadstoffbelastungen sind zum Stand der historischen Erhebungen nicht bekannt. Von den aufgeführten schädlichen Bodenveränderungen sind bauzeitlich trotz der geringen Eingriffstiefe (im Wesentlichen Flachgründungen der Einhausungen Stadtdauerlauf für die Beleuchtungsstrecke) Auswirkungen auf die Baumaßnahmen zu besorgen. Im Rahmen des 2. Erkundungsprogramms wurden weiterführende umwelt- und abfalltechnische Untersuchungen durchgeführt (Rammkernsondierungen: RKS 49 – 56, RKS 64 – 65, RKS 70 - 71).

Tabelle 4.3: Schädliche Bodenveränderungen im Bereich Standortübungsplatz

Zuordnungsnummer	Bezeichnung der Fläche ¹⁾	Umweltrelevante Sachverhalte	nachgewiesene Kontaminationen		Bemerkungen
			Boden	Grundwasser	
527029 (Standortschießanlage)	Geschossfang I, Typ A	Abschusspositionen, Sandgeschossfang des Zielbereichs	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)
527029 (Standortschießanlage)	Geschossfang II, Typ A	Abschusspositionen, Sandgeschossfang des Zielbereichs	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)
527029 (Standortschießanlage)	Geschossfang III	Abschusspositionen, Sandgeschossfang des Zielbereichs	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)
527029 (Standortschießanlage)	Geschossfang 1, Typ D	Abschusspositionen, Granulatgeschossfang des Zielbereichs	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)
527029 (Standortschießanlage)	Geschossfang 2, Typ D	Abschusspositionen, Granulatgeschossfang des Zielbereichs	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)
527029 (Standortschießanlage)	Geschossfang 3, Typ D	Abschusspositionen, Sandgeschossfang des Zielbereichs	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)
527029 (Standortschießanlage)	Geschossfang 4, Typ D	Abschusspositionen, Sandgeschossfang des Zielbereichs	k. A.	k. A.	Kat. E (HPC)

Im Rahmen der baubegleitenden Überwachung in diesen Bereichen wird erhöhte Aufmerksamkeit auf mögliche organoleptische Auffälligkeiten des anfallenden Bodenaushubs gelegt. Ggf. auffälliges Material wird gesondert gelagert und vor der Weiterverwendung gemäß LA-GA M 20 (2003) untersucht.

Betriebe, die mit wassergefährdenden Stoffen hantieren

Im Bereich des Standortübungsplatzes befinden sich keine Betriebe, die mit wassergefährdenden Stoffen umgehen.

4.2 Ergebnisse und Einstufung der untersuchten Altablagerungen, Altstandorte und schädlichen Bodenveränderungen

Die Bewertung der Analyseergebnisse erfolgte im Hinblick auf einen zukünftigen Bodenaushub gemäß der VwV bzw. DepV. Für die Ergebnisse der Untersuchungen sei auf das Fachgutachten Altlasten und Vorbelastungen, Anlage 3 verwiesen.

Altablagerungen

Hebammengrube (7)

Im Bereich der Hebammengrube (01892-000), die im Bereich Heideareal / Dauerlaufkurs liegt, wurden vier Bodenmischproben chemisch untersucht. Keine der Bodenmischproben der Sondierbohrungen RKS 46 (1,5 – 3,0 m) und RKS 48 (0,1 – 0,9 m / 1 – 1,5 m / 2 – 4 m) überschreiten nach VwV den Zuordnungswert Z0 im Feststoff und im Eluat. Hinsichtlich der DepV wurden nur erhöhte Werte (DK0) beim Parameter Glühverlust festgestellt. Gemäß den vorliegenden Untersuchungen können die Abtragsmassen im Bereich Hebammengrube hinsichtlich der Anforderungen der VwV ohne Einschränkungen wieder verwertet werden (Wiedereinbau in Erdbauwerke).

Verfüllung am Schweizer Kreuz (35)

Im Bereich der Verfüllung am Schweizer Kreuz, die im Bereich Heideareal liegt, wurden sieben Bodenmischproben chemisch untersucht. Bei vier Bodenmischproben der Sondierbohrung RKS 62 (0,5 – 1,0 m / 1,0 – 2,0 / 2,0 – 3,0 / 3,0 – 4,0) und RKS 48 (0,1 – 0,9 m / 1 – 1,5 m / 2 – 4 m) wurden Überschreitungen der Zuordnungswerte Z.0 bei den Parametern Arsen, Cadmium, Kupfer, Nickel und Quecksilber im Feststoff festgestellt. Für die Parameter Cyanide mit 11 mg/kg TS, Cadmium mit 66 mg/kg TS und Quecksilber mit 100 mg/kg TS wurden in einer Probe sogar die Zuordnungswerte Z.2 (VwV) deutlich überschritten bzw. Prüfwertüberschreitungen nach Bundesbodenschutzverordnung (Prüfwerte für Industrie- und Gewerbegrundstücke) festgestellt. In der zweiten Sondierbohrung RKS 63 wurden keine Überschreitungen des Zuordnungswertes Z.0 nach VwV festgestellt.

Hinsichtlich der DepV wurden nur erhöhte Werte (DK0) bei den Parametern Glühverlust und TOC festgestellt. Gemäß den vorliegenden Untersuchungen können die Abtragsmassen im Bereich Verfüllung am Schweizer Kreuz hinsichtlich der Anforderungen der VwV auf Grund der lokal erhöhten Schwermetallgehalte nicht wieder verwertet werden (Wiedereinbau in Erdbauwerke) und müssen daher separiert und fachgerecht entsorgt werden. Inwieweit ein Bodenaustausch der belasteten Bereiche auf Grund der Prüfwertüberschreitungen gemäß BBodSchV erforderlich ist, ist mit dem zuständigen Umweltamt abzustimmen.

Ehemalige Deponie in der Kaserne (1)

Im Bereich der ehemaligen Deponie in der Kaserne (00133-000), die im Bereich Heideareal liegt, wurden zwölf Bodenmischproben chemisch untersucht. Bei neun Bodenmischproben der Sondierbohrungen RKS 59 (0,0 – 0,2 m) RKS 59/1 (0,0 – 0,6 m) RKS 59/2 (0,0 – 0,4 m), RKS 59/3 (0,0 – 0,3 m / 0,3 – 0,8 m) und RKS 59/4 (0,0 – 0,2 m) sowie des Schurfes 1 (0,2 - 0,4 m / 1,0 – 1,5 m / 1,5 – 2,0 m) wurden Überschreitungen der Zuordnungswerte Z.0* bei den Parametern PCB, MKW, Arsen, Cadmium, Chrom, Nickel und Zink im Feststoff festgestellt. Für den Parameter Blei mit 600 mg/kg TS wurde in einer Probe der Zuordnungswert Z.1.2 (VwV) deutlich überschritten. Im Schurf Sch 1 wurde asphalthaltiger Schluff angetroffen. Hierbei wurde in einer oberflächennahen Probe (0,2 – 0,4m) MKW-Konzentrationen von 3.700 mg/kg TS festgestellt (Überschreitung Z 2 Wert VwV). In dem Schurf Sch 38 wurden keine Überschreitungen des Zuordnungswertes Z.0 nach VwV festgestellt.

Hinsichtlich der DepV wurden erhöhte Werte (DK0) bei den Parametern Glühverlust, DOC, Antimon, TOC und MKW festgestellt. Gemäß den vorliegenden Untersuchungen können die

Abtragsmassen im Bereich Ehemalige Deponie in der Kaserne entsprechend den Belastungen bzw. den Einbaukonfigurationen nach VwV wieder verwertet werden (Wiedereinbau in Erdbauwerke). Die im Deponiebereich oberflächlich sichtbaren und im Zuge des Aushubs anfallenden Metallgegenstände (z.B. Fässer, KFZ-Teile etc.) müssen natürlich separiert und entsprechend entsorgt bzw. einer Wiederverwertung zugeführt werden. Weiterhin sind die lokal auftretenden organoleptisch auffallenden Bereiche wie zum Beispiel die asphalthaltigen Schluffe (Sch 1) ebenfalls zu separieren und fachgerecht zu entsorgen.

Sprengplätze (29)

Im Bereich der Sprengplätze, die im Bereich Ovalrundkurs (Nördliche Steilkurve) und nördliche Umkehrkurve Messgerade liegen, wurden drei Bodenmischproben chemisch untersucht. Bei einer Bodenmischprobe der Sondierbohrung RKS 66 (0,0 – 0,2 m) wurden Überschreitungen der Zuordnungswerte Z.0 bei den Parametern Cadmium, Chrom und Nickel im Feststoff festgestellt. In der RKS 42 wurden keine Überschreitungen des Zuordnungswertes Z.0 nach VwV festgestellt.

Hinsichtlich der DepV wurden erhöhte Werte (DK0) bei den Parametern Glühverlust und TOC festgestellt. Gemäß den vorliegenden Untersuchungen können die Abtragsmassen im Bereich der Sprengplätze entsprechend den Belastungen bzw. den Einbaukonfigurationen nach VwV wieder verwertet werden (Wiedereinbau in Erdbauwerke).

Wurfstand für Gefechtshandgranaten (30)

Im Bereich des Wurfstandes für Gefechtshandgranaten, der im Bereich Dauerlaufkurs liegt, wurden zwei Bodenmischproben chemisch untersucht. Bei einer Bodenmischprobe der Sondierbohrung RKS 43 (0,0 – 0,8 m) wurden Überschreitungen der Zuordnungswerte Z.0 bei den Parametern Arsen, Cadmium, Chrom und Nickel im Feststoff festgestellt.

Hinsichtlich der DepV wurden erhöhte Werte (DK0) bei dem Parameter Glühverlust festgestellt. Gemäß den vorliegenden Untersuchungen können die Abtragsmassen im Bereich Wurfstand für Gefechtshandgranaten entsprechend den Belastungen bzw. den Einbaukonfigurationen nach VwV wieder verwertet werden (Wiedereinbau in Erdbauwerke).

Wurftaubenschießanlage (36)

Im Bereich der Wurftaubenschießanlage mit Trafoanlage, die im Bereich Ovalrundkurs (Südliche Steilkurve) und dem Modul Verwindungsstrecken (Einschnitts und Dammlagen) liegt, wurden acht Bodenmischproben chemisch untersucht. Im Bereich der Wurftaubenschießanlage wurde bei vier Bodenmischproben in den Sondierbohrungen RKS 68 (0,1 – 0,6 m / 0,6 – 0,9 m) und RKS 69 (0,5 – 0,9 m / 1,0 – 1,6 m) Überschreitungen der Zuordnungswerte Z.0 bei dem Parameter Arsen im Feststoff festgestellt (Konzentrationen entsprechen den lokal vorkommenden geogenen Hintergrundbelastungen im Tertiär / Belastung ist ggf. nicht Nutzungsbedingt).

Im Bereich der Trafoanlage wurde bei zwei Bodenmischproben in der Sondierbohrung RKS 67 (0,0 – 0,2 m / 0,2 – 1,0 m) Überschreitungen der Zuordnungswerte Z 0 bei dem Parameter Arsen im Feststoff (0,2 – 1,0) und den Zuordnungswerten bis Z 1.2 bei den Parametern Zink, KW im Feststoff und LF im Eluat (0,0 – 0,2 m) festgestellt (die Arsen Konzentrationen entsprechen den lokal vorkommenden geogenen Hintergrundbelastungen im Tertiär / Belastung ist ggf. nicht nutzungsbedingt).

Hinsichtlich der DepV wurden erhöhte Werte (DK0) bei den Parameter Glühverlust, TOC und DOC festgestellt. Gemäß den vorliegenden Untersuchungen können die Abtragsmassen im Bereich Wurftaubenschießanlage entsprechend den Belastungen bzw. den Einbaukonfigurationen nach VwV wieder verwertet werden (Wiedereinbau in Erdbauwerke).

Trafo in der Standortsmunitionsniederlage (31)

Im Bereich der Trafoanlage in der Standortsmunitionsniederlage, der derzeit nicht im unmittelbaren Bereich von Streckenmodulen liegt, wurden drei Bodenmischproben chemisch untersucht. Bei zwei Bodenmischproben (Insbesondere im Mutterboden (0,0 – 0,2 m) der Son-

Sondierbohrung RKS 41 (0,0 – 0,2 m / 0,2 – 1,0) wurden Überschreitungen der Zuordnungswerte bis Z.1.2 bei den Parametern Arsen, Chrom, Nickel, Zink und MKW im Feststoff festgestellt

Hinsichtlich der DepV wurden erhöhte Werte (DK0) bei den Parametern Fluorid und Glühverlust festgestellt. Gemäß den vorliegenden Untersuchungen können etwaig anfallende Abtragsmassen im Bereich Trafostation in der Standortsmunitionsanlage entsprechend den Belastungen bzw. den Einbaukonfigurationen nach VwV wieder verwertet werden (Wiedereinbau in Erdbauwerke).

Alte Panzerwaschanlage (16)

Im Bereich der Alten Panzerwaschanlage, die im Bereich Zufahrtstrasse zur Hochbauzone liegt, wurden sieben Bodenmischproben chemisch untersucht. Im Bereich der RKS 60 wurde bei zwei Bodenmischproben (0,0 – 0,2 m / 0,2 – 1,0 m) Überschreitungen der Zuordnungswerte bis Z 1.2 bei den Parametern Blei, Cadmium, Kupfer, Zink und KW im Feststoff sowie PCB im Eluat festgestellt.

Im Bereich der RKS 61 wurde bei zwei Bodenmischproben (0,0 – 0,2 m / 0,2 – 0,3 m) Überschreitungen der Zuordnungswerte größer Z 2 bei den Parametern MKW und PAK im Feststoff festgestellt.

Hinsichtlich der DepV wurden erhöhte Werte (DK0) bei den Parameter Glühverlust, TOV und DOC festgestellt. Gemäß den vorliegenden Untersuchungen können die Abtragsmassen im Bereich Alte Panzerwaschanlage entsprechend den Belastungen bzw. den Einbaukonfigurationen nach VwV wieder verwertet werden (Wiedereinbau in Erdbauwerke). Die Mineralölbelastungen im Bereich RKS 61 sind während der Aushubmaßnahmen organoleptisch einzugrenzen und die belasteten Aushubmengen entsprechend den gesetzlichen Vorgaben fachgerecht zu entsorgen.

Neue Fahrzeugwaschanlage (17)

Im Bereich der neuen Fahrzeugwaschanlage, die im Bereich des Stadtdauerlaufs liegt, wurden sieben Bodenmischproben chemisch untersucht. Bei einer Bodenmischprobe der Sondierbohrung RKS 44 (0,0 – 0,2 m) wurden Überschreitungen der Zuordnungswerte Z.0 bei den Parametern Arsen und Chrom im Feststoff festgestellt

Hinsichtlich der DepV wurden erhöhte Werte (DK0) bei den Parametern Glühverlust, TOC und DOC festgestellt. Gemäß den vorliegenden Untersuchungen können die Abtragsmassen im Bereich Neue Fahrzeugwaschanlage entsprechend den Belastungen bzw. den Einbaukonfigurationen nach VwV wieder verwertet werden (Wiedereinbau in Erdbauwerke).

Schädliche Bodenveränderungen

Standortschießanlage mit Trafostation (8)

Im Bereich der Standortschießanlage (527029), die im Bereich Beleuchtungsstrecke und Dauerlaufkurs liegt, wurden 23 Bodenmischproben chemisch untersucht. Bei 14 Bodenmischproben der Sondierbohrungen RKS 49 (0,1 – 0,7 m / 1,5 – 1,8m) RKS 51 (0,0 – 1,0 m / 2,0 – 3,0 m) RKS 52 (0,0 – 0,2), RKS 53 (0,0 – 0,4 m), RKS 54 (0,0 – 0,5 m), RKS 55 (0,2 – 0,4 m), RKS 56 (0,2 – 1,0 m), RKS 65 (0,1 – 0,7 m), RKS 70 (0,0 – 0,6 m / 0,6 – 1,1 m) und RKS 71 (0,0 – 0,9 m / 0,9 – 1,3 m) wurden überwiegend Überschreitungen der Zuordnungswerte bis Z.0* bei den Parametern Arsen, Blei, Zink und Kupfer im Feststoff festgestellt.

Im Bereich RKS 49 und RKS 51 wurden bei den Parametern Quecksilber, Blei und Cadmium (RKS 49) und Kupfer (RKS 51) erhöhte Konzentrationen im Feststoff mit Überschreitungen des Zuordnungswertes Z 2 festgestellt. Weiterhin wurden in den Kugelfängen RKS 70 und RKS 71 ebenfalls erhöhte Konzentrationen im Feststoff bei den Parametern Kupfer und Blei festgestellt. Hier wurden ebenfalls die Zuordnungswerte Z1.2 (RKS 71) bis Z 2 (RKS 70) überschritten.

Hinsichtlich der DepV wurden erhöhte Werte (DK0) bei den Parametern Glühverlust, DOC, Antimon, TOC und Fluorid festgestellt. Gemäß den vorliegenden Untersuchungen kann der Hauptanteil der Abtragsmassen im Bereich Standortschießanlage entsprechend den Belastungen bzw. den Einbaukonfigurationen nach VwV wieder verwertet werden (Wiedereinbau in Erdbauwerke). Hierbei sind jedoch im Zuge der Aushubmaßnahmen weitere Deklarationsanalysen erforderlich, um die lokal auftretenden höher belasteten Bereiche fachgerecht separieren zu können und einer fachgerechten Entsorgung zuführen zu können. Im Vorfeld der erforderlichen Aushubmaßnahmen ist eine Rasterbeprobung und Untersuchung auf die festgestellten Schadstoffparameter zu empfehlen.

Im Bereich des Trafostandorts an der Schießanlage wurden keine Untersuchungen durchgeführt, da dieser Bereich nach derzeitiger Planung nicht durch die Anlagen des Prüfgeländes überplant ist.

Ergänzender Hinweis:

Bezüglich der im Prüfgelände anstehenden Grundwässer ist aufgrund der ermittelten chemischen Analyseergebnissen im Zuge von bauzeitlichen Wasserhaltungsmaßnahmen nicht mit dem Anfallen von kontaminiertem Wasser zu rechnen (s. Kapitel Hydrochemie).

5 Eingriffe durch bauliche Anlagen (Bauzeit und Betrieb) und deren hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Auswirkungen

5.1 Auswirkungen der Baumaßnahme auf das Grundwasservorkommen

Für die Prüf- und Technologiezentrum Immendingen sind im Zuge der Baumaßnahme und nach Fertigstellung sowohl qualitative als auch quantitative Auswirkungen auf die das oberste Grundwasserstockwerk bildenden Grundwasservorkommen des Tertiärs (t-Aquifer) und bereichsweise auf das überregionale Hauptgrundwasservorkommen in den verkarsteten Weißjuragesteinen (Weißjura-Karstaquifer) zu besorgen. Im Folgenden werden die quantitativen und qualitativen Auswirkungen auf die Grundwasservorkommen im Zuge der Baumaßnahme aufgezeigt und bewertet.

Quantitative Auswirkungen Prüf- und Technologiezentrum

Geplant ist der Neubau von insgesamt 9 Strecken- und Versuchsmodulgruppen. Im Zuge des Baus dieser Strecken- und Versuchsmodulgruppen sind quantitative Auswirkungen auf das tertiäre Grundwasser durch direkte Eingriffe ausschließlich im Zuge des Ovalrundkurses erforderlich. Weitere direkte Eingriffe ergeben sich in Folge der Versickerung von Niederschlagswässern über Muldensysteme und Wegeseitengräben. Diese Eingriffe werden zusammenfassend im Abschnitt Entwässerungsbauwerke beschrieben. Direkte quantitative Eingriffe in den Weißjura-Karstaquifer sind auf Grund seiner hohen Flurabstände nicht zu besorgen.

Ovalrundkurs:

Für den rund 1,85 km langen Ovalrundkurs werden auf Grund der vorhandenen Topographie die überwiegenden Streckenabschnitte im Bereich von Einschnittslagen und Dammlagen ausgeführt. Die hierbei erforderlichen Einschnittstiefen betragen bis zu 21 m. Im Bereich der Einschnittslage Gewann Hoch – ehem. Munitionsdepot (westliche Längsgerade) und Gewann Lerchenäcker – ehem. Büchlehof (östliche Längsgerade) erfolgt durch die Einschnittslage ein bauzeitlicher und dauerhafter Eingriff in den tertiären Grundwasserleiter.

Im Zuge der Erstellung der Baugruben für die Einschnittslage westliche Längsgerade (Gewann Hoch – ehem. Munitionsdepot) sind bauzeitliche und dauerhafte Eingriffe von im Mittel von 4 m in den t-Aquifer notwendig. Für die Trockenlegung der Baugruben im Zuge der Erstellung des Ovalrundkurses sind auf einer Länge von rd. 250 m Grundwasserhaltungsmaßnahmen notwendig. Die abzuleitende Grundwassermenge kann auf bis zu 4,0 l/s (im Mittel 2,5 l/s) abgeschätzt werden. Die Ableitung der gehobenen Wasser erfolgt über die Streckenentwässerung in das Tieftal.

Im Zuge der Erstellung der Baugruben für die Einschnittslage östliche Längsgerade (Gewann Lerchenäcker – ehem. Büchlehof) sind bauzeitliche und dauerhafte Eingriffe von im Mittel von 0,5 m in den t-Aquifer notwendig. Für die Trockenlegung der Baugruben im Zuge der Erstellung des Ovalrundkurses sind auf einer Länge von rd. 70 m Grundwasserhaltungsmaßnahmen notwendig. Die abzuleitende Grundwassermenge kann auf bis zu 1,0 l/s (im Mittel 0,5 l/s) abgeschätzt werden. Die Ableitung der gehobenen Wasser erfolgt über die Streckenentwässerung in das Tal Richtung Mauenheim.

Im Zuge von erforderlichen Bodenaustauschmaßnahmen bei Dammgründungen bzw. flachen Einschnittslagen (Ovalrundkurs und benachbarte Streckenmodule) im Bereich der tertiären Schichtenabfolge ist ein Aufdecken / Anschneiden der oberflächennah auftretenden Sickerwasservorkommen (insbesondere während niederschlagsintensiven Jahreszeiten) zu

besorgen. Diese Wässer sind im Bereich der Gründungssohlen / Einschnittsböschungen kontrolliert zu fassen, abzuleiten und ebenfalls den Entwässerungsanlagen zuzuführen. Eine genaue Dimensionierung dieser Dränmaßnahmen im Bereich der Streckenmodule ist erst nach Vorliegen der Ausführungspläne möglich.

Entwässerungsbauwerke

Das im Bereich des Prüf- und Technologiezentrums anfallende Niederschlags- und Grundwasser wird in einem eigenen Leistungssystem gefasst und abgeleitet. Das Entwässerungskonzept sieht dafür eine dezentrale Entwässerung der einzelnen Strecken- und Prüfmodule vor. Das innerhalb dieser Prüfmodule anfallende Abwasser soll dezentral gefasst und mittels Druckleitung aus dem Prüfgelände transportiert werden.

Bei den mit großflächigen Versiegelungen verbundenen Modulen Ovalrundkurs mit Messgerade, Fahrdynamikfläche, NVH-Strecken, Berthafläche, Handlingkurs und Nasshandlungstrecke sind Rückhalte- (Stauraumkanäle) und Retentions-Versickerungs-Systeme (Retentionsflächen / -mulden mit belebter 0,3 m mächtiger Bodenzone) vorgesehen. Teilweise erfolgt bei diesen Modulen auch eine Versickerung über die Wegeseitengräben. Hierbei werden diese Seitengräben ebenfalls mit einer 0,3 m mächtigen belebten Bodenzone versehen. Oberflächenwasser und ggf. anfallendes Grundwasser werden gemeinsam abgeleitet. Ein hydraulisches Trennsystem ist nicht vorgesehen. Die Ableitung der Wässer, die nicht zur Wiederversickerung gelangen bzw. zur geplanten Regenwassernutzung zugeführt werden, erfolgt in die nächstgelegene Vorflut.

Die anfallenden Niederschlagswässer der Streckenmodule Dauerlaufkurs, Albdauerlaufkurs, Stadtdauerlaufkurs, Heidestrecke und Steigungsstrecken werden möglichst über Bankette und Dammflächen breitflächig in das angrenzende Gelände geführt und über die belebte Bodenzone versickert. Hierbei sind ebenfalls auch Versickerungen über die Wegeseitengräben (über 0,3 m belebter Bodenzone) vorgesehen.

Im Zuge der Erstellung der Erdbauwerke für die Retentionssysteme erfolgen bauzeitlich und dauerhaft keine Eingriffe in grundwasserführende Schichten.

Qualitative Auswirkungen Prüf- und Technologiezentrum

In Bereichen, in denen die baulichen Anlagen des Prüf- und Technologiezentrums Immendingen oberhalb der Grundwasservorkommens zu liegen kommen bzw. geführt werden, sind im störungsfreien Betrieb die qualitativen Auswirkungen auf das jeweils oberste Grundwasservorkommen als gering zu erachten, da die im Planungsbereich anstehenden quartären und tertiären Böden und Gesteine sowie der Verwitterungshorizont des Weißjura i.d.R. ein gutes Retentions- und Reinigungsvermögen gegenüber möglichen mineralischen und chemischen Verunreinigungen (z.B. Schmierstoffe, Reifenabrieb und Straßensalz) aufweisen. Im Bereich der Weißjuraoberfläche ist dieses Reinigungsvermögen im Bereich von Verkarsungsstrukturen (Erdfälle, Dolinen, Versickerungslöcher) nicht gegeben. Hier sind entsprechende Vorsichtsmaßnahmen vorzusehen (Verfüllung von Erdfällen bzw. Schutzmaßnahmen (Versickerung über eine 0,3 m mächtige belebte Bodenzone)), damit keine Direkteinleitung möglich ist. Zur Beurteilung der Qualität des zu versickernden Niederschlagswassers wurde eine qualitative Betrachtung gemäß Merkblatt ATV-DVWK-M 153 vorgenommen. Danach ist die vorgesehene 0,30 m mächtige Oberbodenschicht im Versickerungsbereich als Maßnahme ausreichend. Im Falle eines Unfalls mit wassergefährdenden Stoffen kann durch entsprechende Maßnahmen (z.B. Bodenaustausch), die zeitnah umgesetzt werden, ein Versickern verhindert werden und somit ein Schadstoffeintrag in die Grundwasservorkommen weitgehend ausgeschlossen werden. Auch bei einem etwaigen Verschlammen der Muldenoberfläche kann ein Bodenaustausch stattfinden.

In den Modulbereichen, deren Eingriffssohle unterhalb des Grundwasserspiegels zu liegen kommt, sind bauzeitliche qualitative Auswirkungen auf das betroffenen Grundwasservorkommen weitgehend auszuschließen, da ein Grundwasserzuström aus dem Gebirge heraus in die Baugrube erfolgt und ein Eintrag in die Grundwasservorkommen somit nur schwer möglich ist (Stofftransporte entgegen dem hydraulischen Gefälle sind nur über osmotische Vorgänge und/oder durch chemischen Konzentrationsausgleich möglich; diese Vorgänge sind jedoch gegenüber dem Stofftransport im fließenden Grundwasser zu vernachlässigen).

Bei den evtl. in den Grundwasserkörper eingreifenden Kunstbauten können sich neben den möglichen bauzeitlichen mineralischen und chemischen Stoffeinträgen auch nach deren Fertigstellung qualitative Beeinträchtigungen des Grundwassers durch die Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers infolge Auslaugungsprozesse im Kontaktbereich der betonierten Fundamente sowie Tiefgründungselemente bzw. Sicherungselemente (Pfähle, Anker) mit dem Grundwasser erfolgen. Da die untersuchten Grundwässer im Planungsbereich als nicht betonangreifend einzustufen sind, kann von nicht dauerhaften Auslaugungsprozessen ausgegangen werden. Diese Prozesse werden voraussichtlich nach dem Aushärten der Betonstoffe zum Erliegen kommen. Die Auswirkungen werden somit nur zeitlich begrenzt und aufgrund der geringen Gebirgsdurchlässigkeiten (Tertiär) nur lokal im unmittelbaren Bauwerksbereich bemerkbar sein.

5.2 Auswirkungen der Baumaßnahmen auf die Grundwassernutzungen

Im Planungsraum existieren derzeit keine öffentlichen Grundwassernutzungen, so dass keine Auswirkungen auf diese zu besorgen sind. Auf die genutzten Brunnen/Quelle im südlich liegenden WSG „Tiefbrunnen Brächle, Tiefbrunnen Oberwiesen und Bitzenquelle“, die den Karstgrundwasserleiter/Quartär erfassen, sind qualitative und quantitative Auswirkungen aufgrund des vorgesehenen Entwässerungskonzepts (dezentrale Sammlung des Niederschlagswassers aus den versiegelten Flächen und Reinfiltration über belebte Bodenzone von 0,30m) auszuschließen.

Im Untersuchungsgebiet existieren 2 gefasste Quellen (Brunnen 2 Eschental und Brunnen 1 ehem. Büchlehof) von denen der Brunnen Eschental zur Schafstränke derzeit genutzt wird. Die Auswirkungen durch die Baumaßnahme werden im nachfolgenden Kapitel 5.3 beschrieben und bewertet.

5.3 Auswirkungen der Baumaßnahmen auf Oberflächengewässer und Quellen

Durch Versiegelung, Überbauungen, Grundwasserhaltungen und Einleitungen von Grund- und Oberflächenwasser im Rahmen der Baumaßnahmen und nach Fertigstellung des Prüf- und Technologiezentrums Immendingen sind Auswirkungen auf das Abflussverhalten/Schüttung und die Qualität der Oberflächengewässer und Quellen möglich. Verminderungen der Abflussmengen und Quellschüttungsmengen als Folge von Versiegelung und Grundwasserabsenkungen können dann auftreten, wenn Oberflächengewässer und Quellen mit dem Grundwasservorkommen korrespondieren, das versiegelt bzw. abgesenkt wird und für das die Oberflächengewässer/Quellen als Vorfluter fungieren.

Als Vorfluter für den Oberflächenabfluss und bereichsweise für die tertiären Grundwasservorkommen im Planungsraum des Prüf- und Technologiezentrums sind die auf die Hauptvorfluter Donau und Aach ausgerichteten Seitentäler (Trockentäler) innerhalb des Planungs-

raums (Tiefental, Eschental und Tal Gewann Großholz in Richtung Donau; Tal nach Mauenheim in Richtung Aach).

Bei der Direkteinleitung von gesammelten Grund- und Oberflächenwasser erfolgt eine unmittelbare Erhöhung des Abflusses in der Vorflut, während durch die Versiegelung und die geplante Fassung und das Sammeln der Niederschlagsmengen sowie durch die Grundwasserabsenkungen der Vorflut wiederum Zuflussmengen entzogen werden. Zur Vermeidung von negativen Auswirkungen auf die Oberflächengewässer durch die Einleitung der auf den Modulflächen gesammelten Wässer wurden die Rahmenbedingungen für die Reinigung, Versickerung und Einleitung im Vorfeld des Bauantrags mit den zuständigen Fachbehörden (Umweltamt des Landkreises Tuttlingen) abgestimmt. Nachfolgend werden die geplanten Eingriffe und Maßnahmen an den einzelnen Vorflutern sowie die daraus resultierenden Veränderungen im Abflussverhalten (Abflussmenge und Gewässergüte), im Gewässerbett und im Gewässerrandstreifen der Oberflächengewässer sowie im quantitativen und qualitativen Schüttungsverhalten der im Planungsraum liegenden Quellen beschrieben und bewertet.

Beeinträchtigungen des Abflussverhaltens (qualitativ und quantitativ) der Hauptvorfluter Donau und Aach infolge der Versiegelung (Abflussminderung) und der Direkteinleitung (Abflusserhöhung) in Bereich der tributären Seitentäler (Trockentäler) sind nicht zu erwarten.

Die westlich des Ovalrundkurses / Zufahrt Fahrdynamikfläche – Bremsmesstrecke liegende und zur Schafstränke genutzte Quelfassung Brunnen 2 Eschental wird durch die Planungen/Eingriffe des Prüf- und Technologiezentrums Immendingen beeinflusst. Der Grundwasserzustrom aus dem für die Quelfassung relevanten t-Aquifer erfolgt von Osten aus dem Planungsraum. Durch die geplante Einschnittslage des Ovalrundkurses mit einem Eingriff von über 250 m, einer mittleren Eingriffstiefe in die grundwasserführenden tertiären Schichtenabfolgen von 4 m und mit einer abgeschätzten mittleren Ableitungsmenge von 2,5 l/s, werden Teilflächen des natürlichen Einzugsgebiets der Quelfassung entzogen. Auf Grundlage der berechneten Reichweite der Grundwasserabsenkung von 30 m und der randstromigen Lage des Absenkungsbereichs zur Quelfassung kann derzeit ein Rückgang der Quellschüttungsmengen von ca. 30% abgeschätzt werden. Mit Stand Oktober 2013 liegen Messdaten zum natürlichen Schüttungsverhalten der Quelfassung erst seit März 2013 vor, so dass eine mengenmäßige Abschätzung des Schüttungsrückgangs nicht abschließend vorgenommen werden kann (zu Beginn der geplanten Baumaßnahme im Frühjahr 2014 wird zumindest ein Jahresgang Quellschüttungsmengen im Rahmen der hydrologischen Beweissicherung vorliegen). Schon heute zeigt sich jedoch schon, dass die Quelfassung entsprechend dem Einzugsgebiet eine stark niederschlagsbezogene Schüttung aufweist, mit einer relativ hohen Quellschüttung im Frühjahr und deutlich geringeren im Sommer/Herbst. Im bisherigen Beobachtungszeitraum waren Schüttungsschwankungen zwischen 0,38 und 0,05 l/s messbar. Um die Grundwassernutzung aufrecht zu erhalten, ist eine direkte und dauerhafte Zuleitung von gesammeltem Niederschlagswasser mit einer Standleitung aus dem Regenrückhaltekanal im Bereich der Fahrdynamikfläche zur Quelfassung vorgesehen. Zuführt werden sollen dabei ca. 1 l/s.

Die östlich des Ovalrundkurses liegenden und derzeit nicht genutzten Quelfassungen Büchlehof (Br.1 Büchlehof und Quelle Büchlehof) werden durch die Planungen/Eingriffe des Prüf- und Technologiezentrums Immendingen geringfügig überwiegend bei Grundwasserhochständen beeinflusst. Der Grundwasserzustrom aus dem für die Quelfassungen relevanten t-Aquifer erfolgt von Westen aus dem Planungsraum. Durch die geplante Einschnittslage des Ovalrundkurses mit einem Eingriff über 70 m und einer mittleren Eingriffstiefe in die grundwasserführenden tertiären Schichtenabfolgen von 0,5 m und mit einer abgeschätzten mittleren Ableitungsmenge von 0,5 l/s, werden Teilflächen des natürlichen Einzugsgebiets den Quelfassungen entzogen (überwiegend bei Grundwasserhochständen). Auf Grundlage der oberstromigen Lage des Absenkungsbereichs zu den Quelfassungen kann derzeit ein Rückgang der Quellschüttungsmengen von bis zu 50% (Maximalwert Br. 1Büchlehof bei

Grundwasserhochständen) abgeschätzt werden. Bei Grundwasserniedrigständen (Spätsommer / Herbst) sind die Auswirkungen auf die Quellen als sehr gering einzuschätzen (ca. 10 % Quellschüttungsrückgang).

Mit Stand Oktober 2013 liegen Messdaten zum natürlichen Schüttungsverhalten der Quellen erst seit März 2013 vor, so dass eine mengenmäßige Abschätzung des Schüttungsrückgangs nicht abschließend vorgenommen werden kann (zu Beginn der geplanten Baumaßnahme im Frühjahr 2014 wird zumindest ein Jahresgang Quellschüttungsmengen im Rahmen der hydrologischen Beweissicherung vorliegen). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Quellen entsprechend dem Einzugsgebiet eine stark niederschlagsbezogene Schüttung aufweisen. In der bisher halbjährigen Beobachtung war die Quelle Büchlehof überwiegend trocken bzw. zeigte in den Monaten Mai/Juni 2013 einen ganz geringe, nicht zu messende Schüttung. Der Abfluss am Br. 1 Büchlehof wurde mit maximal 1,38 l/s (11.06.2013) erfasst, ab Juli 2013 war die Quelfassung trocken. Somit kann es schon im natürlichen Jahresgang zu einem vollständigen Versiegen der Quellen kommen.

Der Verlust an Retentionsraum durch die Überplanung des Abflussquerschnittes von Trockentälern im Weißjura (z.B. Tiefental) mit Verringerung des natürlichen Retentionsraumes ist durch entsprechende technische Lösungen auszugleichen. Für die Sammlung und gedrosselte Ableitung der aus den durch das Prüf- und Technologiezentrum versiegelten Flächen im Einzugsgebiet des Tiefentals (Bertha-Fläche, Fahrdynamikfläche) gefassten und abgeleiteten Oberflächenwässer ist ein schadloser Abfluss von Hochwasserspitzen sicherzustellen, so dass Überflutungen insbesondere des Streckenmoduls Dauerlaufkurs auszuschließen sind.

Der Bereich der Fahrdynamikfläche liegt im Einzugsgebiet des Schöntentals bzw. seinem Seitental Eschental. Das Entwässerungskonzept sieht jedoch eine Ableitung/Versickerung des Oberflächenwassers im Bereich der Fahrdynamikfläche nach Norden, ins Einzugsgebiet des Tiefentals vor. Bei Starkregen wird somit auch der Oberflächenabfluss ins Tiefental geleitet und das Schöntental entlastet. Das wirkt sich positiv auf den Ortsteil Hintschingen der Gemeinde Immendingen aus, der am Talausgang des Schöntentals in der Donauaue liegt. Die Hochwasserlage wird sich im Ort dadurch entspannen.

Weiterhin ist festzustellen, dass qualitative und quantitative Auswirkungen auf den ca. 500 m östlich des Prüf- und Technologiezentrums gelegene Steinbruchsee Höwenegg (Grundwasserblänke des tertiären Grundwasserleiters) auszuschließen sind.

5.4 Auswirkungen der Baumaßnahmen auf den Bodenwasserhaushalt

Die Beurteilung der möglichen Auswirkungen der Baumaßnahmen auf den Bodenwasserhaushalt beschränkt sich hier auf spezifisch hydrogeologische Gesichtspunkte.

Durch die Streckenmodule, die nicht in oberflächennahe Grundwasservorkommen eingreifen wird das Wasserdargebot für die Vegetation außerhalb der Streckenmodule nicht beeinträchtigt. Die Sickerwasserverhältnisse außerhalb der unmittelbaren Modulbereiche, das heißt, die vertikale Sickerwasserbewegung in den wasserungesättigten Untergrundbereichen bleibt erhalten. Bei Baukörpern, die bis in das Grundwasser reichen und keine Anlagen zur Grundwasserspiegelbegrenzung erhalten (z.B. Geländeeinschnitte) sind Auswirkungen auf die Vegetation und den Bodenwasserhaushalt im Wesentlichen auf die während der Bauzeit notwendigen Grundwasserbegrenzungsmaßnahmen beschränkt. Da dies nur kurzfristige Eingriffe sind, können die Auswirkungen als gering erachtet werden.

Weitere Veränderungen sind nur dann zu besorgen, wenn Bauteile und/oder Gründungskörper im Grundwasser zu liegen kommen und diese die Durchflussquerschnitte des Grundwassers so verändern, dass sich im Oberstrom ein merklicher Aufstau bildet, der zu einer Bodenvernässung führt oder im Unterstrom eine dauerhafte Grundwasserabsenkung bewirkt, die zu Austrocknungen führt. Aufgrund der derzeitigen Planung sind jedoch solche dauerhaften Grundwasserbegrenzungen nur im Bereich der Geländeeinschnitte im Bereich Ovalrundkurs erforderlich.

6 Beschreibung der Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung

Gemäß § 5 WHG ist jedermann verpflichtet bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten, um eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotenen sparsame Verwendung des Wassers zu erzielen.

Mit der Ergänzung gemäß WG § 3a (zu § 5 WHG) wird dieser Grundsatz insbesondere in Verbindung mit Baumaßnahmen auch auf die Belange des Grundwasserschutzes und des Hochwasserschutzes übertragen.

Im Zuge der weiteren Planung und Ausführung werden folgende Hinweise zum Schutz der Oberflächengewässer und des Grundwasser beachtet:

- **Sammlung des Niederschlagswassers und Zuführung zu den relevanten Vorflutern**
Sammlung der auf den versiegelten Flächen anfallenden Niederschlagswässer und gemäß der qualitativen Belastung getrenntes Abführen der Wässer (normal bis gering belastetes Wasser aus den Modulflächen) und Reinigung dieser Wässer gemäß ihres Belastungsgrades und gedrosseltes Abgabe in die relevanten Vorfluter.
- **Wiederversickerung der durch die Versiegelung der Grundwasserneubildung entzogenen Niederschlagsmengen**
Die anfallenden Niederschlagswässer der Modulflächen werden möglichst über Bankette und Dammböschungen breitflächig in das angrenzende Gelände geführt und über die belebte Bodenzone versickert. Die in die Retentionsbecken geleiteten und über Retentionsbodenfilter (0,3 m belebte Bodenzone) gereinigten Niederschlagswässer können durch das geplante Einstauen über Versickerung dem Grundwasserkörper wieder zugeführt werden.
- **Gedrosseltes Einleiten der nicht versickerten Niederschlagswässer in die Vorfluter**
Die großteils nicht dauerhaft Wasser führenden Trockentäler erfahren durch die geplante gedrosselte Einleitung der zurückgehaltenen Niederschlagswässer eine konstantere Wasserführung, die wiederum auf die Ökologie der Fließgewässer sowie auf deren Randstreifen eine verbessernde Wirkung erzielt. Durch wasserbauliche Maßnahmen wird Tiefenerosion im Gewässerbett bei den Einleitstellen vermieden. Zudem wird durch die voraussichtliche Minderung der Austrocknungshäufigkeit die generelle Gefahr der Tiefenerosion des Gewässerbettes bei Starkniederschlägen herabgesetzt.
Des Weiteren wird durch die Retention und durch das gedrosselte Einleiten dem Grundsatz des WG BW zum Hochwasserschutz entsprochen.
- **Minimierung der bauzeitlichen und dauerhaften Eingriffe in die Grundwasservorkommen**
Durch den planerischen Vorsatz der massenneutralen Einpassung der Modulflächen in das Gelände (Massenabtragskubaturen entsprechen Massenauftragskubaturen) konnten die bauzeitlichen und dauerhaften Eingriffe in die Grundwasservorkommen minimiert werden.
- **Sammlung und Ableitung der durch Grundwasserbegrenzungssysteme gefassten Grundwässer**
Die durch die geplanten Grundwasserbegrenzungssysteme im Bereich des Ovalrundkurses gefassten Grundwässer werden über offene Leitungen längs geführt und

so in Streckenbereiche geführt, in denen eine Wiederversickerung aus hydrogeologischer Sicht möglich ist. Hierdurch wird dem Grundsatz des WHG entsprochen, die entnommenen Wässer dem relevanten Aquifer wieder zuzuführen.

- **Rekultivierung bauzeitlich beanspruchter Flächen und Entsiegelung rückgebauter Verkehrsanlagen**

Von bauzeitlich beanspruchten Flächen werden ortsfremde Materialien entfernt und die ersetzten nicht mehr benötigten bestehenden Verkehrsflächen werden entsiegelt. Verdichtungen des Unterbodens werden gelockert, um die Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes zu gewährleisten und somit die Flächen für die Grundwasserneubildung optimal zur Verfügung zu stellen (z.B. Rückbau Panzerstrasse).

- **Minimierung von Schadstoffeinträgen in die Oberflächengewässer und das Grundwasser**

Zur Vermeidung bzw. Minderung von Schadstoffeinträgen wird auf einen fachgerechten Umgang mit Treib-, Öl- und Schmierstoffen sowie auf die Verwendung von grundwasserverträglichen Bau- und Bauhilfsstoffen geachtet. Des Weiteren wird eine fachgerechte und regelmäßige Wartung von Maschinen und Fahrzeugen einschließlich deren Betankung während der Bauphase und der Betriebsphase zugesichert.

Sollte im Zuge der Baumaßnahme kontaminiertes Grundwasser angetroffen werden, so wird dieses gefasst und die Entsorgung entsprechend den einschlägigen Gesetzen, Vorschriften und Richtlinien vorgenommen. Die Maßnahmen werden mit den zuständigen Behörden abgestimmt. Nach bisherigen Untersuchungen ist das Grundwasser nicht mit Schadstoffen belastet.

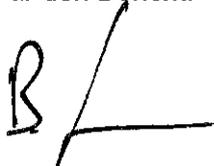
7 Beschreibung und Bewertung der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen

Die durch die geplanten Baumaßnahmen Prüf- und Technologiezentrum Immendingen beschriebenen Eingriffe in das Grundwasser, die Oberflächengewässer und Quellen sowie in den Bodenwasserhaushalt werden durch die geplanten Maßnahmen zur Minderung und Vermeidung in Ihrer Auswirkung auf das Grundwasser und die Oberflächengewässer gemäß den Vorgaben des WHG § 5 auf ein verträgliches Maß reduziert und können als geringfügig eingestuft werden.

Eine Ausnahme bilden hierbei die geplanten Eingriffe in den tertiären Grundwasserleiter im Zuge des Ovalrundkurses westliche Gerade mit den dauerhaften Grundwasserableitungen von im Mittel 3,0 l/s und den dadurch bedingten Auswirkungen auf die Quellschüttungsmengen an Quellen bzw. Quelfassungen im Eschental. Diese Auswirkungen stellen gemäß §§ 68, 69 und 70 WHG einen erheblichen Eingriff in die Quelle bzw. in den betroffenen Vorfluter dar und können durch die geplanten Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung bzw. durch planerische Mittel in Ihrer Auswirkung auf die Oberflächengewässer nicht gemindert oder vermieden werden.

Somit sind für diese Eingriffe Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen erforderlich. Als Ausgleichsmaßnahme für den Br. 2 Eschental ist eine dauerhafte Zuführung von gesammeltem Niederschlagswasser aus der Entwässerung über eine Standleitung direkt zur Quelfassung vorgesehen (ca. 1 l/s).

Für den Bericht:



Dr. B. Gaukler

(geon – Planungsgesellschaft für Wasser und Boden mbH)

8 Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- THON, B. & JACOB (2007): Geologischer Beitrag zum Benutzungs- und Bodenbedeckungsplan (BB-Plan) StOÜbPI Immendingen.- Berichte des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr, 30: 1-17; LtrGeolInfoDBw, Traben-Trarbach
- SPITZ, W. (1930): Erläuterungen zum Blatt 8018 Tuttlingen.- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000.- 3. unver. Aufl., 107 S., 1 Abb., Geologisches Landesamt Baden-Württemberg Freiburg i. Br. 1997
- GEYER, O.F. & GWINNER, M.P.: Geologie von Baden-Württemberg.- 5., völlig neu bearbeitete Auflage von GEYER, M. & NITSCH, E. & SIMON, Th., 627 S., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- VILLINGER, E. (1972): Seichter und Tiefer Karst in der Schwäbischen Alb.- Geol. Jb., C 2: 153 - 188; Hannover
- VOGELSANG, D. & VILLINGER, E. (1987): Elektromagnetische und hydrogeologische Erkundung des Donau-Aach-Karstsystems (Schwäbische Alb).
- VILLINGER, E. (1997): Der Oberjura-Aquifer der Schwäbischen Alb und des baden-württembergischen Molassebeckens (SW-Deutschland).- Tübinger geowiss. Arb., C 34: 77 - 108; Tübingen
- WEIDENBACH, F. (1954): Über einige Wasserbohrungen im Jura.- Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., 36: 54 – 73; Stuttgart

Anlage 1

Übersichtslageplan

Hydrogeologie und Wasserwirtschaft M 1 : 5.000