

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tenneberg

SCC-209-02

Teil A: Wasserwirtschaftlich-hydrogeologischer Schutzzonenbericht

Teil B: Schutzzonenplan

Teil C: Risikoplan

Teil D: Maßnahmenkatalog

01. März 2019

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tenneberg

SCC-209-02

Teil A: Wasserwirtschaftlich-hydrogeologischer
Schutzzonenbericht

01. März 2019

Teil A: WASSERWIRTSCHAFTLICH-HYDROGEOLOGISCHER SCHUTZZONENBERICHT

Inhaltsverzeichnis

A 1	Anlass und Aufgabenstellung.....	3
A 2	Wasserwirtschaftliche und wasserrechtliche Rahmenbedingungen.....	4
A 2.1	Wasserwirtschaftliche Verhältnisse.....	4
A 2.2	Entnahmen Dritter	4
A 2.3	Wasserrechtliche Verhältnisse	4
A 2.4	Sonstige Wassernutzungen.....	5
A 3	Beschreibung der Wassergewinnung	6
A 3.1	Förderung.....	6
A 3.2	Lage und Beschreibung der Gewinnungsanlagen.....	7
A 3.3	Beschreibung der Wasseraufbereitung	8
A 4	Beschreibung des Untersuchungsgebietes	8
A 4.1	Lage, Begrenzung und Morphologie.....	8
A 4.2	Vorflutverhältnisse.....	8
A 4.3	Klima	8
A 4.4	Flächennutzung.....	9
A 5	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	10
A 5.1	Geologischer Überblick.....	10
A 5.1.1	Gesteine	10
A 5.1.2	Lagerungsverhältnisse.....	10
A 5.1.3	Trennfugen	11
A 5.2	Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse	11
A 5.2.1	Hydrogeologischer Überblick.....	11
A 5.2.2	Grundwasserverhältnisse.....	15
A 5.2.3	Flurabstände.....	15
A 5.2.4	Wirkungszusammenhänge Grundwasser / Oberflächengewässer	16
A 5.3	Auswirkungen der Grundwasserentnahme.....	16

A 5.4	Grund- und Rohwasserqualität.....	16
A 5.4.1	Hauptinhaltsstoffe.....	16
A 5.4.2	Elektrische Leitfähigkeit und Temperatur.....	18
A 5.4.3	pH-Wert.....	18
A 5.4.4	Mikrobiologie	19
A 5.4.5	Pestizide	19
A 5.5	Bodenverhältnisse	20
A 5.6	Vulnerabilität der Wasserfassung.....	21
A 6	Einzugsgebiet der Wassergewinnung	22
A 6.1	Wasserrechtliche Fördersituation	22
A 6.2	Lage und Größe des Einzugsgebietes	22
A 6.2.1	Methodik.....	22
A 6.2.2	Abgrenzung des maßgeblichen Einzugsgebietes	23
A 6.2.3	Sonstige Zustrombereiche	24
A 6.3	Ermittlung des Grundwasserangebotes.....	24
A 6.3.1	Methodische Vorgehensweise.....	24
A 6.3.2	Flächenhafte Grundwasserneubildung.....	25
A 6.3.3	Grundwasserneubildung durch sonstige Zuströme.....	25
A 6.3.4	Grundwasserbilanz.....	25
A 7	Vulnerabilität des Einzugsgebietes	25
A 7.1	Vorgehensweise.....	25
A 7.2	Boden	26
A 7.3	Hangneigung	27
A 7.4	Verschneidung der Bodenkarte mit der Hangneigung	28
A 7.5	Schutzfunktion des Gebirges	28
A 7.6	Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung.....	29
A 7.7	Oberflächenabfluss, Akkumulation	30
A 7.8	Trennflächen	30
A 7.9	Schutzfaktor: Verschneidung von Deckschichten und Trennflächen	32
A 8	Literaturverzeichnis.....	33
A 9	Anlagen	35

A 1 Anlass und Aufgabenstellung

Die Quelle *Tennebiorg* (SCC-209-02) wird auf Grund von Qualitätsmängeln seit den 90iger Jahren nicht mehr zur Trinkwasserversorgung der Bevölkerung genutzt. Zur Verbesserung der Qualität und einer dadurch möglichen Wiederaufnahme der Nutzung, wird die Ausweisung einer Trinkwasserschutzzone für die Quelle angestrebt.

Nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (1) die mit dem Luxemburger Wassergesetz (2) vom 19. Dezember 2008 und dessen Ergänzung vom 20. Juli 2017 (3) in nationales Recht umgesetzt wurde, muss für alle Trinkwasserfassungen die verbindliche Ausweisung der Trinkwasserschutzzone erfolgen (Artikel 44 des Wassergesetzes). Die rechtliche Grundlage für die Genehmigungs- und Verbotstatbestände innerhalb der Schutzzone gibt das Gesetz A N°141 vom 9 Juli 2013 (4).

Die Ausweisung der Schutzzone erfolgt nach den Vorgaben des „Leitfaden für die Ausweisung von Grundwasserschutzzone“ (5) und in Anlehnung an folgende Literatur:

- Wasserschutzgebiete für die öffentliche Wasserversorgung (6)
- Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser (7)
- Praxishilfe zur Bemessung des Zuströmbereichs Zu (8)
- Praxishilfe Ausscheidung von Grundwasserschutzzone bei Kluftgrundwasserleitern (9)
- COST Action 620 (10)
- Praxishilfe Kartierung der Vulnerabilität in Karstgebieten (Methode EPIK) (11)
- Leitlinien für die Ermittlung der Einzugsgebiete von Grundwassererschließungen (12)

Grundlegend für die Schutzzoneausweisung ist das hydrogeologische Basisgutachten (13). Teilweise wurden die Textpassagen und Abbildungen direkt in das vorliegende Gutachten übernommen.

Der von der Wasserverwaltung (Administration de la gestion de l'eau, AGE) vergebene Code der Schutzzone ist ZPS 3050.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden:

- Drei Grundwassermessstellen (FRE-408-31/32/33) eingerichtet;
- Die Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit und der Temperatur im Quellwasser über mehrere Monate registriert.

Die Dokumentationen der Bohrungen sind dem Bericht in Anlage 8 beigelegt.

A 2 Wasserwirtschaftliche und wasserrechtliche Rahmenbedingungen

A 2.1 Wasserwirtschaftliche Verhältnisse

Die Quelfassung *Tennebiert* (SCC-209-02) liegt im Tal der Mamer, rund 1 km nordwestlich von Strassen (Übersichtslageplan in Plan 101087-7/300). Der Wasseraustritt erfolgt nur wenige Meter neben dem östlichen Ufer der Mamer, gegenüber dem Campingplatz, an der C.R. 101 und ca. 60 m südlich der Autobahnbrücke der A6.

Gefasst sind sieben Quellaustritte, welche in ein Sammelbecken auf einer Höhe von rund 277 m ü. NN austreten. Der Zugang zur Quelle erfolgt über einen Waldweg, der 250 m südlich der Quelle von der C.R. 101 in den Gaaschtgronn abzweigt.

Die nächste Wasserfassung ist die privat genutzte Quelle *Thillsmillen* (SCP-209-13), rund 1,3 km nördlich. Im Geoportal sind zudem die Fassungen *Kreimeschbiert* (SCC-408-06), rund 200 m nordöstlich, und *Jauferbur* (SCC-209-07), rund 180 m südwestlich, aufgenommen. Diese konnten im Gelände jedoch nicht ausfindig gemacht werden.

A 2.2 Entnahmen Dritter

Entnahmen Dritter sind im Einzugsgebiet der Quelle nicht bekannt.

A 2.3 Wasserrechtliche Verhältnisse

Die Quelle *Tennebiert* befindet sich im Eigentum der Gemeinde Strassen und wird zurzeit nur zum Bewässern örtlicher Grünanlagen genutzt. Eine erhoffte Verbesserung der Trinkwasserqualität im Zuge der Ausschreibung der Schutzzone, soll die Quelle aber wieder nutzbar für die Trinkwasserversorgung der Gemeinde machen. Die wasserrechtlichen Verhältnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Wasserrechtliche Verhältnisse.

Name der Fassung	Tenneberg
Code	SCC-209-02
Code der Schutzzone	3050
Wasserrechtliche Genehmigung	ohne
Rechtswert/Hochwert	71'313 / 77'256
Höhe Wasseraustritt	277 m
Eigentümer Fassung	Gemeinde Strassen
Ortslage (Sektion)	Strassen, B des Bois
Nr. Parzelle	1210/2691
Eigentümer Parzelle	Gemeinde Strassen
Baujahr	Anfang 19. Jahrhundert
Genutzter Grundwasserleiter	Luxemburger Sandstein
Mittlere Schüttung (AGE)	402 m ³ /Tag
Anteil an der Gesamtversorgung	0%

Alle wasserrechtlichen Genehmigungen, die im Zusammenhang mit der Schutzzonenausweisung der Quelle stehen, sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Wasserrechtliche Genehmigungen im Rahmen der Schutzzonenausweisung.

	Administration de la gestion de l'eau	Ministère du Développement durable et des Infrastructures – Département de l'environnement
Bohrungen FRE-408-31/32/33	EAU/AUT/15/0942	84867

A 2.4 Sonstige Wassernutzungen

Sonstige Wassernutzungen (z.B. Erdwärmesonden) im Einzugsgebiet der Quelle sind nicht bekannt.

A 3 Beschreibung der Wassergewinnung

A 3.1 Förderung

Angaben zur Schüttung der Quelle *Tennebiertg* liegen für die Jahre 1990 – 2003 vor. Nach 2003 wurde die Schüttung nicht mehr gemessen. Die wesentlichen Eckdaten sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Eckdaten der Schüttung Quelle Tennebiertg.

	AGE
Zeitraum	1990 - 2003
Min (m ³ /d) NQ	246 (20.10.1993, 02.02.1994)
Max (m ³ /d) HQ	708 (19.10.2001)
Mittel (m ³ /d) MQ	402
Quotient NQ/HQ	0,35

Die Schüttung wurde über den gesamten Zeitraum in der Regel dreimal im Jahr von der Administration de la gestion de l'eau gemessen. Die Daten sind in Plan 101087-7/301 dargestellt.

Die Ganglinie zeigt keinen eindeutig jahreszeitlich geprägten Verlauf. Teilweise finden sich Maxima im Frühling und Minima in den Wintermonaten. Seit Oktober 2000 ist die Schüttung deutlich angestiegen und schwankt im Bereich von 700 m³/d. Der Anstieg kann im Zusammenhang mit dem niederschlagsreichen Jahr 2000 stehen. Der Mittelwert für den Beobachtungszeitraum liegt bei 402 m³/d.

Zusätzlich gab es noch eine Stichprobenmessung an allen Quellaustritten am 29.09.2010. Dabei konnte eine Gesamtschüttung von 537 m³/d gemessen werden. Dies ist ein Mindestwert, da nicht bei allen Wasseraustritten das gesamte Wasser im Messgefäß aufgefangen werden konnte.

Das meiste Wasser kam aus den vier Mauernischen an der südlichen (rechten) Wand der Fassung (Ausläufe 1 bis 4, Abb. 3 in Plan 101087-7/302). Die Schüttung lag zwischen 0,6 und 3 l/s, die Messergebnisse sind in Plan 101087-7/301 zusammengestellt.

Der Wasseraustritt 5, an der westlichen Seite der Quelfassung ist nicht gemauert, hier drückt das Wasser durch das Mauerwerk. Die Schüttung konnte nicht exakt bestimmt werden, lag aber bei mindestens 0,1 l/s. Am Zulauf 6 wurden 0,2 l/s gemessen.

Aus dem Bereich der nördlichen Mauer kommt ein Rohr, über das nur eine sehr geringe Menge (0,01 l/s) Wasser zufließt. Bilder der einzelnen Zuflüsse finden sich in der Fotodokumentation in Anlage 9 (Bilder 2 bis 10).

A 3.2 Lage und Beschreibung der Gewinnungsanlagen

Die Quelle *Tennebiertg* befindet sich etwa 10 m östlich der Mamer und wurde Anfang des 19. Jahrhunderts gefasst. Die Quellstube befindet sich unterhalb des technischen Betriebshauses, in dem die Anlagen zur Pumpensteuerung untergebracht waren (Fotodokumentation, Anlage 9). Der Eingang zur Quellstube liegt an der westlichen Gebäudeseite und ist über einen kleinen Weg erreichbar.

In der Fassung werden insgesamt sieben Wasseraustritte gesammelt. Der Austritt erfolgt über gemauerte Nischen, in ein 2 x 4,9 m großes Sammelbecken. Der Wasseraustritt liegt bei 277 m ü. NN. Ein Ausbauplan mit Lage der einzelnen Zuflüsse findet sich in Plan 101087-7/302. Bilder der Zuflüsse sind in der Fotodokumentation in Anlage 9 zusammengestellt (Bilder 2 bis 10). An den Zuflüssen 1 bis 3 sind starke Wurzeleinwüchse zu erkennen.

Aus dem Sammelbecken wird das Wasser bei Bedarf über Pumpen in den Wasserbehälter *Tennebiertg* (*Millewee* auf der topografischen Karte; Bild 11 in der Fotodokumentation) gefördert und von dort zur Bewässerung der benachbarten Kleingärten, zur Bewässerung der Sportanlagen in Strassen (südlich der Gemeindeverwaltung) sowie zur Versorgung des Teichs in der Altenresidenz Riedgen (rue Henry Dunant) genutzt. Ein Verteilungsschema ist in Plan 101102-1/01 dargestellt. Das überschüssige Wasser wird über einen Überlauf in die Mamer geleitet.

In Zukunft soll das Wasser auch zur Versorgung der Weiher und Springbrunnen im Gemeindepark genutzt werden. Die entsprechenden Leitungen müssen noch verlegt werden.

A 3.3 Beschreibung der Wasseraufbereitung

Das Quellwasser wird nicht zur Trinkwasserversorgung der Bevölkerung genutzt, es findet keine Aufbereitung statt.

A 4 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

A 4.1 Lage, Begrenzung und Morphologie

Das Untersuchungsgebiet der Quelle *Tenneberg* wird im Westen von der C.R. 101 im Tal der Mamer begrenzt. Es erstreckt sich nach Norden bis zum Anwesen Neimillen, über die C.R. 181 im Osten und bis zu N6 im Süden (vgl. Plan 101087-7/300).

Die Quelle tritt im Gaaschtgronn, am östlichen Hang im Tal der Mamer aus. Der Quellaustritt liegt bei 277 m ü. NN. Das Gelände steigt stark nach Osten an. Die höchste Erhebung liegt im Nordosten des Untersuchungsgebietes, in unmittelbarer Nähe zum *Fräiheetsbam*.

Das Gelände wird durch den Taleinschnitt der Mamer geprägt. Der Luxemburger Sandstein steht an mehreren Stellen an und bildet eine deutliche Geländekante. Außerhalb des Taleinschnittes zeichnet sich das Gelände durch weiche Formen aus.

A 4.2 Vorflutverhältnisse

Der Vorfluter der Quelle *Tenneberg* ist die Mamer. Sie hat ihren Ursprung westlich von Garnich und mündet südlich von Mersch in die Alzette.

A 4.3 Klima

Das Klima im Untersuchungsgebiet ist warmgemäßigt, geprägt durch einen ozeanischen Einfluss. Die Niederschläge sind regelmäßig, fast gleichmäßig über das ganze Jahr verteilt, zeigen aber dennoch eine bimodale Verteilung mit einem Maximum im Dezember und im Juni (14). Die jährlich kumulierte Niederschlagsmenge zwischen 1971 und 2000 liegt an der Station Koerich (8 km nordwestlich der Quelle) bei 900 mm (14), im Bereich des Untersuchungsgebietes liegt sie zwischen 800 und 850 mm (14).

Neben der Station Koerich sind die nächstgelegenen Klimastationen zu der Quelle die Stationen Mamer (ca. 1,5 km südwestlich) und Merl (ca. 5 km südöstlich). Für beide

Stationen liegen Daten der letzten 10 Jahre in digitaler Form vor (Quelle: asta). In Plan 101087-7/303 sind die Niederschläge und die Monatsmitteltemperaturen an den Stationen Mamer und Merl zwischen November 2007 und Oktober 2016 dargestellt (15). Der mittlere Jahresniederschlag an der Station Merl von 2007 bis 2016 liegt bei 774 mm. Im gleichen Beobachtungsraum liegt der mittlere Jahresniederschlag an der Station Mamer bei 810 mm.

Durch die deutlich ausgeprägten Temperaturunterschiede im Sommer und Winter zeigt die Evapotranspiration in den Sommermonaten ihr Maximum und im Winter ihr Minimum. Dies wiederum spiegelt sich in den oberirdischen Abflüssen wider, die bei niedrigen Temperaturen einen deutlich höheren Anteil zeigen. Zu Abflussspitzen kann es auch nach starken Niederschlagsereignissen im Sommer kommen.

A 4.4 Flächennutzung

Die Flächennutzung ist im Luftbild in Plan 101087-7/313 dargestellt. Das Untersuchungsgebiet der Quelle *Tennebiert* lässt sich von der Flächennutzung grob dreiteilen. Der Norden und Nord-Westen sind durch forstwirtschaftliche Flächen geprägt, der mittlere Bereich wird landwirtschaftlich genutzt. Es finden sich sowohl Acker- und Grünlandflächen. Im Süden des Untersuchungsgebietes befindet sich die Ortschaft Strassen. Weiterhin gibt es ein Reitanwesen und einen Campingplatz.

Das Untersuchungsgebiet wird durch die A6 durchkreuzt. Die Autobahnbrücke über das Tal der Mamer befindet sich unmittelbar oberhalb der Quelle. Des Weiteren verlaufen die C.R. 101 und C.R. 181 in Nord-Süd-Richtung jeweils im Westen und im Osten des Untersuchungsgebiets.

A 5 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

A 5.1 Geologischer Überblick

A 5.1.1 Gesteine

Im Untersuchungsgebiet sind die Ablagerungen des Unteren Lias (Hettangium, li₁ und li₂ und Sinemurium li₃) aufgeschlossen. Ein Auszug aus der geologischen Karte befindet sich im Plan 101087-7/304.

Die Elvange-Formation des Unteren Hettangiums (li₁, 10 bis 30 m (16)) bilden eine Abfolge von dunkelgrauen, fast schwarzen oder beige-grauen blättrigen Mergeln und blaugrauen, dunklen Kalkbänken. Sie bilden zusammen mit den mergeln von Levallois (rote Mergel des Oberen Rhät (ko₂, bis 2,5 m (16)) im Gebirgskörper einen Stauhorizont aus.

Über der Elvange-Formation folgt der Luxemburger Sandstein (li₂, 0 bis 80 m (16)). Es handelt sich um einen unterschiedlich stark verwitterten, vorwiegend kalkig gebundenen, fein- bis mittelkörnigen Sandstein. Die Ausbildung ist mittel- bis dickbankig. Je nach dem Grad der Verwitterung zeigt er hellgraue bis ockerbraune, teilweise auch rötliche Farben.

Die überlagernden Schichten, die Mergel und Kalke von Strassen (li₃) finden sich am äußersten, östlichen und südöstlichen Rand des Untersuchungsgebietes. Der Luxemburger Sandstein bildet fast im gesamten Gebiet die oberste stratigraphische Einheit.

Nach der geologischen Karte befindet sich die Quellfassung *Tennebiertg* im Bereich des Luxemburger Sandsteins, der am Weg, unmittelbar oberhalb der Quelle, aufgeschlossen ist (Bild 12 in der Fotodokumentation). Die Schichtgrenze zu der unterlagernden Elvange-Formation liegt einige Meter unterhalb des Quellaustritts.

A 5.1.2 Lagerungsverhältnisse

Der Luxemburger Sandstein liegt eingebettet, in Form einer Linse, zwischen den mergeligen Ablagerungen der Liegenden und Hangenden Einheiten. Die Achse dieser Linse taucht in südwestliche Richtung ab. Nach den Arbeiten von Lucius (17) fallen die

Schichten der beschriebenen geologischen Formationen daher generell in südwestliche Richtung ein, werden aber zusätzlich durch tektonische Strukturen, welche sich in Form von Sätteln, Mulden und Monoklinen widerspiegeln, übergeprägt. In vielen Bereiche ist es auch zur Ausbildung von Abschiebungen gekommen, die das Gebirge in einzelne Schollen zerlegen. Die Störungen streichen im Allgemeinen in nordnordost-südsüdwestliche und in nordost-südwestliche Richtung.

Im Westen des Untersuchungsgebietes, etwa im Bereich des Mamertals, wird eine 20° streichende Abschiebung vermutet, an der das Gebirge im Westen abgeschoben wurde. In Plan 101087-7/305 ist ein geologisches Profil mit den beschriebenen Verhältnissen schematisch dargestellt.

A 5.1.3 Trennfugen

Die Verteilung von Trennfugen (Klüften) hat einen wesentlichen Einfluss auf die Wasserbewegung im Gebirge. Die Richtung und Öffnungsweiten der Trennfugen bestimmen die richtungsabhängigen Fließgeschwindigkeiten im Untergrund.

Die Ausrichtung der Kluftrichtung im Untersuchungsgebiet der Quelle *Tennebiert* zeigt die Kluffrose in dem Plan 101087-7/304. Deutlich hervor tritt eine NE-SW gerichtete Hauptstreichrichtung bei 45°, die auch den Verlauf des Mamertals und der Antiklinalachse widerspiegelt. Die Messwerte der zweiten, NW-SE verlaufenden Streichrichtung, sind weiter gestreut und zeigen zwei Maxima bei 115° und 160°. Die ermittelten Hauptstreichrichtungen spiegeln sich auch in dem Verlauf der Täler im Untersuchungsgebiet wieder.

A 5.2 Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse

A 5.2.1 Hydrogeologischer Überblick

Grundwasserleiter

Die Quelle *Tennebiert* wird aus dem Luxemburger Sandstein gespeist und tritt nach den Ergebnissen der bisherigen Untersuchungen in Form einer Verengungsquelle im Taleinschnitt der Mamer aus. Die natürliche Grundwasserfließrichtung ist nach Westen, auf die Mamer hin ausgerichtet. Der Grundwasserspiegel ist frei und das Gebirge ist am Standort der Quelle stark aufgelockert und verwittert.

Grundwassermessstellen

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden drei Erkundungsbohrungen (FRE-408-31/ -32/ und -33) ausgeführt und als Grundwassermessstellen ausgebaut.

Vier weitere Messstellen (FRE-1-78, FRE-408-22, -23 und *GWM2 Recyma* mit unbekanntem Code (FRE-408-xx)) befinden sich im Bereich der Deponieanlage Recyma, östlich des Untersuchungsgebietes.

In Bertrange, im Süden des Untersuchungsgebietes, befindet sich die Grundwassermessstelle (FRE-401-01).

Alle genannten Messstellen können zur Verifizierung der Grundwasserströmungsverhältnisse herangezogen werden. Die Lage der Messstellen ist in Plan 101087-7/300 dargestellt. Standortbilder der Messstellen FRE-408-31, -32, und -33 finden sich in der Fotodokumentation in Anlage 9 Bilder 13 bis 15).

Die wichtigsten Eckdaten der Messstellen sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 zusammengestellt. Die detaillierte Dokumentation der Messstellen FRE-408-31, -32, und -33 kann dem Bericht der Bohrfirma in Anlage 9 entnommen werden. Alle drei Bohrungen setzten im Luxemburger Sandstein an und reichen bis in die stauenden Mergel der Elvange-Formation.

Tabelle 4: Eckdaten der Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet

Messstelle	FRE-408-31	FRE-408-32	FRE-408-33	FRE-401-01
Rechtswert	71597	71955	71606	71984
Hochwert	77514	77364	77142	75550
Höhe ü. NN, GOK	306,67	337,55	320,96	293
Höhe ü. NN, ROK*	306,70	337,56	320,98	n.b.
Tiefe der Bohrung	40	63	42	73
Grenze zum Stauhorizont	271	281	286	n.b.
Grundwasserspiegel ü. NN (22.12.16)	278,18	281,75	288,08	281,83
Funktions-fähigkeit	voll	voll	voll	n.b.
Ausbau	vollkommen	vollkommen	vollkommen	n.b.

*ROK = Rohroberkante der offenen Messstelle/Hydrantenkappe = Referenzpunkt

Tabelle 5: Eckdaten der Grundwassermessstellen auf dem Gelände der Recyma (Daten zur Verfügung gestellt seitens der AGE)

Messstelle	FRE-1-78	FRE-408-xx	FRE-408-22	FRE-408-23
Name	GWM 1 Recyma	GWM 2 Recyma	GWM 3 Recyma	GWM 4 Recyma
Rechtswert	73087	72742	73355	73263
Hochwert	77103	77213	76934	76822
Höhe ü. NN, ROK*	321,89	333,71	317,51	327,20
Tiefe der Bohrung	58,8	65,8	74,4	83,4
Grundwasser-spiegel ü. NN (12.12.16)	282,25	283,16	281,55	281,60

A 5.2.1.1 Hydraulische Kennwerte

Die Aquiferparameter des Luxemburger Sandsteins sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Es zeigt sich eine relativ große Schwankungsbreite bei unterschiedlichen Berechnungs- und Versuchsansätzen, was im Wesentlichen auf die Heterogenität des Sandsteins zurückzuführen ist.

Der Luxemburger Sandstein ist ein überwiegend karbonatisch gebundener Fein- bis Mittelsandstein. Sein Porenraum, sowie ein ausgeprägtes Mikroluftsystem zeichnen sich durch eine hohe Speicherkapazität aus. Die Porosität korreliert eng mit dem Karbonatgehalt: 5 % im sandigen Kalkstein und bis zu über 35 % im schwach zementierten Sandstein. Der Wasserfluss findet hauptsächlich in den Klüften und in den Bruchzonen statt. Die mittlere effektive Porosität der Formation liegt bei etwa 10 %, wobei das Porenvolumen etwa 9% ausmacht und das Kluftvolumen etwa 1 % (18).

Die Permeabilität des Sandsteins liegt nach Literaturangaben zwischen $4 \cdot 10^{-4}$ m/s (19) und $5 \cdot 10^{-5}$ m/s (18). Nach dem Grundwassermanagementplan liegt die Durchlässigkeit im Untersuchungsgebiet zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ m/s und $5 \cdot 10^{-4}$ m/s (20).

Die Fließgeschwindigkeiten im Gebirge werden maßgeblich durch die Öffnungsweiten der Klüfte bestimmt. Aufgrund von Hangentspannungskräften und dem verstärkten Einfluss der Verwitterung sind die Kluftöffnungsweiten an den Hängen, im Bereich der herausgewitterten Felsen und in Bruchzonen am größten. Tracertests zeigen Fließgeschwindigkeiten von bis zu 100 m/h (19).

Tabelle 6: Aquiferparameter; COLBACH, R. (18), HÖTZL et. al. (19) und AGE (20)

Parameter	Colbach	Hötzl et. al.	AGE	best
Nutzbare Porosität n_e	10 Vol.-%	5 bis 35 Vol.-%		
Kf-Wert	5×10^{-5} m/s	$4,0 \times 10^{-4}$ m/s	Im Untersuchungsgebiet: 1×10^{-4} bis 5×10^{-4} m/s	
Transmissivität T		$4,3 \times 10^{-3}$ m/s		
Hydraulisches Gefälle $I = (v_n \cdot n_e) / kf$				0,03 (Grundwassergleichenkarte im Anstrom der Quelle)
Abstandsgeschwindigkeit $v_a = v_f / n_e$ Filtergeschwindigkeit $v_f = kf \cdot I$ $v_a = (kf \cdot I) / n_e$		Aus Markierungsversuchen: 6,9 bis 31 m/d (über den Porenraum) 240 bis 960 m/d (im offenen Kluftraum) Max. > 100 m/h		Berechnet mit $n_e = 0,1$: 2,6 bis 13 m/d

Mit zunehmender Überdeckung des Sandsteins und/oder mit zunehmender Entfernung vom Hang nehmen die Öffnungsweiten der Klüfte immer weiter ab und das Gestein wird zunehmend kompakter. In diesen Bereichen wurden, z.B. bei Markierungsversuchen im Eischtal, Fließgeschwindigkeiten zwischen 0,3 m/h (6,9 m/d) und 1,3 m/h (31 m/d) nachgewiesen (19).

Für die Berechnung der Abstandsgeschwindigkeit im Einzugsgebiet der Quelle *Tennebiereg* wurde eine Abstandsgeschwindigkeit von maximal 13 m/Tag berechnet (unter Annahme eines kf-Werts von $5 \cdot 10^{-4}$ m/s, eines hydraulischen Gradients von 0,03 und einer nutzbaren Porosität von 10 Vol.-%).

A 5.2.2 Grundwasserverhältnisse

Grundwasserganglinien

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Studie wurden die Wasserstände in den Messstellen seit Oktober 2016 monatlich aufgenommen. Die drei Grundwasserganglinien sind in Plan 101087-7/306 zusammen mit dem monatlichen Niederschlag dargestellt. Keine der Messstellen zeigt eindeutige Reaktion auf die Grundwasserneubildung der Wintermonate 2016/17 und 2017/18. In FRE-408-31, deutet sich ein leichter Anstieg ab November 2017 an, das Maximum ist im Februar 2018 erreicht. Die geringsten Schwankungen (im Beobachtungszeitraum 13 cm absolut) zeigt die Messstelle FRE-408-33, die am weitesten südlich liegt. Die maximale Schwankung wurde mit 35 cm in FRE-408-32 registriert.

Grundwassergleichen

Mit Hilfe der Wasserstände aus den Messstellen im Untersuchungsgebiet kann ein Grundwassergleichenplan entwickelt werden, der für das maßgebliche Gebiet in Plan 101087-7/307 dargestellt ist. Zur Quelle *Tennebiert* zeigt sich eine Grundwasserfließrichtung von Südosten nach Nordwesten, also in Richtung des Mamertals. Nach Osten dreht die Fließrichtung in nördliche Richtung, um dann im Ortskern von Stassen insgesamt in westliche Richtung, zum Einzugsgebiet der Alzette zu wechseln. Die unterirdische Wasserscheide zwischen den Einzugsgebieten der Mamer und der Alzette verläuft somit etwa im Bereich der oberirdischen Wasserscheide. Nach Süden lässt sich die Grundwasserscheide mit Hilfe der Messstelle FRE-401-01 ermitteln, auch hier verläuft sie etwa entlang der oberirdischen Wasserscheide, die im westlichen Ortsbereich von Strassen entlang der N.6 lokalisiert werden kann (im Bereich des Einkaufszentrums).

A 5.2.3 Flurabstände

Die Flurabstandskarte des Untersuchungsgebiets ist im Anhang in Plan 101087-7/308 dargestellt. Sie ergibt sich aus der Differenz des digitalen Geländemodells und der Grundwassergleichenkarte (Plan 101087-7/307). Aus Gründen der Anschaulichkeit sind die Flurabstände als Flächen in den Kategorien 0 bis 5 m, 5 bis 10 m, 10 bis 25 m, 25 bis

50 m und größer als 50 m dargestellt. Erwartungsgemäß sind die Flurabstände im Bereich der Taleinschnitte der Mamer und des *Gaaschtgronn* deutlich herabgesetzt (0 bis maximal 25 m). Im restlichen Untersuchungsgebiet ist der Flurabstand größer als 25 m, im Norden teilweise auch größer als 50 m.

A 5.2.4 Wirkungszusammenhänge Grundwasser / Oberflächengewässer

Ein Einfluss von Oberflächenwasser aus der Mamer auf die Quelle *Tennebiert* ist mit hoher Wahrscheinlichkeit zumindest bei Hochwasser gegeben. Hier kann es zu einem Rückstau über den Überlauf kommen, der direkt im Flussbett liegt. Auch ein direkter Zufluss aus dem Bach über den Untergrund ist (durch die Umkehrung des hydraulischen Gradienten) bei Hochwasser wahrscheinlich, konnte aber auch durch die kontinuierlichen Messungen der elektrischen Leitfähigkeit und der Temperatur nicht nachgewiesen werden (Kap. A 5.4.2).

A 5.3 Auswirkungen der Grundwasserentnahme

Eine direkt messbare Auswirkung der Grundwasserentnahme ist unbekannt. Bei einer Wiederaufnahme der Quelle *Tennebiert* zur Trinkwasserversorgung würde das geförderte Wasser dem natürlichen Abstrom entzogen und fehlt letztendlich im Abfluss der Mamer, zu dessen hydrographischen Einzugsgebiet die Quelle gehört.

A 5.4 Grund- und Rohwasserqualität

A 5.4.1 Hauptinhaltsstoffe

Zur Beurteilung der Wasserqualität der Quelle *Tennebiert* werden sechs Analysen der Jahre 2012 bis 2018 herangezogen. Die Konzentrationen von Erdalkalien (Gesamthärte) und Alkalien, von Hydrogencarbonat (Karbonathärte), Sulfat, Chlorid, und Nitrat sind in Plan 101087-7/308-a, Tabelle 1 zusammengefasst.

Nach der Einteilung von Furtak & Langguth (21) weist das Wasser die hydrochemische Zusammensetzung eines *überwiegend hydrogencarbonatischen, erdalkalischen Grundwassers*, mit einer deutlich anthropogenen Komponente, auf. Diese ist besonders anhand der erhöhten Nitrat- und Chloridkonzentrationen erkennbar.

Der Grenzwert für Nitrat (50 mg/l) (22) wird in sechs der sieben Analysen deutlich überschritten. Die Grenzwerte (22) der anderen untersuchten Parameter werden eingehalten.

Insgesamt ist die Nitratbelastung der Quelle sehr hoch, die Werte schwanken zwischen 48 und 73 mg/l. Der Mittelwert liegt bei 62 mg/l. Eine eindeutige Tendenz geht aus der Ganglinie in Abb. 2 (Plan 101087-7/308-a) nicht hervor. Die Nitratkonzentrationen zeigen ausgeprägte Schwankungen, die aber auf Grund der geringen Datendichte nicht interpretierbar sind. Die hohen Konzentrationen zeigen aber den deutlichen Einfluss der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Einzugsgebiet der Quelle. Die Konzentrationen von Chlorid schwanken zwischen 48 und 57 mg/l und verlaufen gegenläufig zur Konzentration von Nitrat. Für eindeutige Aussagen reicht aber auch hier die Dichte der Daten nicht aus.

Im Jahre 2010 wurden Wasserproben von den Zuläufen 1 und 4 entnommen und analysiert. Ein Auszug der Ergebnisse findet sich in Plan 101087-7/308-a, in Tabelle 2. Die Nitratkonzentrationen waren damals am Zufluss 4 mit 77 mg/l deutlich höher als am Zufluss 1 mit 50 mg/l. Die Chlorid- und Natriumkonzentrationen waren dagegen am Zufluss 1 deutlich höher.

Im Februar 2018 wurden die Quelle und die Grundwassermessstellen beprobt und auf die Hauptinhaltsstoffe sowie ausgewählte Pestizidrückstände analysiert. Die wesentlichen Ergebnisse sind Plan 101087-7/310 zusammengestellt, die Originalprotokolle finden sich in Anlage 8.

Bei Betrachtung der Hauptinhaltsstoffe zeigt sich, dass die südlich gelegene Messstelle FRE-408-33 mit Abstand am höchsten durch Einflüsse aus der Landwirtschaft beeinträchtigt ist ((Abb. 1 in Plan 101087-7/310). Es wurde eine Nitratkonzentration von 85 mg/l nachgewiesen. Die nördliche FRE-408-31 ist mit 3,1 mg/l Nitrat unbeeinflusst. Das Grundwasser in FRE-408-32 zeigt mit 17 mg/l eine geringe Belastung an (Abb. 2 in Plan 101087-7/310). Das gleiche Verteilungsbild zeigt sich bei den Konzentrationen von Chlorid, Natrium und Calcium.

In der unbelasteten Messstelle FRE-408-31 sind die Konzentrationen an Sulfat und Magnesium deutlich höher, als in den anderen Aufschlüssen (Abb. 1 in Plan 101087-7/310).

A 5.4.2 Elektrische Leitfähigkeit und Temperatur

Die elektrische Leitfähigkeit und die Temperatur in der Quelle *Tennebiert* wurden von Februar 2014 bis Juli 2018 erfasst. Die gesammelten Daten sind in Plan 101087-7/311 grafisch dargestellt. Die Aufzeichnungen sind teilweise deutlich gestört. Zur Kontrolle wurde im Februar 2018 eine zweite Sonde in der Quellstube installiert, die die Daten über sechs Monate ebenfalls erfasst hat. Es zeigt sich, dass die Messung der elektrischen Leitfähigkeit bei der ersten Sonde fehlerhaft ist. Die Daten sind nur bis Ende 2015 auswertbar. In diesem Zeitraum zeigen sich ein leichter Rückgang der elektrischen Leitfähigkeit zu den Sommermonaten und ein Maximum im November/Dezember.

Die Temperatur zeigt einen jahreszeitlichen Verlauf mit Maxima (10 bis 10,1°C) zum Ende des hydrologischen Sommers (Oktober) und Minima (9,8°C) zum Ende des Winterhalbjahres im März/April. Die gestörte Aufzeichnung im Jahr 2017 kann über eine ungünstige Positionierung der Sonde innerhalb der Quellstube erklärt werden. Täglich werden geringe Schwankungen von rund 0,02°C beobachtet, die im direkten Zusammenhang mit den Schwankungen der Lufttemperatur stehen.

Infolge starker Niederschlagsereignisse bleibt die Temperatur konstant. Dagegen kann eine leichte Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit beobachtet werden. Hierbei handelt es sich um einen Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit. Dies könnte auf einen Einfluss der Mamer hinweisen, die leicht höher mineralisiert ist als das Quellwasser. Eine weitere Ursache kann der Anstieg des hydraulischen Drucks im Grundwasserleiters sein, infolgedessen älteres Wasser in Richtung des Quellaustritts gedrückt wird (Piston-Flow-Effekt). Eine Detaildarstellung der Ereignisse im September 2015 zeigt Abbildung 2 in Plan 101087-7/311.

A 5.4.3 pH-Wert

Der pH-Wert liegt zwischen 7,2 und 7,4 in den Jahren 2012 bis 2018 (Tabelle 1 in Plan 101087-7/308-a). Aufgrund der geringen Anzahl von Messwerten (sechs in sieben Jahren) erfolgt keine grafische Auswertung.

A 5.4.4 Mikrobiologie

Bezüglich der mikrobiologischen Qualität des Wassers liegen insgesamt vier Analysen für die Jahre 2014 bis 2017 vor. In drei der Analysen wurden im Rohwasser der Quelle *Tennebiertg* bakteriologische Verunreinigungen oberhalb der gültigen Grenzwerte (22) für coliforme Keime festgestellt. In Plan 101087-7/308-a sind die Ergebnisse in Tabelle 3 zusammengefasst.

Ein Zusammenhang der bakteriologischen Belastung mit Niederschlagsereignissen kann nicht nachgewiesen werden. Um dies auszuschließen oder eindeutig zu belegen, sind detaillierte Untersuchungen notwendig, in denen regelmäßig und in kurzen Zeitabständen Wasserproben untersucht, die elektrische Leitfähigkeit und die Temperatur des Quellwassers erfasst und die Niederschläge im Detail ausgewertet werden.

A 5.4.5 Pestizide

Für die Quelle *Tennebiertg* lagen zum Zeitpunkt der Berichterstattung sieben Analysen vor, in denen Pestizidrückstände im Wasser nachgewiesen wurden. In Plan 101087-7/312 sind diese dargestellt.

Der Grenzwert für den Einzelstoff (100 ng/l) und für die Summe aller Pestizide (500 ng/l) (2) wird mehrfach überschritten. Hier fallen besonders die Rückstände Metazachlor-ESA sowie Metolachlor-ESA und -OXA auf. Metazachlor-ESA ist ein Abbauprodukt von Metazachlor (Wirkstoff von z.B. Rapsan) und Metolachlor-ESA sowie -OXA sind Abbauprodukte von S-Metolachlor, was z.B. in dem Produkt *Dual Gold* Verwendung findet (Quelle: <http://www.asta.etat.lu>).

Die Konzentrationen von Bentazon, Atrazin und Desethylatrazin sind rückläufig und in den letzten Analysen unterhalb der Nachweisgrenze.

Bentazon, Dinoterb, Diuron, Foramsulforun und Dichlorobenzamid wurden in einer bzw. zwei der Analysen in geringen Konzentrationen nachgewiesen. Weitere Rückstände wurden nicht gefunden.

Die Herkunft der Rückstände sind eindeutig der Landwirtschaft zuzuordnen.

Im Februar 2018 wurden die Grundwässer der Messstellen und Quelle hinsichtlich der Rückstände von Atrazin, Metolachlor und Metazachlor untersucht. Atrazin und Desethylatrazin wurden in keinem Fall nachgewiesen. Bei den beiden anderen Wirkstoffen zeigt sich, wie bei den Hauptinhaltsstoffen, eine deutliche Belastung der südlichen Messstelle FRE-408-33, die sich im Anstrom zur Quelle *Tenneberg* befindet. In den anderen beiden Messstellen wurden keine Rückstände nachgewiesen. Die Ergebnisse sind Plan 101087-7/310 zusammengestellt (Tab. 2 und Abb. 3), die Originalprotokolle finden sich in Anlage 8.

Der Grenzwert von 100 ng/l wird in der Messstelle FRE-408-33 sowie in der Quelle für die Parameter Metazachlor-ESA und –OXA sowie Metolachlor-ESA deutlich überschritten. Die Konzentrationen sind dabei in der Messstelle um das 7-fache für die Metabolite von Metazachlor und um das 2,5-fache für die Metabolite von Metolachlor höher als in der Quelle.

Im September 2010 wurden Wasserproben von den Zuläufen 1 und 4 entnommen und analysiert (zur Lage der Zuflüsse siehe Plan 101087-7/302). Ein Auszug der Ergebnisse der Pestizidanalytik findet sich in Plan 101087-7/312, in Tabelle 2. Die nachgewiesenen Konzentrationen der Metabolite von Metolachlor waren damals am Zufluss 4 deutlich höher als am Zufluss 1. Metazachlor-ESA wurde dagegen am Zufluss 1 in einer höheren Konzentration nachgewiesen.

Auffällig ist der deutliche Anstieg der Rückstände von Metazachlor seit dem Jahr 2010. Dies deutet auf einen Wechsel der verwendeten Pflanzenschutzmittel auf den Feldern im Anstrom der Quelle hin.

Wie bei den Hauptinhaltsstoffen, ist auch die Gesamtbelastung durch Pestizidrückstände am Zufluss 4 höher als am Zufluss 1.

A 5.5 Bodenverhältnisse

Das Untersuchungsgebiet der Quelle *Tenneberg* wird vollständig durch die Bodenkarten der ASTA abgedeckt. Angaben zur Mächtigkeit der Böden sind jedoch nicht vorhanden. Die Bodenkartierung (Auszug aus der Carte des sols, Blatt 10 (23)) im Untersuchungsgebiet der Quelle *Tenneberg* ist in Plan 101087-7/314 dargestellt.

Im nördlichen Untersuchungsgebiet finden sich vor allem Sande und Schluffe (Körnungsklassen Z, S und L). Im südlichen Bereich, in dem die Kalke und Mergel von Strassen das Ausgangssubstrat für den Boden bilden, finden sich schwerer Böden in Form von Schluffen (Körnungsklasse A) und Tonen (Körnungsklasse E).

A 5.6 Vulnerabilität der Wasserfassung

Nach allen vorliegenden Ergebnissen wird die Quelle *Tenneberg* nach der *Vorgehensweise zur Erstellung der Schutzzonengutachten* (Leitfaden AGE (5), Abb. 4) in die Kategorie „*gegenüber Schadstoffeintrag empfindliche Grundwasserfassung mit starker Heterogenität des Grundwasserleiters*“ eingeteilt. Dies erfolgt im Wesentlichen auf Grund der bakteriologischen Beeinträchtigungen, der Nitratkonzentrationen und der nachgewiesenen Pestizide. Die relevanten Daten sind in Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 7: Eigenschaften bezüglich der Vulnerabilität des Grundwasserleiters

Parameter	Allgemein	Kurzfristige Reaktion auf Niederschläge
Schüttung	unbekannt	unbekannt
Elektrische Leitfähigkeit	geringe jahreszeitliche Schwankungen (ca. 20 μScm)	geringfügig (< 10 $\mu\text{S/cm}$)
Temperatur	Jahreszeitliche Schwankungen	nein
Trübung	< 0,5 FNU	unbekannt
Nitrat	$\geq 48 \text{ mg/l}$, $\leq 73 \text{ mg/l}$ Jahreszeitliche Schwankungen	unbekannt
Pestizide	Insgesamt wurden 10 Stoffe nachgewiesen. Die Metabolite von Metola- und Metazachlor überschreiten den Grenzwert i.d.R. deutlich	unbekannt
Bakteriologie	Grenzwert- überschreitungen aller relevanten Parameter	unbekannt

A 6 Einzugsgebiet der Wassergewinnung

A 6.1 Wasserrechtliche Fördersituation

Eine wasserrechtliche Genehmigung, mit Angaben zur maximal erlaubten Fördermenge, liegt nicht vor. Es wird die mittlere Schüttung von 402 m³/d für eine mögliche Förderung angesetzt.

A 6.2 Lage und Größe des Einzugsgebietes

A 6.2.1 Methodik

Das Einzugsgebiet der Quelle (Plan 101087-7/313) wird anhand der Ergebnisse der Geländearbeit, auf Grundlage der geologischen Situation, der Grundwassergleichenkarte und der daraus postulierten Fließrichtung des Grundwassers begrenzt.

Im ersten Schritt wird das oberirdische (orographische) Einzugsgebiet der Wasserfassung abgegrenzt. Dies erfolgt anhand der Morphologie im Untersuchungsgebiet. Bei ungestörter, horizontaler Schichtlagerung der Gesteine entspricht dies in guter Näherung der Ausdehnung des unterirdischen Einzugsgebiets, die Lage der oberirdischen und unterirdischen Wasserscheiden ist nahezu identisch.

Sind die Schichten geneigt, fließt das Grundwasser der Neigung der Schichten folgend und die unterirdische Wasserscheide verschiebt sich entgegen der Einfallrichtung. Ist das Gebirge gestört, so können sich unterirdische Grenzen ergeben, die den Wasserfluss in eine bestimmte Richtung unterbinden und/oder ablenken. Im Bereich des Schilfsandsteins ist die Neigung der Schichten zusätzlich durch die vorgegebene Rinnenstruktur beeinflusst.

Besonders in Karst- und Kluftgrundwasserleitern ist die Abgrenzung von Einzugsgebieten oft schwierig, da der unterirdische Wasserfluss weder morphologisch noch tektonisch eindeutig belegbar ist. Hier geben die Ausrichtung der Hauptkluftrichtungen und die Ergebnisse von Markierungsversuchen wichtige Anhaltspunkte.

Hilfreich ist in jedem Fall die Grundwassergleichenkarte, die die Morphologie des Grundwasserkörpers widerspiegelt und Hinweise zur Lage der unterirdischen Wasserscheide gibt. Umso mehr Grundwasseraufschlüsse es gibt, desto genauer wird dabei die Karte und auch die Abgrenzung des Einzugsgebietes.

Weitere wichtige Hinweise auf die Lage des Einzugsgebietes liefert der Chemismus des Wassers. Durch das Auftreten von bestimmten Inhaltsstoffen (z.B. Pestizidrückstände) oder Anomalien bei den Hauptbestandteilen (z.B. Erhöhung der Nitrat- und/oder Chloridkonzentrationen) können Rückschlüsse auf die Flächennutzung im Einzugsgebiet und damit auf dessen Lage getroffen werden.

Eine Plausibilitätskontrolle des ausgewiesenen Einzugsgebietes erfolgt über die Wasserbilanz in Kapitel A 6.3.4. Der Vergleich der Quellschüttung (wieviel Wasser wird aus dem Einzugsgebiet geliefert) zum neugebildeten Grundwasser (wieviel Niederschlag ist gefallen und wieviel ist davon im Untergrund versickert) liefert eine abschließende Bewertung.

A 6.2.2 Abgrenzung des maßgeblichen Einzugsgebietes

Im Nahbereich der Quelle lässt sich die Richtung der vorherrschenden Grundwasserströmung und die Lage der Randstromlinie durch die Kenntnis der Grundwasserstände in den Messstellen relativ genau ermitteln. Der Grundwasserzustrom erfolgt hier aus östlicher bis südlicher Richtung.

In größerer Entfernung wird der Verlauf der Randstromlinien immer ungenauer, insbesondere die oberstromige Begrenzung lässt sich nicht eindeutig belegen.

Im Osten stimmt die Lage der unterirdischen Wasserscheide zum Einzugsgebiet der Quellen im Tal der Alzette (*Siweburen* und *Paffenthal*) nach der Auswertung des Grundwassergleichenplans mit der der oberirdischen nahezu überein. Die Begrenzung des Einzugsgebietes der Quelle *Tennebiertg* erfolgt hier an der oberirdischen Wasserscheide, da diese genauer definiert ist.

Im Süden des Einzugsgebietes ist der Grundwassergleichenplan ungenauer, da hier nur eine Messstelle (FRE-401-01) zur Auswertung vorliegt. Hier taucht der Luxemburger Sandstein unter die überlagernden Schichten ab und das Grundwasser staut sich im

Gebirge auf. Aufgrund der Höhenlagen des Grundwassers und der Oberflächengewässer ist ein Abstrom in Richtung des Tals der *Petrusse* wahrscheinlich. Als Begrenzung des Einzugsgebietes wird im Süden die oberirdische Wasserscheide vom Einzugsgebiet *Tennebiertg (Mamer)* zum Einzugsgebiet der *Petrusse* gewählt.

Das Einzugsgebiet der Quelle erstreckt sich vom Quellaustritt nach Osten über die C.R. 181 bis an die Rue du Bois. Von hier verläuft die Grenze nach Südwesten bis an die N. 6 und von hier parallel bis auf die Höhe des Einkaufszentrums *Belle Etoile* in *Strassen*. Im Westen verläuft die Grenze über die Fluren *Tossebiertg* und *Gaaschtgronn*, bis zur Quelle *Tennebiertg*.

A 6.2.3 Sonstige Zustrombereiche

Ein zusätzlicher Zustrom von Oberflächenwasser in das Einzugsgebiet ist nicht zu erwarten. Im direkten Umfeld der Quelle kann ein Einfluss der *Mamer* allerdings nicht hundertprozentig ausgeschlossen werden.

A 6.3 Ermittlung des Grundwasserdargebots

A 6.3.1 Methodische Vorgehensweise

Das Grundwasserdargebot ist entscheidend für die nutzbare Menge an Grundwasser aus einem definierten Einzugsgebiet. Es setzt sich aus der Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag, dem Zustrom von Uferfiltrat und dem Zustrom von Grundwasser aus angekoppelten Grundwasserleitern zusammen.

Im Untersuchungsgebiet erfolgt die Grundwasserneubildung nur über den Niederschlag.

Das Einzugsgebiet der Quelle *Tennebiertg* liegt im Bereich des Grundwassermanagementplans (20), der Rasterwerte für die unterschiedlichen Größen der Grundwasserneubildungsrate ausgibt. Die Zellen des Rasters haben eine Größe von 100 x 100 m und sind mit den Größen der jeweiligen Grundwasserneubildungsrate belegt. Aus diesen Werten wird die mittlere Grundwasserneubildungsrate im Einzugsgebiet berechnet.

A 6.3.2 Flächenhafte Grundwasserneubildung

Das ausgewiesene Einzugsgebiet der Wasserfassung umfasst eine Fläche von rund 1,05 km². Nach den Daten des Managementplans (20) schwanken die Werte der Grundwasserneubildung in diesem Bereich zwischen 1,6 bis 9 l/s/km². Es ergibt sich ein Mittelwert von 4,9 l/s/km².

A 6.3.3 Grundwasserneubildung durch sonstige Zuströme

Sonstige Zuflüsse in den Grundwasserleiter finden nach dem Stand der Kenntnisse nicht statt.

A 6.3.4 Grundwasserbilanz

Die Angaben zur Schüttung der Quelle sind zu ungenau, um daraus genaue Berechnungen zur Grundwasserbilanz ableiten zu können. Bei der oben angegebenen Grundwasserneubildungsrate von 4,9 l/s/km² und der Größe des Einzugsgebietes von 1,05 km² errechnet sich für die mittlere Schüttung der Quelle ein theoretischer Wert von 5,1 l/s (441 m³/d). Dieser liegt in guter Näherung zu der in Kapitel A 3.1 für die Quelle genannten mittleren Schüttung von 402 m³/d.

Die Größe des Einzugsgebietes von 1,05 km² kann anhand der vorliegenden Daten als plausibel angesehen werden.

A 7 Vulnerabilität des Einzugsgebietes

A 7.1 Vorgehensweise

Die Ausweisung der Schutzzonen für Wasserfassungen beinhaltet die Erstellung eines Risikoplans für das gesamte Einzugsgebiet. Dieser entsteht durch eine „...Bewertung der Flächennutzung sowie besonderer Gefahrenherde (...) unter Berücksichtigung der natürlichen Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung bzw. der Vulnerabilität...“ ((5), S. 17).

Zur Darstellung der natürlichen Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung wird die Schutzwirkung bzw. Vulnerabilität im Einzugsgebiet für jeden Punkt untersucht. Eine hohe Schutzwirkung bewirkt immer eine geringe Vulnerabilität und umgekehrt.

Nach der Vorgehensweise des Luxemburger Leitfadens (5) wird zunächst die Grundwasseroberfläche als Ziel für die mögliche Grundwasserverunreinigung gesehen. Die Klassifizierung der Vulnerabilität der Wasserfassung ergibt sich erst nach einer Verschneidung der Schutzwirkung der Deckschichten mit den Fließzeiten im Gebirge.

Die Schutzwirkung des Gebirges setzt sich zusammen aus den Böden, den verschiedenen Gesteinseinheiten und deren jeweiligen Mächtigkeit oberhalb des Grundwasserspiegels, sowie aus dem Vorhandensein von präferentiellen Fließwegen, die die Schutzwirkung der vorhandenen Deckschichten eventuell stören. Die Klassifizierung der einzelnen Parameter wird in den folgenden Kapiteln erläutert.

Unter Zuhilfenahme einer geographischen Datenbank werden die Parameter miteinander verschnitten und die daraus resultierende kartographische Darstellung zeigt die definitive Schutzwirkung des Gebirges für jeden Punkt im Untersuchungsgebiet. Als Ziel für das versickernde Wasser wird dabei die Grundwasseroberfläche betrachtet.

A 7.2 Boden

Im Einzugsgebiet der Quelle *Tennebiertg* liegen die Bodenkarten der ASTA vor (Plan 101087-7/314), vgl. Kapitel A 5.5. Die Böden werden in acht verschiedene Körnungsklassen eingeteilt (Tabelle 8):

Tabelle 8: Körnungsklassen (Service de pédologie **(23)**).

Z	Sols sableux
S	Sols limono-sableux
P	Sols sablo-limoneux légers
L	Sols sablo-limoneux
A	Sols limoneux
E	Sols argileux
U	Sols argileux lourds
G	Sols limono-caillouteux

Zur Ermittlung der Schutzfunktion der Böden im Untersuchungsgebiet werden diese Körnungsklassen im vorliegenden Konzept hinsichtlich der Durchlässigkeit gemäß

BUWAL (9), der luxemburgischen Bodenkartierung (23) und der eigenen Geländebeobachtungen in drei verschiedene Klassen eingeteilt (sehr durchlässig, mittel durchlässig und gering durchlässig (Tabelle 9). Aus der Verschneidung dieser Klassen mit der jeweiligen Mächtigkeit der Bodenschicht (23) ergeben sich für die Schutzfunktion P des Bodens vier Klassen (Tabelle 9). Die Werte für P wurden dabei aus BUWAL (9) übernommen. Für die Siedlungsgebiete wurde in allen Bereichen der Wert P1 vergeben. Dieser gibt sowohl eine gering durchlässige Asphalttschicht als auch einen sehr durchlässigen, sandigen Boden wieder.

Die primären Bodenarten im Einzugsgebiet sind Sande und Schluffe. Am südlichen Rand treten auch tonige Böden mit einem Schutzwert von P3 auf.

Tabelle 9: Klassifikationen für Böden in Luxemburg.

	Sehr durchlässig	Mittel durchlässig	Gering durchlässig
Mächtigkeit	Z, S, P, L	A, G	E, U
< 0,4 m	P0	P0	P1
0,4 – 0,8 m	P0	P1	P2
> 0,8 m	P1	P1	P3

Die resultierende Bodenkarte mit der Einteilung in die verschiedenen Klassen für die Schutzfunktion ist in Plan 101087-7/315 gegeben. Im Einzugsgebiet der Quelle *Tennebiert* liegen die Werte fast flächendeckend bei P1. Die Charakterisierung von Flächen mit der Kategorie P3 ist in den Bereichen gegeben, in denen Tone der Bodenklasse E verbreitet sind.

A 7.3 Hangneigung

Die Hangneigung wird aus dem digitalen Höhenmodell mit einer Auflösung von 5 Metern von der « Administration de la Topographie et du Cadastre » berechnet.

Berechnungen für verschiedene Einzugsgebiete in Luxemburg, die von B.E.S.T. Ingénieurs-Conseils durchgeführt wurden, zeigen, dass dort für die Hangneigung folgende Klassen relevant sind:

0-3, 3-7, 7-11, 11-17 und >17%.

Die Hangneigungskarte des Untersuchungsgebietes der Quelle *Tennebiert* ist in Plan 101087-7/316 dargestellt. Steile Hänge, mit einer Neigung über 17° finden sich unmittelbar oberhalb (östlich) der Quelle und im Taleinschnitt *Gaaschtgronn*, im Zentrum des Einzugsgebiets.

A 7.4 Verschneidung der Bodenkarte mit der Hangneigung

In steilen Hanglagen schwankt die Mächtigkeit der Bodenschichten in vielen Bereichen stark und kann in manchen Bereichen ganz fehlen. Aus diesem Grund wird die Bodenkarte mit der Hangneigungskarte verschnitten und allen Flächen, die mehr als 17% Gefälle haben, wird bezüglich der Schutzwirkung ein Wert abgezogen. Das Ergebnis der Verschneidung für die Durchlässigkeit/Schutzwirkung der Böden ist Plan 101087-7/317 dargestellt. Erwartungsgemäß hat sich die Kategorisierung der Böden in den Hangbereichen entlang der Mamer sowie der Taleinschnitte entlang der südlichen Grenze des *Jongebëschs* und des *Gaaschtgronn* teilweise um eine Klasse von P1 zu P0 verschlechtert.

A 7.5 Schutzfunktion des Gebirges

Bezüglich der Schutzwirkung der Gesteine für das Grundwasser wird deren Mächtigkeit sowie das Vorkommen gering durchlässiger Gesteinseinheiten (Ton, Lehm, Mergel) oberhalb des Grundwasserleiters nach den verschiedenen stratigraphischen Einheiten unterteilt. Für die Schutzwirkung erfolgt eine Einteilung in vier Klassen: keine, gering, mittel und hoch (Tabelle 10).

Einem gut durchlässigen Gestein, wie dem Luxemburger Sandstein, wird grundsätzlich keine maßgebliche Schutzwirkung zugeschrieben (Klasse 0). Allerdings muss dies auch in Abhängigkeit von der Mächtigkeit des Sandsteins oberhalb des Grundwasserspiegels betrachtet werden (ungesättigte Zone). Diese spielt eine wichtige Rolle bei der Schutzwirkung des Gesteins auf das Grundwasser. Die vertikalen Sicker- und Filterstrecken werden naturgemäß immer länger, je mächtiger der Sandsteinkörper ist. Eingeschaltete Mergellagen begünstigen die Schutzwirkung durch ihre stauende Wirkung zusätzlich. Je mächtiger der Luxemburger Sandstein in einem Gebiet ist, desto besser wird auch seine Schutzwirkung auf das Grundwasser. Um diesem Umstand

Rechnung zu tragen, wird dem Sandstein, wenn die Mächtigkeit größer als 30 m ist, eine geringe Schutzwirkung zugeschrieben (Klasse 1).

Tabelle 10: Einteilung der Schutzwirkung der stratigraphischen Einheiten oberhalb des Luxemburger Sandsteins.

Schutzwirkung	Klasse	Stratigraphische Einheit
keine	0	< 30 m li2
gering	1	>30 m li2
mittel	2	li3 (10 – 45 m)
hoch	3	li4 (max. 35 m) lm 1 (5 – 15 m) lm2 (80 – 90 m) lm3

Die Erhöhung der Schutzwirkung durch das Vorhandensein von bindigen Deckschichten erfolgt in zwei Stufen (in Bezug auf die stratigraphischen Einheiten). Sind die Ablagerungen der Kalke und Mergel von Strassen (li3) mit einer Mächtigkeit von über 10 m vorhanden, erhöht sich die Schutzwirkung des Gebirges auf *mittel* (Klasse 2) und bei weiteren Ablagerungen (li4, lm) auf *hoch* (Klasse 3).

Im Einzugsgebiet der Quelle *Tennebiert* werden nur wenige Flächen durch bindige Deckschichten überlagert. die Schutzwirkung des Gebirges (dargestellt in Plan 101087-7/318) liegt, je nach Mächtigkeit des Luxemburger Sandsteins, hauptsächlich zwischen den Klassen 0 und 1. Nur im Südwesten ist die Schutzwirkung in einem schmalen Streifen *mittel* (Klasse 2).

A 7.6 Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung

Zur Klassifizierung der Deckschichten werden die Parameter Boden und Gestein in Anlehnung an die Methode DISCO (9) verschnitten und verschiedene Klassen zur Schutzwirkung der Deckschichten erzeugt (Tabelle 11). Die Klassen variieren zwischen P0 und P5 (im Gegensatz zu BUWAL mit P0 bis P4). Die Schutzwirkung steigt mit dem Wert.

Tabelle 11: Klassifizierung der Schutzwirkung nach der Verschneidung von Boden und Gestein (in Anlehnung an (9)).

Schutzwirkung Gestein**	Boden*			
	P0	P1	P2	P3
keine (0)	P0	P1	P2	P3
gering (1)	P1	P2	P3	P3
mittel (2)	P3	P3	P4	P4
hoch (3)	P5	P5	P5	P5

*vgl. Tabelle 9; ** vgl. Tabelle 10

In Plan 101087-7/319 ist der Parameter Deckschichten für das Einzugsgebiet *Tennebiere* dargestellt. Die Schutzfunktion liegt zwischen P0 und P4. Die deutliche herabgesetzte Schutzwirkung im Bereich der Taleinschnitte der Mamer und des Gaaschtgronn ist im Wesentlichen durch die fehlende Überlagerung und die geringer mächtigen Bodenhorizonten in den steilen Hanglagen begründet. Im restlichen Einzugsgebiet überwiegt eine geringe Schutzwirkung (P2). Großflächig versiegelte Flächen erhöhen die Schutzwirkung auf P3.

A 7.7 Oberflächenabfluss, Akkumulation

Mit Hilfe des digitalen Geländemodells werden die Fließrichtungen im Untersuchungsgebiet in acht Klassen verschiedener Himmelsrichtungen eingeteilt (O, SO, S, SW, W, NW, N, NO). Daraus ergibt sich eine Akkumulationskarte, die die Bereiche im Gelände aus gibt, in denen sich Oberflächenwasser sammelt /sammeln kann (Plan 101087-7/320).

Die Akkumulationskarte wird mit den Ergebnissen aus der Geländearbeit verglichen und kann Hinweise auf eventuell unerkannte Versickerungszonen geben. Insbesondere in den tiefen Taleinschnitten zeigen sich Bereiche, in denen es zur Ansammlung von Oberflächenwasser kommt bzw. kommen kann.

A 7.8 Trennflächen

Die Trennflächen beschreiben die Hohlräume im Gebirgskörper, in denen die Grundwasserbewegung stattfindet. Hierzu zählen im Wesentlichen Klüfte und

tektonisch bedingte Bruchzonen. Die genaue Lage und der Verlauf der einzelnen Trennflächen sind im Normalfall nicht bekannt. Wohl aber deren Richtungen und teilweise auch der Durchtrennungsgrad im Gebirge. Maßgeblich für die Fließgeschwindigkeiten sind die Öffnungsweiten der Trennflächen.

Nach der Methode *DISCO* aus BUWAL (9) werden die Trennflächen im direkten Zusammenhang mit den Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers zur Wasserfassung hin beurteilt. Die Kategorisierung erfolgt nach den Ergebnissen der Geländeuntersuchungen und der Auswertung von Kartenmaterial und Luftbildern.

Im vorliegenden Konzept werden die Parameter Trennflächen nur anhand ihrer sichtbaren Ausprägung im Gelände und/oder im vorliegenden Kartenmaterial bewertet. Es wird bewertet ob, und wie schnell Oberflächenwasser im Bereich von z.B. Dolinen, Störungen, Talsohlen versickert, aber nicht, wie schnell es danach die Wasserfassung erreicht. Es wird also vorerst nur bewertet, wann das Wasser die Grundwasseroberfläche erreicht. Bereiche, aus denen Oberflächenwasser in die vulnerablen Zonen gelangt, werden direkt in die Trennflächen einbezogen. Diese ergeben sich aus der Akkumulationskarte und den Ergebnissen von Geländebegehungen, insbesondere nach starken Niederschlagsereignissen.

Die Kriterien zur Bewertung des Trennflächengefüges, in Anlehnung an BUWAL (9) sind in Tabelle 12 aufgeführt. Die Einteilung erfolgt in vier Klassen (D0 bis D3).

Im Einzugsgebiet der Quelle *Tenneberg* wurde die Klasse D3 nicht vergeben (in Anlehnung an (8)), da grundsätzlich davon ausgegangen wird, dass der Grundwasserleiter in seiner Gesamtheit stark geklüftet ist. Die Karte der Parameter Trennflächen ist in Plan 101087-7/321 dargestellt. Die kartierten Bereiche, in denen es nach starken Niederschlägen zur Ansammlung von Oberflächenwasser kommt, wurden als wenig entwickelte Senken, Talrinnen und Wasserläufe entlang von Trennflächen kategorisiert (D1) (Bilder in Anlage 9). Auffällige Versickerungsbereiche, in den das Wasser direkt im Untergrund versickert, wurden nicht gefunden.

Tabelle 12: Klassifizierung von Trennflächen in Anlehnung an das Verfahren DISCO (9).

Klasse	Wert	Bewertungskriterien
D0	0	<ul style="list-style-type: none"> • Gut entwickelte Dolinen (9) • Talsohlen, versickernde Wasserläufe nahe der Fassung (9) • Tektonische Störungen, die direkt mit der Wasserfassung in Verbindung stehen. • Bereiche, in denen der Grundwasserleiter offenliegt und zerrüttet ist (z.B. ausgerissene Baumwurzeln)
D1	1	<ul style="list-style-type: none"> • Wenig entwickelte Senken, Talrinnen und Wasserläufe entlang von Trennflächen (9) • Tektonische Störungen im Einzugsgebiet, die nicht in direkter Verbindung zur Wasserfassung stehen.
D2	2	<ul style="list-style-type: none"> • Der Rest des Einzugsgebietes bei fehlender Kenntnis des Trennflächengefüges (9). • Wenn nachgewiesen ist, dass eine Struktur erhöhter Durchlässigkeit mit der Fassung nicht in direkter Verbindung steht (9). • Relativ dichtes Trennflächengefüge mit geringen Kluftöffnungsweiten (9).
D3	3	<ul style="list-style-type: none"> • Wenn tatsächlich ein Bereich geringer Durchlässigkeit festgestellt wurde und • wenn dieser weit genug von entwässernden und die Fassung speisenden Trennflächen entfernt liegt (9). • Wenn sicher ist, dass das Gebirge in seiner Gesamtheit nicht stark geklüftet ist (9).

A 7.9 Schutzfaktor: Verschneidung von Deckschichten und Trennflächen

Der Schutzfaktor S gibt für jeden Punkt im Untersuchungsgebiet einen Wert für die Schutzwirkung des gesamten Untergrundes oberhalb des Grundwasserkörpers an. Die Schutzfaktoren werden durch die Verschneidung der Klassifizierungen *Deckschichten* (P) und *Trennflächen* (D) erzeugt. Nach (9) wird der Schutzfaktor F wie folgt ermittelt:

$$F = 2 \cdot D + 1 \cdot P$$

Bei einer hohen Schutzwirkung der Deckschichten (P5) wird keine Verschneidung durchgeführt. Das Gebiet wird allgemein mit einer sehr hohen Schutzwirkung belegt.

Tabelle 13: Klassifizierung der Schutzwirkung, Werte für den Schutzfaktor (BUWAL Tab. 3 (9)) ergänzt durch P5).

Trennflächen	Deckschichten					
	P0	P1	P2	P3	P4	P5
D0	0	1	2	3	4	keine Verschneidung
D1	2	3	4	5	6	
D2	4	5	6	7	8	
D3	6	7	8	9	10	

Die Schutzfaktoren werden bezüglich der Schutzwirkung in vier Klassen eingeteilt (Tabelle 14) eine weitere Klasse ergibt sich durch den Parameter P5.

Tabelle 14: Einteilung der Schutzwirkung in vier Klassen (BUWAL Tab. 3 (9)).

Wert	S = 0, 1	S = 2, 3, 4	S = 5, 6, 7	S = 8, 9, 10	P5
Schutzwirkung	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Vulnerabilität	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering

Für die Schutzwirkung/Vulnerabilität liegen somit fünf Klassen vor, die über das Geographische Informationssystem (GIS) ausgegeben werden. Die erzeugte Karte in Plan 101087-7/322 zeigt im Großteil des Einzugsgebietes eine *mittlere* Schutzwirkung. In den Hanglagen entlang der Mamer, im Hangbereich oberhalb der Quelle und in den Bereichen mit präferentiellen Fließwegen ist die Schutzwirkung *gering*, unmittelbar südlich der Quelle *sehr gering*.

Senningerberg, 01. März 2019

B.E.S.T.

Ingénieurs-Conseils S.à r.l.



G. BEFFORT



C. SCHNATMEYER



L. BUSANA

A 8 Literaturverzeichnis

1. **Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union.** Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. 23 Oktober 2000.

2. **Journal Officiel du Grand-Duché de Luxembourg.** Mémorial A-N° 217. *Protection et Gestion des Eaux.* Luxembourg : s.n., 30. décembre 19.12.2008. S. 3205-3239.

3. —. Mémorial A-N° 690 du 3 aout 2017. *Loi du 20 juillet 2017 modifiant la loi modifiée du 19 décembre 2008 relative à l'eau.* Luxembourg : s.n., 2017.

4. —. Règlement grand-ducal du 30 juillet 2013 a) relatif aux mesures administratives dans l'ensemble des zones de protection pour les masses d'eau souterraine ou parties de masses d'eau souterraine servant de ressources à la production d'eau destinée à la conso. A- N°141. Luxembourg : s.n., 30.07.2013. S. 2807-2818.

5. **Administration de la gestion de l'eau.** *Leitfaden zur Ausweisung von Grundwasserschutzgebieten.* Luxembourg : Ministère de l'Intérieur et à la Grande Région, März 2010.

6. **Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.** *Leitlinien Wasserschutzgebiete für die öffentliche Wasserversorgung, Materialien Nr. 55.* April 1996.

7. **DVGW.** *Technische Regel, Arbeitsblatt W 101; Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser.* Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. Bonn : s.n., Juni 2006. S. 19.

8. **Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).** *Praxishilfe zur Bemessung des Zuströmbereichs Zu.* Bern : s.n., 2005.

9. **Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL und Bundesamt für Wasser und Geologie BWG.** *Praxishilfe, Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen bei Kluft-Grundwasserleitern.* Bern : s.n., 2003. S. 83.

10. **Zwahlen, F. (Chairman, Editor in Chief).** *COST Action 620: Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifers; Final Report.* Neuchâtel : s.n., Juni 2003.

11. **Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).** *Praxishilfe-Kartierung der Vulnerabilität in Karstgebieten (Methode EPIK). Anwendung bei der Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen.* Bern : s.n., 1998.

12. **Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.** *Leitlinien für die Ermittlung der Einzugsgebiete von Grundwassererschließungen, Materialien Nr. 52.* Dezember 1995.

13. **B.E.S.T. Ingénieurs-Conseils.** *Gemeinde Strassen, Quelle Tennebiert SCC-209-02.* Senningerberg : s.n., 10.07.2012.

14. **Pfister, Laurent, et al.** *Atlas Climatique du Grand-Duché de Luxembourg.* Luxembourg : s.n., 2005.

15. **ASTA.** <http://www.asta.etat.lu>. *Meteorologie, Téléchargements de données météorologiques.* [Online] 2011.

16. **Service géologique de Luxembourg.** Carte géologique du Luxembourg. *Feuille No. 3, Luxembourg 1:25.000.* Luxembourg : s.n., 1948.
17. **Lucius, Michel.** *Das Gutland. Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte Luxemburgs.* Luxembourg : Publ. Serv. géol. Luxbg., 1948. Bd. Vol. V.
18. **Colbach, Robert.** Overview of the geology of the Luxembourg Sandstone(s). *Ferrantia.* 2005, Bd. 44, S. 155 - 160.
19. **Hötzl, H., Wagner, J.F., Schnatmeyer, C.** *Ausweisung der Quellschutzgebiete des "Syndicat des Eaux du Sud".* Angewandte Geologie, Universität Karlsruhe. Karlsruhe : s.n., 1993. S. 127.
20. **Björnsen Beratende Ingenieure.** *Grundwassermanagementplan Luxemburger Sandstein.* Koblenz : Administration de la Gestion de l'Eau, 2010.
21. **DVWK Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.** *Methoden für die Beschreibung der Grundwasserbeschaffenheit. Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.* Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. Bonn : s.n., 1999. Bd. 125.
22. **Journal Officiel du Grand-Duché de Luxembourg.** Mémorial A -N° 115. *Règlement grand-ducal du 7 octobre 2002 relatif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.* Luxembourg : s.n., 2002.
23. **Service de pédologie.** *La cartographie des sols au Grand-Duché de Luxembourg à l'échelle 1/25.000, Version provisoire_V4.* Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement Rural, Admin. des services techniques de l'agriculture, Ettelbrück : s.n., 2010. S. 29.

A 9 Anlagen

A2 Wasserrechtliche und wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen

- | | |
|-------------------|--|
| Plan 101087-7/300 | Übersichtsplan mit Kennzeichnung des Ortes der Gewinnung und Darstellung benachbarter Grundwasserschutzgebiete |
| Anlage A 2.3. | Katasterlageplan der Gewinnung |

A3 Beschreibung der Wassergewinnung

- | | |
|--------------------|---|
| Plan 101087-7/301 | Graphische Darstellung der Quellschüttung |
| Plan 101087-7/302 | Bauwerkszeichnung/Schnitt |
| Plan 101102-1/01-a | Verteilungsschema |

A4 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

- | | |
|-------------------|--|
| Plan 101087-7/303 | Graphische Darstellung der klimatischen Faktoren |
|-------------------|--|

A5 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Plan 101087-7/304	Geologische Karte
Plan 101087-7/305	Geologisches Profil
Plan 101087-7/306	Grundwasserganglinien
Plan 101087-7/307	Grundwassergleichenkarte
Plan 101087-7/308	Flurabstandskarte
Plan 101087-7/309 -a	Ergebnisse der chemischen Analytik
Plan 101087-7/310	Ergebnisse der Analytik im Februar 2018
Plan 101087-7/311	Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Parameter elektrische Leitfähigkeit und Temperatur
Plan 101087-7/312	Tabellarische Zusammenstellung und Darstellung der Pestizidkonzentrationen

A6 Einzugsgebiet der Wassergewinnung

Plan 101087-7/313	Darstellung des maßgeblichen Einzugsgebietes
-------------------	--

A7 Vulnerabilität des Einzugsgebietes

Plan 101087-7/314	Bodenkartierung im Einzugsgebiet Tenneberg
Plan 101087-7/315	Schutzfunktion des Bodens im Einzugsgebiet Tenneberg
Plan 101087-7/316	Hangneigung im Einzugsgebiet Tenneberg
Plan 101087-7/317	Schutzfunktion des Bodens nach der Verschneidung Boden- Hangneigung im Einzugsgebiet Tenneberg
Plan 101087-7/318	Schutzwirkung des Gebirges im Einzugsgebiet Tenneberg
Plan 101087-7/319	Schutzwirkung der Deckschichten im Einzugsgebiet Tenneberg
Plan 101087-7/320	Oberflächenabfluss im Einzugsgebiet Tenneberg
Plan 101087-7/321	Trennflächen im Einzugsgebiet Tenneberg
Plan 101087-7/322	Schutzwirkung im Einzugsgebiet Tenneberg

A8 Berichte zu ergänzenden Untersuchungen

Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne

Fotodokumentation Bohrklein

Ergebnisse der chemischen Analytik

A9 Fotodokumentation

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tenneberg

SCC-209-02

Teil A: Wasserwirtschaftlich-hydrogeologischer
Schutzzonenbericht

Anlagen

01. März 2019

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tenneberg

SCC-209-02

Teil A: Wasserwirtschaftlich-hydrogeologischer
Schutzonenbericht

Anlage 2
Katasterauszug

01. März 2019

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tennebiert

SCC-209-02

Teil A: Wasserwirtschaftlich-hydrogeologischer
Schutzonenbericht

Anlage 8

Berichte zu ergänzenden Untersuchungen

- Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne
- Fotodokumentation Bohrklein
- Ergebnisse der chemischen Analytik

01. März 2019

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tenneberg

SCC-209-02

Teil A: Wasserwirtschaftlich-hydrogeologischer
Schutzonenbericht

Anlage 9
Fotodokumentation

01. März 2019

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tenneberg

SCC-209-02

Teil B: Schutzzonenplan

01. März 2019

Teil B: SCHUTZZONENPLAN

Inhaltsverzeichnis

B 1.	Schutzgebietsvorschlag für die Wassergewinnung.....	2
B 1.1	Allgemeine Grundlagen	2
B 1.2	Ausweisung der Grundwasserschutzzonen.....	3
B 1.3	Abgrenzung und Gliederung des Schutzgebietes.....	5
B 1.3.1	Fassungsbereich: Schutzzone I.....	5
B 1.3.2	Engere Schutzzone: Schutzzone II.....	5
	Schutzzone II.....	5
	Schutzzone II - V1.....	6
B 1.3.3	Weitere Schutzzone: Schutzzone III.....	7
B 2.	Eigentumsverhältnisse	8
B 3.	Literaturverzeichnis.....	9
B 4.	Anlagen	9

B 1. Schutzgebietsvorschlag für die Wassergewinnung

B 1.1 Allgemeine Grundlagen

Die Ausweisung der Wasserschutzzonen für Wasserfassungen in Luxemburg erfolgt nach den Vorgaben des Leitfadens für die Ausweisung von Grundwasserschutzzonen (Administration de la gestion de l'eau, 2010 (1)). Bezüglich der detaillierten Vorgehensweise verweist der Leitfaden auf das DVWG Arbeitsblatt W101 (2), auf die Praxishilfe zur Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen bei Kluftgrundwasserleitern (3) sowie auf die Studie COST (4).

Je nach der Vulnerabilität der Wasserfassung bzw. des Grundwasserleiters erfolgt die Ausweisung nach einer Methode, die den unterschiedlichen Bedingungen im jeweiligen Einzugsgebiet gerecht wird. Der erste Schritt im Verfahren ist daher die Bestimmung der Vulnerabilität der Wasserfassung, die in Anlehnung an den Entscheidungsablauf im Leitfaden der AGE (1) und nach BUWAL (3) erfolgt.

Die Grundwasserfassungen werden nach ihrer Vulnerabilität in die Gruppen a (gegenüber Schadstoffeintrag gering vulnerable Grundwasserfassungen) und b (gegenüber Schadstoffeintrag vulnerable Grundwasserfassungen) eingeteilt (BUWAL; S.21, Abb.7 (3), vgl. auch Abb.4 in (1)). Die Gruppe b wird zusätzlich in die Gruppen b1 (schwach heterogen) und b2 (stark heterogen) unterteilt.

Zusammenfassung der Kriterien zur Einteilung der Grundwasserfassungen nach BUWAL (3):

Gruppe a: Gering vulnerable Fassung

- Unabhängig von den meteorologischen Verhältnissen: Konstanz der physikalischen und chemischen Parameter.
- Gleichbleibende gute Qualität (Bakteriologie, Trübung).
 - Abgrenzung der Schutzzonen nach der Distanz-Methode.

Gruppe b: Vulnerable Fassung

- Deutliche Schwankungen der physikalischen und chemischen Parameter.
- Eventuell Nachweis von Trübungen und bakterieller Verschmutzung.
 - Erfassung des Heterogenitätsgrads des Grundwasserleiters.
 - Untersuchung der Flächen im Einzugsgebiet, die die Flächen entlang schneller Fließwege speisen.

b1: gering heterogener Grundwasserleiter

- Die Verweilzeit des Grundwassers nimmt generell mit der Entfernung zur Fassung zu.
- Der Kluftgrundwasserleiter ist annähernd kontinuierlich.
 - Abgrenzung der Schutzzonen nach der Abstandsgeschwindigkeit (Isochronen-Methode).

b2: stark heterogener Grundwasserleiter

- Ein Teil des Grundwassers fließt durch sehr durchlässige Klüfte.
- Stellenweise gibt es schnelle Fließverbindungen (wenige Stunden bis Tage) zwischen der Oberfläche und der Fassung.
 - Abgrenzung der Schutzzonen nach der Multikriterienmethode „DISCO“.

Wie in Kap. A 5.6 erläutert, wird die Quelle *Tenneberg* nach der *Vorgehensweise zur Erstellung der Schutzzonengutachten* (Leitfaden AGE (1), Abb. 4) in die Kategorie „*gegenüber Schadstoffeintrag empfindliche Grundwasserfassung*“ eingeteilt. Die Heterogenität des Grundwasserleiters wird dabei als hoch eingestuft. Die Quelle *Tenneberg* zählt demnach zu den vulnerablen Wasserfassungen, die aus einem stark heterogenen Grundwasserleiter gespeist werden (Typ b2).

B 1.2 Ausweisung der Grundwasserschutzzonen

Der Leitfaden gibt für die Ausweisung der Schutzzonen in heterogenen Grundwasserleitern die Vorgabe, dass dies in Abhängigkeit von der Vulnerabilität des Grundwassers erfolgen soll. Es erfolgt eine Unterteilung in die Schutzzone I (Fassungsbereich), Schutzzone II (Engere Schutzzone, unterteilt in II und II-V1) und Schutzzone III (Weitere Schutzzone).

Im Teil A des Gutachtens wurde die Vulnerabilität des Grundwassers im Einzugsgebiet durch die Verschneidung der Parameter Deckschichten und Trennflächen dargestellt. Das Ergebnis ist die Darstellung der definitiven Schutzwirkung in fünf Kategorien in Plan n° 101087-7/322.

Zur Einteilung des Einzugsgebietes in die verschiedenen Wasserschutzzonen muss der Schutzfaktor, der für die Grundwasseroberfläche ermittelt wurde, mit den vorherrschenden Fließgeschwindigkeiten im Untergrund verschnitten werden. Im Leitfaden (1) kommt dabei folgende Matrix zur Anwendung:

Tabelle 1: Matrix zur Klassifizierung der Vulnerabilität nach Abb.5 des Leitfadens (1).

Schutzfunktion Deckschichten	Fließzeiten im Grundwasser	
	< 50 Tage	> 50 Tage
hoch	hoch	gering
mittel	hoch	mittel
gering	sehr hoch	mittel

Die fünf Kategorien des definitiven Schutzfaktors aus Teil A des Gutachtens werden dabei wie folgt zusammengefasst:

Tabelle 2: Überführung des Schutzfaktors in die Schutzfunktion der Deckschichten.

Schutzfaktor	Schutzfunktion Deckschichten
sehr gering	gering
gering	mittel
mittel	
hoch	hoch
sehr hoch	

Die Einteilung der Schutzzonen in Bezug auf die Vulnerabilität erfolgt nach folgendem Schema:

Tabelle 3: Einteilung der Wasserschutzzone in Abhängigkeit von der Vulnerabilität ((1),S. 12)

	Vulnerabilität des Grundwassers (aus Tab.1)			
	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Wasserschutzzone	WSZ III	WSZ III	WSZ II	WSZ II – V1

Zum Schutz der Wasserfassung müssen im Bereich der Schutzzone III zusätzlich die Bereiche kenntlich gemacht werden, in denen der Schutz für das Grundwasser von der Oberfläche her nicht oder nicht ausreichend gegeben ist und im Untergrund hohe Fließgeschwindigkeiten vorherrschen. In diesen Gebieten kann innerhalb der Schutzzone III eine Schutzzone II-V1 ausgewiesen werden (5).

Die metergenaue Abgrenzung der Schutzzonen erfolgt in der Regel nach den Parzellengrenzen. Im Ausnahmefall kann auch anhand im Gelände sichtbarer Grenzen (Straßen, Wegen, Waldränder oder Bächen) abgegrenzt werden (1). Jede Parzelle, die von der Schutzzone II angeschnitten wird, fällt in die Schutzzone II. In die Schutzzone III fallen alle restlichen Parzellen, die zu mehr als 50% im Bereich des Einzugsgebietes liegen.

B 1.3 Abgrenzung und Gliederung des Schutzgebietes

B 1.3.1 Fassungsbereich: Schutzzone I

Die Quelfassung mit dem Sammelbecken liegt zum Zeitpunkt der Berichterstattung im Untergeschoss der Pumpstation. Der Zugang ist durch eine Stahltür verschlossen. Das Gebäude sowie der Zufahrtsweg sind nicht umzäunt. Eine Schutzzone ist nicht vorhanden.

Vor einer Inbetriebnahme der Quelle muss die Fassung saniert werden. Die definitive Ausweisung der Schutzzone I kann erst danach erfolgen und wird im Zuge der Bauarbeiten umgesetzt.

Provisorisch wird die Schutzzone I im Anstrom, in südliche und östliche Richtung, mit einem Abstand von 10 m zu den Fassungssträngen ausgewiesen. Nach Norden liegt der Abstand bei 5 m und nach Westen wird die Begrenzung durch den Weg gegeben. Die Festsetzung der Zone I ist in Plan 101087-7/326 dargestellt.

B 1.3.2 Engere Schutzzone: Schutzzone II

Schutzzone II

Die engere Schutzzone dient insbesondere dem Schutz vor mikrobiologischen Verunreinigungen der Wasserfassung und soll verhindern, dass der natürliche Grundwasserfluss durch bauliche Maßnahmen gestört wird (1) (5). Sie wird in der Regel in einer Distanz ausgewiesen, in der das Grundwasser eine Fließzeit von 50 Tagen benötigt, um zur Fassung zu gelangen (sog. 50-Tage-Linie). Der Abstand soll dabei 50 m nicht unterschreiten (5).

Die maximalen Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers im Luxemburger Sandstein liegen bei über 100 m/h (vgl. Teil A, Kapitel A5.2.1). Die 50-Tage-Linie müsste demnach mit einem Radius von über 5 km um die Wasserfassung ausgewiesen werden, der das Einzugsgebiet vollständig umschließt. Da diese hohen Fließgeschwindigkeiten in der Regel nur an einzelne Kluftezonen gebunden sind, können sie nicht auf das gesamte Einzugsgebiet übertragen werden.

Die 50-Tage-Linie wird mit einem Radius von 350 m um die Quelle *Tennebiertg* festgelegt (Plan 101087-7/325). Die Maßgabe bezieht sich auf den in Tabelle 3 (Teil A, Kap. A 5.2.1) angegebenen Wert für die Abstandsgeschwindigkeit von maximal rund 7 m/d. Nach Südosten, in Hauptkluftrichtung, wurde im Bereich der Flur *Tennebiertg* eine Senke kartiert, die sich im direkten Zustrom zur Quelle befindet (Plan 101087-7/321). In diesem Bereich wird die 50-Tage-Linie soweit ausgedehnt, dass die morphologische Senke voll abgedeckt wird (max. 390 m).

Die Vulnerabilität der Quelle *Tennebiertg*, klassifiziert nach Tabelle 1, ist in der Karte in Plan 101087-7/323 dargestellt. Die Einteilung der Schutzzonen in Bezug auf die Vulnerabilität findet sich in Plan 101087-7/324.

Die metergenaue Abgrenzung der Schutzzone II erfolgt nach (1) an den Parzellengrenzen. Jede Parzelle, die durch die 50-Tage-Linie angeschnitten wird, fällt in die Zone II. Die Schutzzone II ist in Plan 101087-7/325 dargestellt. Insgesamt umfasst die Schutzzone II eine Fläche von 19,68 ha.

Schutzzone II - V1

Die Zone II - V1 wird in den Bereichen ausgewiesen, in denen der Schutzfaktor gering ist und die Fließgeschwindigkeit bis zur Wasserfassung unter 50 Tagen liegt (vgl. Tabelle 3). Für die Quelle *Tennebiertg* wurde eine Fläche identifiziert, die rund 100 m südlich der Quelle liegt und durch Eintiefungen morphologisch deutlich erkennbar ist. Da dieser Bereich den tiefsten Punkt des Taleinschnittes darstellt, wird der Waldweg, der oberhalb der Senke verläuft und von dem Oberflächenwasser in Richtung der Senke fließen kann, bis zur Nächsten Weggabelung in die Schutzzone II-V1 gestellt (Plan 101087-7/325).

Die Nutzung ist forstwirtschaftlich. Die Abgrenzung der Schutzzone II-V1 erfolgt nicht an den Parzellengrenzen. Die Grenze verläuft im Westen entlang des dortigen Waldweges und von der Weggabelung hinter der Senke, zwischen den beiden nach Osten führenden Waldwegen bis zur nächsten Weggabelung an der die beiden Wege zusammengeführt werden. Nach Süden wird der südliche Rand des Taleinschnitts als Begrenzung gewählt.

Die Schutzzone II-V1 kann mit Hilfe der geographischen Koordinaten 71263/77161, 71303/77205, 71362/77156 und 71355/77143 eingegrenzt werden. Die Grenze der Schutzzone II-V1 muss im Gelände deutlich erkennbar gemacht werden. Insgesamt fällt eine Fläche von 0,18 ha in den Bereich der Zone II - V1.

B 1.3.3 Weitere Schutzzone: Schutzzone III

Für die restliche Fläche des Einzugsgebietes wird die Schutzzone III ausgewiesen. Sie hat eine Gesamtgröße von 89,28 ha (0,89 km²).

Die Grenze der Schutzzone wird in der Regel an Katastergrenzen ausgerichtet und soll sich, wenn möglich, an im Gelände sichtbaren Grenzen (Straßen, Wegen, Waldränder oder Bäche) orientieren (1). Parzellen, die zu mehr als 50% innerhalb des Einzugsgebietes liegen, werden in der Regel der Schutzzone III zugewiesen.

Die Festsetzung der Schutzzone III ist in Plan 101087-7/325 dargestellt.

B 2. Eigentumsverhältnisse

Einen Auszug aus der Datenbank mit den Parzellen je Schutzzone und den Eigentumsverhältnissen findet sich in Anlage B2.1. Tabelle 4 spiegelt den öffentlichen und den privaten Flächenanteil der verschiedenen Schutzzonen wider.

Tabelle 4 : Öffentlicher und privater Anteil je Schutzzone.

Schutzzone	Gesamte Fläche	Private Fläche		Öffentliche Fläche	
	ha	ha	%	ha	%
SZ I	0,03	0,00	0,00	0,03	100,00
SZ II-V1	0,18	0,01	5,56	0,17	94,44
SZ II	19,68	10,26	52,12	9,42	47,88
SZ III	89,28	78,34	87,74	10,94	12,26

Senningerberg, 01. März 2019

B.E.S.T.

Ingénieurs-Conseils S.à r.l.

G. BEFFORT

C. SCHNATMEYER

L. BUSANA

B 3. Literaturverzeichnis

1. **Ministère de l'Intérieur et à la Grande Région, Administration de la Gestion de l'eau.** *Leitfaden zur Ausweisung von Grundwasserschutzgebieten.* Luxembourg : s.n., März 2010.
2. **DVGW.** *Technische Regel, Arbeitsblatt W 101; Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser.* Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. Bonn : s.n., Juni 2006. p. 19.
3. **Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL und Bundesamt für Wasser und Geologie BWG.** *Praxishilfe, Ausscheidung von Grundwasserschutz-zonen bei Kluft-Grundwasserleitern.* Bern : s.n., 2003. p. 83.
4. **Zwahlen, F. (Chairman, Editor in Chief).** *COST Action 620: Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifers; Final Report.* Neuchâtel : s.n., Juni 2003.
5. **Mémorial A-N°141.** Recueil de Legislation. *Règlement grand-ducal du 7 juillet 2013 a) relatif aux mesures administratives dans l'ensemble des zones de protection pour les masses d'eau souterraine ou parties de masses d'eau souterraine servant de ressources à la production d'eau destinée à la conso.* Luxembourg : s.n., 30 7 2013. pp. 2807-2818.

B 4. Anlagen

B1 Schutzgebietsvorschlag für die Wassergewinnung

- | | |
|-------------------|--|
| Plan 101087-7/323 | Vulnerabilität in Bezug zur Wasserfassung |
| Plan 101087-7/324 | Einteilung der Schutz-zonen in Abhängigkeit der Vulnerabilität |
| Plan 101087-7/325 | Übersichtsplan der Wasserschutz-zonen I bis III (parzellenscharf mit Blattschnitten) |
| Plan 101087-7/326 | Detailkarte der Schutzzone I |

B2 Eigentumsverhältnisse

- | | |
|-------------|--|
| Anlage B2.1 | Datenbankauszug mit den Parzellen je Schutzzone und den Eigentumsverhältnissen |
|-------------|--|

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tenneberg

SCC-209-02

Teil B: Schutzzonenplan

Anlagen

01. März 2019

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tenneberg

SCC-209-02

Teil B: Schutzzonenplan

Anlage B2

Eigentumsverhältnisse

01. März 2019

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tenneberg

SCC-209-02

Teil C: Risikoplan

01. März 2019

Teil C: Risikoplan

Inhaltsverzeichnis

C1.	Methodische Vorgehensweise	2
C2.	Bewertung des allgemeinen Gefährdungspotenzials	4
C3.	Grundwasserqualität: Ist-Analyse und Entwicklungstendenzen	7
C4.	Nutzungsspezifisches Gefährdungspotenzial	8
C 4.1	Allgemein	8
C 4.2	Land- und Forstwirtschaft.....	8
C 4.3	Altlasten und Altlastenverdachtsflächen.....	8
C 4.4	Betriebe im Umgang mit wassergefährdenden Stoffen.....	9
C 4.5	Abwasser.....	9
C 4.6	Nutzungsbezogene Gefährdungspotenziale für die Grundwasserqualität ..	10
C5.	Schutzfunktion der grundwasserüberdeckenden Schichten	11
C6.	Verschmutzungsrisiko	12
C7.	Literaturverzeichnis.....	13
C8.	Anlagen	14

C1. Methodische Vorgehensweise

Die Einzugsgebiete der Quelle *Tennebiert* wird durch unterschiedlichste Nutzungen geprägt. Die möglichen Gefährdungen werden identifiziert, kategorisiert und in einer geografischen Datenbank erfasst. Da die erfassten Daten punkt- und flächenbezogen sind, können sie mit Hilfe eines geografischen Informationssystems in einer Karte gemäß ihrer Lage und Kategorie zusammen dargestellt werden.

Die Erstellung der Datenbank erfolgt über die Auswertung der Nutzungskarte, des aktuellen Flächennutzungsplans (PAG), des Verdachtsflächenkatasters, des Kanalnetzplans sowie den Ergebnissen der Geländebegehungen. Aus diesen Informationen wird in einem ersten Schritt im Kapitel C2 das **allgemeine Gefährdungspotenzial** im Einzugsgebiet der Quelle bewertet. Dieses bezieht sich nicht auf die Lage der Nutzung in Bezug zur Wasserfassung oder zur Grundwasseroberfläche, sondern allein auf deren Vorhandensein im Einzugsgebiet. Eine mögliche Schutzwirkung vom Boden und/oder Gestein wird an dieser Stelle nicht beachtet.

Nach dem Leitfaden zur Ausweisung der Trinkwasserschutzzonen (1) soll die Bewertung für das **nutzungsspezifische Gefährdungspotenzial** auf Basis des DVGW-Arbeitsblattes W101 erfolgen. Dort werden in Tabelle 1 – *Potenzielle Gefährdungen mit Prüfungsbedarf in Trinkwasserschutzgebieten*, (2 S. 16-18) für die verschiedenen Nutzungsarten folgende Gefährdungspotenziale unterschieden:

- Sehr hohes Gefährdungspotenzial
- Hohes Gefährdungspotenzial
- Weniger hohes Gefährdungspotenzial

Die Gewichtung erfolgt danach, ob die möglichen Gefährdungen im Bereich der Schutzzone II oder III liegen. Im Gegensatz zum *allgemeinen Gefährdungspotenzial* handelt es sich um eine standortbezogene Risikoabschätzung. Jede Gefährdung, unabhängig von ihrer Art, die im Bereich der Schutzzone II liegt, trägt ein *sehr hohes Gefährdungspotenzial*. Die Darstellung der *nutzungsspezifischen Gefährdungspotenziale* folgt in Kapitel C4, in dem die Verschneidung der potenziellen Gefährdungen mit deren Lage innerhalb der Schutzzonen durchgeführt wird.

Ein einheitlicher Maßstab für den Vergleich und eine Bewertung des Grades der unterschiedlichen Gefährdungen ist mit dieser Einteilung nicht gegeben (2). In diesem Rahmen wird eine Tankstelle hinsichtlich ihres Gefährdungspotenzials immer gleich gewichtet. Unabhängig davon, ob es sich um eine alte und möglicherweise schadhafte oder um eine neue, nach dem neuesten Stand der Technik eingerichtete Anlage handelt, werden Tankstellen immer zusammen mit allen Anlagen betrachtet, bei denen Umgang und Lagerung von wassergefährdender Stoffe stattfindet. Anlagen dieser Art tragen innerhalb der Schutzzone II immer ein *sehr hohes Gefährdungspotenzial*.

Ebenso werden z.B. im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Nutzung alle Flächen innerhalb der Schutzzone II, auf denen Düngemittel zum Einsatz kommen, mit einem *sehr hohen Gefährdungspotenzial* belegt. Unabhängig davon, ob sie in ein landwirtschaftliches Beratungsprogramm eingebunden sind oder nicht.

Diese Vereinheitlichung ist vorerst sinnvoll, da die Nutzungen innerhalb des Schutzgebietes durch Fluktuation der Betriebe, Neuansiedlungen, Umbauten und Neuinstallationen Schwankungen unterworfen sein können und sich schwer in einen festen Rahmen zwängen lassen. Eine Tankstelle wird vielleicht stillgelegt und es siedelt sich eine Autowerkstatt an. Bei jeder Änderung müsste die Darstellung in der Risikokarte überarbeitet werden.

Durch die vereinheitlichte Darstellung eröffnet sich für jeden einzelnen Standort ein Ermessungsspielraum, der es erlaubt, die einzelnen Nutzungen fallweise zu beurteilen und zusätzlich auch hinsichtlich der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung in ihrem **Grundwasserverschmutzungsrisiko** zu bewerten (2). Für jede Handlung mit Gefährdungspotenzial ist zu prüfen, ob von ihr in der jeweiligen Zone eine Gefährdung für das Grundwasser ausgeht und ob, unter Beachtung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes, ein Verbot oder eine Beschränkung notwendig ist (2).

Zur kartographischen Darstellung des Verschmutzungsrisikos in den Schutzonen erfolgt in Kapitel C6 die GIS-technische Verschneidung des definitiven Schutzfaktors mit der Karte des nutzungsspezifischen Gefährdungspotenzials.

C2. Bewertung des allgemeinen Gefährdungspotenzials

Im Einzugsgebiet der Quelle *Tennebiert* überwiegt die landwirtschaftliche Nutzung (ca. 68%), rund 18% der Fläche werden forstwirtschaftlich genutzt. Daneben finden sich Gewerbe- und Siedlungsgebiete der Gemeinden *Strassen* und *Bertrange* (13 und 7%) sowie fast 11% Altlasten und Verdachtsflächen. Die aktuelle Realnutzung ist als Luftbild in Plan 101087-7/327 dargestellt. Der aktuelle Flächennutzungsplan (PAG), nach dem es zu baulichen Erweiterungen innerhalb der Schutzzone kommt, findet sich in Plan 101087-7/328.

So vielfältig wie die Nutzungen innerhalb des Einzugsgebiets sind, so vielfältig ist auch das allgemeine Gefährdungspotenzial. Eine erste Bewertung erfolgt in Anlehnung an die Angaben im Workshop „Präsentation des Leitfadens für die Ausweisung von Grundwasserschutzzonen für die Trinkwassergewinnung“ (3). Das Gefährdungspotenzial wird dort für verschiedene Nutzungstypen in die vier Kategorien *sehr hoch*, *hoch*, *mittel* und *gering* eingeteilt.

Die Darstellung des *Ist-Zustands* zum Zeitpunkt der Berichterstattung, also dem Bestand der allgemeinen Gefährdungen im Einzugsgebiet der Quelle in Plan 101087-7/331 erfolgt unter Zugrundelegung der Realnutzung der Gemeinden (Plan 101087-7/327), des Abwassernetzes (Plan 101087-7/329) und der Lage von Altlasten und Altlastenverdachtsflächen (Plan 101087-7/330). Sanierte Altlasten werden nicht als Altlasten eingestuft sondern ihrer ursprünglichen Nutzung zugeteilt.

Der *Plan-Zustand* des allgemeinen Gefährdungspotenzials (Plan 101087-7/332) bezieht sich auf den aktuellen Flächennutzungsplan (Plan 101087-7/328), das Abwassernetz (Plan 101087-7/329) und der Lage von Altlasten und Altlastenverdachtsflächen (Plan 101087-7/330). Im Gegensatz zum *Ist-Zustand* wird im *Plan-Zustand* vorausgesetzt, dass alle landwirtschaftlichen Ackerflächen, die sich innerhalb der Schutzzone befinden, einer landwirtschaftlichen Beratung in Kooperation mit einem akkreditierten landwirtschaftlichen Beratungsinstitut unterliegen. Das Gefährdungspotenzial wird im *Plan-Zustand* daher von *hoch* auf *mittel* herabgesetzt (vgl. Tabelle 1). Sanierte Altlasten werden nicht als Altlasten eingestuft sondern ihrer ursprünglichen Nutzung zugeteilt.

Die Flächenanteile der verschiedenen Nutzungsarten und deren Gefährdungspotenziale nach (3) sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Angaben erfolgen sowohl für den Ist- wie für den Plan-Zustand. Da Anlagen zur Abwasserbeseitigung flächenmäßig wenig ins Gewicht fallen und nur mit verhältnismäßig hohem Aufwand berechnet werden können (unterschiedliche Durchmesser der Kanäle), sind sie in der Tabelle prozentual nicht erfasst, werden aber in der GIS-technischen Auswertung verarbeitet. In Tabelle 1 sind sie Bestandteil der Kategorie Siedlung.

Tabelle 1: Flächenanteile der einzelnen Nutzungsarten (IST- und PLAN-Zustand) in den Einzugsgebieten der Quellen *Weissenberg* und *Felsbuch*. Einteilung der Nutzungen in Anlehnung an (3)

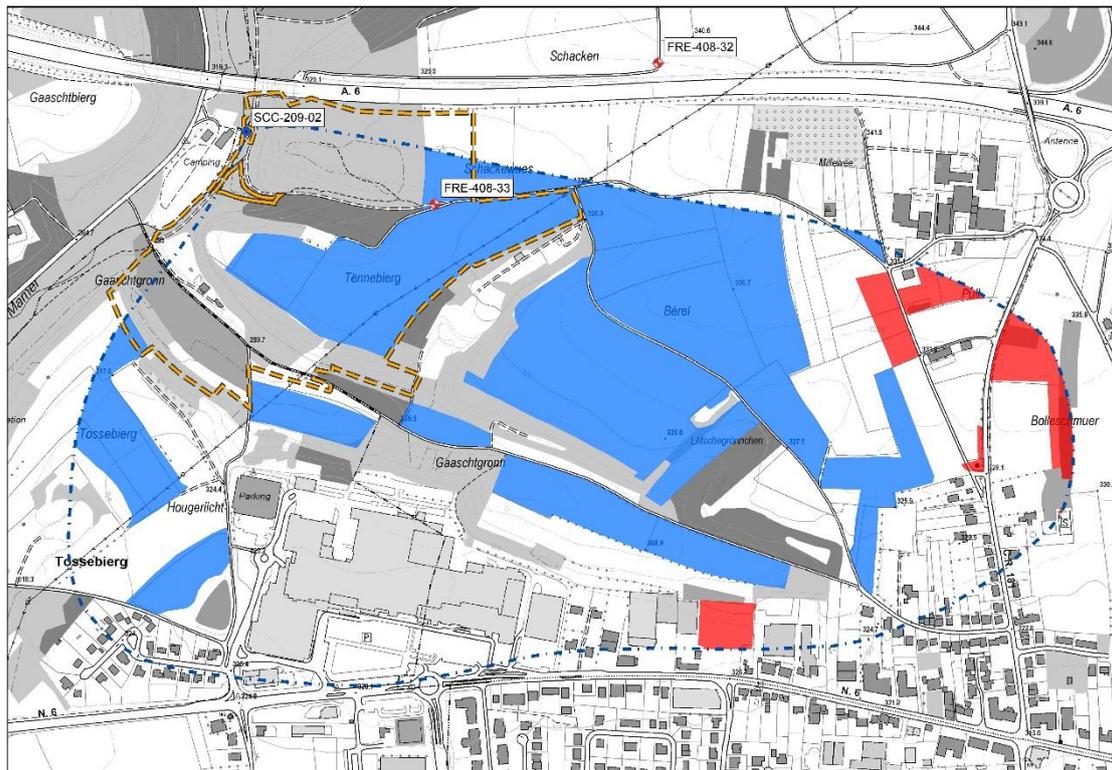
Nutzung	Fläche ha		Fläche %		Gefährdungspotenzial (3)
	IST	PLAN	IST	PLAN	
Industrie und Gewerbe Gewerbe, Dienstleistungen	13,27	13,27	12,6	12,6	Sehr hoch
Abfallentsorgung und Verwertung Altlastenverdachtsflächen	11,04	11,04	10,5	10,5	sehr hoch Einzelfallentscheidung nach Aktenlage
Siedlung und Verkehr Alle Straßen (N., C.R., Siedlung, Feldwege) Wohngebiete	2,38 6,99	2,38 12,77	2,3 6,7	2,3 12,2	hoch
Landwirtschaftliche, forstwirtschaftliche und gärtnerische Nutzungen Acker	36,19	33,63	34,5	32,0	hoch (nicht in Kooperation mit der LWK) mittel (in Kooperation)
Grünland, Streuobstwiesen	15,75	13,07	15,0	12,4	mittel
Landwirtschaftlicher Betrieb	0,50	0,50	0,5	0,5	hoch
Forstgebiete und naturnahe Freiflächen	18,90	18,37	18,0	17,5	gering
Grundwassermessstellen	0,01	0,01	0,0	0,01	sehr hoch
Summe	105		100		

Insgesamt ergibt sich somit für die allgemeinen Gefährdungen innerhalb des Einzugsgebietes folgende Verteilung:

Tabelle 2: Prozentuale Verteilung des allgemeinen Gefährdungspotenzials im Einzugsgebiet.

Gefährdungspotenzial	sehr hoch	hoch	mittel	gering
% der Gesamtfläche im Ist-Zustand	23,1	9,5	49,5	18,0
% der Gesamtfläche im Plan-Zustand	23,1	15,0	44,4	17,5

Die Flächenanteile mit einem *hohen* allgemeinen Gefährdungspotenzial nehmen im Plan-Zustand ab, die Flächenanteile mit einem *mittleren* allgemeinen Gefährdungspotenzial nehmen zu. Die Flächenanteile mit einem *geringen* und einem *sehr hohen* allgemeinen Gefährdungsanteil verändern sich geringfügig (Abbildung 1).



Legende

- Quellfassung
- maßgebliches EZG
- Entwicklung des allgemeinen Gefährdungspotenzials**
- Verschlechterung des allgemeinen Gefährdungspotenzials
- Verbesserung des allgemeinen Gefährdungspotenzials

Abbildung 1: Entwicklung des allgemeinen Gefährdungspotenzials

Es zeigt sich, dass sich das Gefährdungspotenzial der landwirtschaftlichen Nutzflächen verbessert (aufgrund der landwirtschaftlichen Beratung, vgl. S.4). Im Plan-Zustand wird es von hoch auf mittel herabgestuft. Die Ausweisung neuer Baugebiete steht im Zusammenhang mit einer Verschlechterung des Gefährdungspotenzials.

C3. Grundwasserqualität: Ist-Analyse und Entwicklungstendenzen

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen können Kapitel A 5.4 und den Plänen Nr. 101087-7-309, -310, -311 und -312 aus Teil A des Schutzzonengutachtens entnommen werden.

Die Quelle *Tennebiereg* zeigt eine Beeinträchtigung durch landwirtschaftliche Tätigkeiten im Einzugsgebiet. Im Wesentlichen wird dies durch erhöhte Nitratkonzentrationen sowie durch den Nachweis von Pestizidrückständen belegt. Die Nitratkonzentrationen schwanken zwischen 48 und 73 mg/l. Der Mittelwert liegt bei 62 mg/l. Ein Entwicklungstrend kann nicht nachgewiesen werden.

Bezüglich der Pestizidrückstände werden der Grenzwert für den Einzelstoff (100 ng/l) und die Summe aller Pestizide (500 ng/l) (4) im Rohwasser mehrfach überschritten. Hier fallen besonders die Rückstände Metazachlor-ESA sowie Metolachlor-ESA und -OXA auf. Ein deutlicher Anstieg der Rückstände von Metazachlor seit dem Jahr 2010 deutet auf einen Wechsel der verwendeten Pflanzenschutzmittel hin.

Die Konzentrationen von Atrazin und Desethylatrazin sind rückläufig und in den letzten Analysen unterhalb der Nachweisgrenze. Bentazon, Dinoterb, Diuron, Foramsulforun und Dichlorobenzamid wurden in einer bzw. zwei der Analysen in geringen Konzentrationen nachgewiesen. Weitere Rückstände wurden nicht gefunden.

Die Temperatur zeigt einen jahreszeitlichen Verlauf mit Maxima (10 bis 10,1°C) zum Ende des hydrologischen Sommers (Oktober) und Minima (9,8°C) zum Ende des Winterhalbjahres im März/April. Infolge starker Niederschlagsereignisse bleibt die Temperatur konstant. Dagegen kann eine leichte Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit beobachtet werden.

Die Quelle zeigt wiederholt Beeinträchtigungen durch bakteriologische Befunde. Die Herkunft kann im Rahmen der vorliegenden Studie nicht eindeutig geklärt werden.

C4. Nutzungsspezifisches Gefährdungspotenzial

C 4.1 Allgemein

Das nutzungsspezifische Gefährdungspotenzial bezieht sich auf die Schadstoffmenge, die durch die jeweilige Nutzung in den Stoffkreislauf eingebracht wird /werden kann, und aus der Häufigkeit, mit der dieses Ereignis eintreten kann (1).

Nach dem Leitfaden zur Ausweisung der Trinkwasserschutzzonen (1) soll die Bewertung der Gefährdungspotenziale dem DVGW-Arbeitsblatt W101 entnommen werden. Hier werden nicht einzelne Betriebe, sondern ganze Zonen mit möglichen nutzungsspezifischen Gefährdungen zusammengefasst. Für alle Gefährdungen im Bereich der Schutzzone II gilt ein „sehr hohes Gefährdungspotenzial“.

Standorte im Bereich der Schutzzone III, die aufgrund ihrer Nutzung in mehrere Kategorien fallen, werden immer mit dem schlechtesten der angegebenen Werte belegt.

C 4.2 Land- und Forstwirtschaft

Die Schutzzone der Quelle *Tenneberg* wird zu rund 52% landwirtschaftlich genutzt. Die Nutzung erfolgt durch Ackerbau (36%), Grünland, Weideflächen und Streuobstwiesen (16%). 19% der Schutzzone unterliegt forstwirtschaftlicher Nutzung.

Der Einfluss der Landwirtschaft ist zum Zeitpunkt der Berichterstattung im Rohwasser deutlich nachweisbar (erhöhte Nitratkonzentrationen, Rückstände von Pestiziden). Maßnahmen, die eine Verminderung des Nitrat- und Pestizidaustrags in der Schutzzone bewirken, müssen eingeleitet werden (5).

C 4.3 Altlasten und Altlastenverdachtsflächen

Die Altlastenverdachtsflächen sind in der Karte in Plan 101087-7/330 dargestellt. Der Auszug aus dem Verdachtsflächenkataster von der Umweltverwaltung findet sich in

Anlage C 4.3 (Stand: 26.10.2016). Altlasten und Verdachtsstandorte sind im Bereich von 11% der Gesamtfläche ausgewiesen. Die Größe der Fläche ist dadurch begründet, dass sich die Ablagerungen im Bereich von alten, teilweise großen Steinbrüchen befinden. Zusätzlich liegt eine großflächige Auffüllung im Bereich des Wohngebietes im Umfeld der *Domaine des Ormilles* (Nr. 6) und die Bauschuttdeponie *Tossebiert* (Nr. 14) am westlichen Rand der Schutzzone liegt.

Innerhalb der Schutzzone sind fünf Altlasten dokumentiert (laufende Nummer 1 bis 5). Sie nehmen 15% der Fläche der Verdachtsflächen ein. Alle befinden sich innerhalb der Bebauungsgrenze am südlichen Rand der Schutzzone.

Zusätzlich sind 21 Verdachtsstandorte beschrieben. Acht der Flächen liegen außerhalb der Bebauungsgrenzen, drei davon im Bereich der Schutzzone II (Nr. 8, 10 und 11).

Im Rahmen der vorliegenden Studie kann eine Bewertung der Altlasten und Verdachtsstandorte nicht erfolgen. Dazu sind umfangreiche Bestandsaufnahmen und Erkundungsarbeiten notwendig. Das Gefährdungspotenzial wird insgesamt mit *sehr hoch* kategorisiert.

C 4.4 Betriebe im Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Insgesamt 13% der Fläche werden durch Gewerbegebiete und zugehörige Parkplätze abgedeckt. Diese befinden sich alle am südlichen Rand der Schutzzone, im Bereich des Einkaufszentrums *Belle Etoile* und entlang der Route d'Arlon. Der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen ist in diesen Bereichen möglich.

C 4.5 Abwasser

Das Abwassernetz ist in Plan 101087-7/329 dargestellt. Die vorhandenen Mischwasserkanäle leiten das Wasser aus der Schutzzone hinaus. Das anfallende Oberflächenwasser im Bereich des Einkaufszentrums wird im Westen im Regenrückhaltebecken gesammelt und dann über den Regenwasserkanal zur Kläranlage im Tal der Mamer geleitet.

Im Bereich eines Anwesens, rund 230 m südlich der Quelle, innerhalb der Schutzzone II befindet sich eine Klärgrube. Alle anderen Bebauungen sind an die öffentliche Kanalisation angeschlossen.

C 4.6 Nutzungsbezogene Gefährdungspotenziale für die Grundwasserqualität

Das allgemeine Gefährdungspotenzial, dargestellt in Plan 101087-7/331 und Plan 101087-7/332 zeigt die Gefährdungen innerhalb des Einzugsgebietes ohne Berücksichtigung auf deren Lage innerhalb der verschiedenen Zonen und ohne Berücksichtigung des Untergrundes.

Eine erste Bewertung für das nutzungsspezifische, bzw. standortbezogene Gefährdungspotenzial erfolgt auf Basis des DVGW-Arbeitsblattes W101 (Tabelle 1: *Potenzielle Gefährdungen mit Prüfungsbedarf in Trinkwasserschutzgebieten*), indem die potenziellen Gefährdungen in Bezug auf ihre Lage in der Schutzzone gewichtet werden:

- Sehr hohes Gefährdungspotenzial
- Hohes Gefährdungspotenzial und
- Weniger hohes Gefährdungspotenzial

Alle Flächen, von denen keine direkten Gefährdungen ausgehen (z.B. Waldgebiete), werden in der GIS-technischen Auswertung mit dem Eintrag „geringes Gefährdungspotenzial“ markiert.

Die Auswertung erfolgt unter Zugrundelegung der Realnutzung der Gemeinden (Plan 101087-7/327), des Abwassernetzes (Plan 101087-7/329) und der Lage von Altlasten und Altlastenverdachtsflächen (Plan 101087-7/330) im Bereich der Schutzzone.

Nach DVGW werden die möglichen Gefährdungen danach gewichtet, ob sie im Bereich der Schutzzone II, III/IIIA oder IIIB liegen (Tab 1, DVGW W101 (2)). Es handelt sich demnach um eine standortbezogene Risikoabschätzung. Jede identifizierte Gefährdung, unabhängig von ihrer Art, die im Bereich der Schutzzone II liegt, trägt ein *sehr hohes Gefährdungspotenzial*.

Die kartographische Darstellung der nutzungsspezifischen Gefährdungspotenziale in Bezug auf ihre Lage im Schutzgebiet findet sich in Plan 101087-7/333. Es gilt hier der *Ist-Zustand*.

Im Unterschied zum allgemeinen Gefährdungspotential, das sich auf das Einzugsgebiet der Wasserfassung bezieht (Tabelle 1), wird das nutzungsspezifische Gefährdungspotential auf die Lage der Fläche innerhalb der Schutzzone bezogen. Tabelle 3 gibt die Flächenverteilung der einzelnen Nutzungen für die Schutzzone der Quelle aus.

Tabelle 3: Flächenanteile der verschiedenen Nutzungen in der Schutzzone der Quelle *Tenneberg*.

Nutzung	Fläche ha	Fläche %
Industrie und Gewerbe Gewerbe, Dienstleistungen	14,08	13
Abfallentsorgung und Verwertung Altlastverdachtsflächen	11,18	10
Siedlung und Infrastruktur Straßen (und Wege) Wohngebiete (und Kanal)	2,42 7,59	2 7
Landwirtschaftliche, forstwirtschaftliche und gärtnerische Nutzungen Acker	36,39	33
Grünland	16,23	15
Stallanlagen, Gewächshäuser	0,50	1
Forstgebiete	20,70	19
Sonstige Nutzungen Grundwassermessstellen	0,01	0
Summe	109,12	100,00

C5. Schutzfunktion der grundwasserüberdeckenden Schichten

Die Kartendarstellung zur Schutzfunktion (Schutzwirkung) im Einzugsgebiet der Quelle *Tenneberg* finden sich in Plan 101087-7/322. Der Schutzfaktor schwankt zwischen *sehr gering* und *hoch*. 83% der Flächen liegen in der Kategorie *mittel*. Eine *geringe* Schutzwirkung (rund 17%) zeigt sich in Teilbereich des Taleinschnittes *Gaaschtgronn* und oberhalb der Quelfassung. Im Hang, direkt oberhalb der Quelle ist die Schutzwirkung *sehr gering*.

C6. Verschmutzungsrisiko

Das Grundwasserverschmutzungsrisiko steht für die Wahrscheinlichkeit, mit der Schadstoffe in das Grundwasser gelangen können und für die Intensität, der daraus resultierenden möglichen Belastungen (1). Es berücksichtigt neben der Lage der unterschiedlichen Nutzungen in Bezug auf die Wasserfassung auch die Schutzwirkung des Untergrundes.

Aus der GIS-technischen Verschneidung der Gefährdungskarte (Plan 101087-7/333) mit der Karte zur Schutzfunktion (Plan Nr.101087-7/322, Teil A des Gutachtens) ergibt sich die Risikokarte (Darstellung des Verschmutzungsrisikos in Plan 101087-7/334).

Die Verschneidung erfolgt nach der 4 x 5-Matrix zur Risikobewertung in Tabelle 4, nach dem Vorschlag vom Workshop „Präsentation des Leitfadens für die Ausweisung von Grundwasserschutzzonen für die Trinkwassergewinnung“ (3). Im Unterschiede zum Leitfaden (1), indem eine 4 x 4- Matrix Verwendung findet (S. 18, Abb. 7) ergibt sich hier die Möglichkeit die sehr hohe Schutzwirkung aus den Gebieten mit einer hohen Schutzwirkung des Gebirges einzubeziehen.

Tabelle 4: Matrix zur Risikobewertung nach (3).

Gefährdungspotenzial	Definitive Schutzwirkung				
	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering
gering	gering	gering	mittel	mittel	hoch
mittel*	gering	mittel	mittel	hoch	hoch
hoch	mittel	mittel	hoch	hoch	sehr hoch
sehr hoch	mittel	hoch	hoch	sehr hoch	sehr hoch

* nach DVGW: weniger hoch

Das bestehende Risiko für die Quelle *Tenneberg* wird überwiegend mit *hoch* klassifiziert (66 %). Es handelt sich im Wesentlichen um Ackerflächen, Gewerbe- und Siedlungsgebiete. Im Bereich von Grünlandflächen und Waldgebieten ist das Risiko *mittel* (31 %). Ein sehr hohes Risiko besteht auf 2 % der Flächen, in denen sich eine *sehr geringe* Schutzwirkung mit einer kritischen Nutzung (hier Ackerflächen und Siedlung) überschneiden.

Senningerberg, 01. März 2019

B.E.S.T.

Ingénieurs-Conseils S.à r.l.



G. BEFFORT



C. SCHNATMEYER



L. BUSANA

C7. Literaturverzeichnis

1. **Administration de la gestion de l'eau.** *Leitfaden zur Ausweisung von Grundwasserschutzgebieten.* Luxembourg : Ministère de l'Intérieur et à la Grande Région, März 2010.

2. **DVGW.** *Technische Regel, Arbeitsblatt W 101; Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser.* Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. Bonn : s.n., Juni 2006. S. 19.

3. **ahu AG Aachen, C.Sailer.** eau.public.lu. *Administration de la gestion de l'eau.* [Online] 25. März 2009.
http://www.eau.public.lu/eaux_souterraines/zone_protection/workshop_2.pdf.

4. **Journal Officiel du Grand-Duché de Luxembourg.** Mémorial A-N° 217. *Protection et Gestion des Eaux.* Luxembourg : s.n., 30. décembre 19.12.2008. S. 3205-3239.

5. —. Mémorial A-N° 113 du 19 juillet 2010. *Règlement grand-ducal du 8 juillet 2010 relatif à la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration.* Luxembourg : s.n., 2010. S. 1942-1944.

C8. Anlagen

Risikoplan

Plan 101087-7/327	Flächennutzung im Einzugsgebiet
Plan 101087-7/328	PAG der Gemeinden Strassen und Bertrange
Plan 101087-7/329	Abwassernetz im Einzugsgebiet
Plan 101087-7/330	Lage der Altlasten und Altlastenverdachtsflächen
Anlage C 4.3	Auszug aus dem Verdachtsflächenkataster mit Parzellennummern
Plan 101087-7/331	Ist-Zustand des allgemeinen Gefährdungspotenzials
Plan 101087-7/332	Plan-Zustand des allgemeinen Gefährdungspotenzials
Plan 101087-7/333	Übersichtsdarstellung der nutzungsspezifischen Gefährdungspotenziale
Plan 101087-7/334	Darstellung des Verschmutzungsrisikos

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tenneberg

SCC-209-02

Teil C: Risikoplan

Anlagen

01. März 2019

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tennebiert

SCC-209-02

Teil D: Maßnahmenkatalog

01. März 2019

Teil D: Maßnahmenkatalog

Inhaltsverzeichnis

D1.	Allgemeine Maßnahmen.....	2
D2.	Empfehlungen für Verbots- und Genehmigungstatbestände	3
D3.	Nutzungsspezifischer Maßnahmenkatalog zur Sicherung und Verbesserung der Trinkwasserqualität.....	3
D 3.1	Maßnahmen in Bezug auf die Landwirtschaft.....	3
D 3.2	Maßnahmen in Bezug auf den Forst	5
D 3.3	Maßnahmen in Bezug auf Altlasten, Altlastenverdachtsflächen und Betriebe im Umgang mit wassergefährdenden Stoffen.....	5
D 3.4	Maßnahmen in Bezug auf Siedlungsgebiete	6
D 3.5	Maßnahmen in Bezug auf Besonderheiten im Einzugsgebiet.....	7
D4.	Monitoring	7
D 4.1	Generelle Monitoringkonzeption	7
D 4.2	Messnetz.....	8
D 4.3	Messprogramm.....	8
D 4.4	Berichtswesen.....	9
D5.	Literaturverzeichnis.....	10
D6.	Anlagenverzeichnis	10

D1. Allgemeine Maßnahmen

Die einzelnen Vorschläge für Maßnahmen sind mit der jeweiligen Prioritätensetzung

1. kurz (Sofortmaßnahmen)
2. mittel (Planungshorizont 2 bis 4 Jahre) und
3. langfristig (bis 10 Jahre)

in Tabelle 1 bis Tabelle 4 zusammengestellt. Eine detaillierte Auflistung mit Angabe der Ansprechpartner gibt Anlage D1.

Die Quelle *Tennebiertg* kann aufgrund der hohen Nitratkonzentrationen (> 50 mg/l) zurzeit nicht genutzt werden. Die höchste Priorität muss daher dem Schutz vor Einflüssen aus der landwirtschaftlichen Nutzung gelten. Wenn sich die Qualität bessert, muss die Quelfassung vor einer Inbetriebnahme saniert werden. Die Sanierung und die Abgrenzung der Schutzzone I sind daher mit einem langfristigen Planungshorizont belegt.

Tabelle 1: Nutzungsspezifischer Maßnahmenkatalog, allgemeine Maßnahmen.

Nr.	Nutzung	WSZ	Maßnahme	Priorität
1	Wasser- versorger	I	Sanierung der Quelfassung und Umzäunung der Schutzzone I	3
2	alle	I, II, III	Beschilderung Wasserschutzgebiet	1
3	alle	I, II, III	Kontrolle der Schutzzone auf Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen	1 - 3
4	Wasser- versorgung	I	Regelmäßige Kontrolle der Nitrat- und Pestizidkonzentrationen	1 - 3
5	alle	I, II, III	Entwicklung Maßnahmenprogramm	1
6		II, III	Überprüfung der Grenzen der Schutzzone	3

Der Bereich der Schutzzonen I und II muss regelmäßig kontrolliert werden. Eingriffe in den Untergrund und illegale Müllablagerungen müssen unterbunden werden.

Das ausgewiesene Wasserschutzgebiet muss mit einer Beschilderung im Gelände kenntlich gemacht werden.

Nach Artikel 44, Paragraph 10 des geänderten Wassergesetzes vom 19. Dezember 2008 (1) muss nach Inkrafttreten der Wasserschutzverordnung ein Maßnahmenprogramm für das Schutzgebiet aufgestellt werden. Das Maßnahmenprogramm ist maßgebend für die zukünftige Gewässerbewirtschaftung. Die Umsetzung der Maßnahmen sollen zu einer Qualitätsverbesserung des Wasserkörpers führen bzw. eine gute Qualität erhalten.

Im Rahmen der Aufstellung der Maßnahmenprogramme wird empfohlen, einen Zusammenschluss von mehreren benachbarten Trinkwasserversorgern zu erwirken, der eine regionale Zusammenarbeit ermöglicht.

Eine Überprüfung der Lage des Einzugsgebietes und der Schutzzonen, etwa zehn Jahre nach deren rechtskräftigen Ausweisung, wird empfohlen.

D2. Empfehlungen für Verbots- und Genehmigungstatbestände

Der Katalog zu Verbots- und Genehmigungstatbeständen im zukünftigen Wasserschutzgebiet ist dem Anhang 1 des „*Règlement grand-ducal du 9 juillet 2013 relatif aux mesures administratives dans l'ensemble des zones de protection pour les masses d'eau souterraine ou parties de masses d'eau souterraine servant de ressource à la production d'eau destinée à la consommation humaine*“ (2) zu entnehmen.

Zahlreiche Handlungen, insbesondere innerhalb der Schutzzone III, sind gemäß dem Gesetz genehmigungspflichtig. Die Genehmigungen sind einzelfallabhängig und müssen von den betroffenen Nutzern bei der Gemeinde resp. bei der Wasserverwaltung angefragt werden.

D3. Nutzungsspezifischer Maßnahmenkatalog zur Sicherung und Verbesserung der Trinkwasserqualität

D 3.1 Maßnahmen in Bezug auf die Landwirtschaft

Aufgrund der im Quellwasser nachgewiesenen Rückstände der landwirtschaftlichen Tätigkeit wird empfohlen, die landwirtschaftliche Beratungstätigkeit im Bereich der Schutzzone zu intensivieren. Die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen zur

Ausbringung von organischen und mineralischen Stickstoffdüngern und stickstoffhaltigen Mehrnährstoff-Mineraldüngern gemäß der großherzoglichen Nitratrichtlinie (3) und deren Abänderung (4) soll überprüft und durchgesetzt werden.

Es wird empfohlen, für alle landwirtschaftlichen Nutzflächen, welche sich in der Schutzzone II befinden, generell eine Herabsetzung der zulässigen Stickstoffmengen auf 130 kg N_{org}/ha festzusetzen (gemäß dem Wassergesetz A-N°141).

Im Bereich der Schutzzone III sollen die zulässigen Stickstoffmengen auf allen landwirtschaftlichen Ackerflächen ebenfalls auf 130 kg N_{org}/ha herabgesetzt werden. Im Bereich von Dauergrünland sind 170 kg N_{org}/ha gemäß dem Gesetz zulässig. Die betroffenen Flächen sind in Plan 101087-7/335 dargestellt.

Sollte nach Inkrafttreten der Wasserschutzverordnung, innerhalb der nächsten fünf Jahre keine signifikante Verbesserung der Wasserqualität zu beobachten sein, wird empfohlen, die Herabsetzung der zulässigen Stickstoffhöchstmenge weiter herabzusetzen.

Die Vorschläge für Maßnahmen im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzung mit der jeweiligen Prioritätensetzung sind in Tabelle 2 und Anlage D1 zusammengestellt.

Tabelle 2: Maßnahmen in Bezug auf die vorhandene landwirtschaftliche Nutzung.

Nr.	Nutzung	WSZ	Maßnahme	Priorität
7	Acker	II	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reglementierter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ○ Ganzjährige Bodenbedeckung ○ Fortsetzung, ggf. Intensivierung der landwirtschaftlichen Beratung ○ Überwachung zur Einhaltung des Nitratreglements (zulässigen Stickstofffrachten 130 kg N_{org}/ha) 	1
8		III	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reglementierter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ○ Ganzjährige Bodenbedeckung auf erosionsempfindlichen Böden ○ Fortsetzung, ggf. Intensivierung der landwirtschaftlichen Beratung ○ Überwachung zur Einhaltung des Nitratreglements ○ Herabsetzung der zulässigen Stickstofffrachten auf 130 kg N_{org}/ha 	1

Nr.	Nutzung	WSZ	Maßnahme	Priorität
9	Grünland	II	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fortsetzung, ggf. Intensivierung der landwirtschaftlichen Beratung ○ Überwachung zur Einhaltung des Nitratreglements ○ Herabsetzung der zulässigen Stickstofffrachten auf 130 kg N_{org}/ha ○ Bei Beweidung: Mobile Tränken, keine regelmäßige Fütterung, keine Winterweiden, Grasnarbe darf bei Beweidung nicht flächig verletzt werden 	1
10		III	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fortsetzung, ggf. Intensivierung der landwirtschaftlichen Beratung ○ Überwachung zur Einhaltung des Nitratreglements 	1

D 3.2 Maßnahmen in Bezug auf den Forst

Negative Auswirkungen von der forstwirtschaftlichen Nutzung sind nicht nachweisbar. Notwendigen Maßnahmen bestehen zurzeit nicht. Der Einsatz von Pestiziden soll generell verboten werden.

D 3.3 Maßnahmen in Bezug auf Altlasten, Altlastenverdachtsflächen und Betriebe im Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Im Einzugsgebiet der Quelle sind 21 Altlastenverdachtsflächen und fünf Altlasten dokumentiert. Für eine Altlast (SCA/18/0094) liegt ein Untersuchungsbericht vor, bei den anderen muss der Sachstand im Rahmen des Maßnahmenkatalogs überprüft werden.

Alle Verdachtsflächen müssen mittelfristig einer orientierenden Untersuchung unterzogen werden. Eventuell notwendige Sanierungsmaßnahmen werden dabei ausgewiesen. Die Vorschläge für Maßnahmen auf vorhandene Verdachtsstandorte mit der jeweiligen Prioritätensetzung sind in Tabelle 3 und Anlage D1 zusammengestellt.

Die innerhalb der Schutzzone vorhandenen Betriebe müssen hinsichtlich der Nutzung und des Umgangs mit wassergefährdenden Stoffen untersucht werden.

Tabelle 3: Maßnahmen in Bezug auf vorhandene Altlasten.

Nr.	Nutzung	WSZ	Maßnahme	Priorität
11	Altlasten	III	Feststellung, ob Sanierungsbedarf besteht	2
12	Verdachts- flächen	II	Einleitung von orientierenden Untersuchungen an den Verdachtsstandorten zur Erkundung eines möglichen Sanierungsbedarfs	1
13		III	Einleitung von orientierenden Untersuchungen an den Verdachtsstandorten zur Erkundung eines möglichen Sanierungsbedarfs	2
14	Betriebe	III	Datenerhebung über alle vorhandenen Betriebe im Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	1

D 3.4 Maßnahmen in Bezug auf Siedlungsgebiete

Die Maßnahmen im Zusammenhang mit Siedlung und Verkehr sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Ausweisung neuer Baugebiete und der Neubau von Straßen ist in der Schutzzone II verboten und in der Zone III erlaubt unter Auflagen (2).

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (Pkt. 4.11 in (2)) sollte überprüft, reglementiert und überwacht werden. Erlaubt sind nur Produkte, die für den Einsatz in Wasserschutzzonen genehmigt sind. Alle möglichen Nutzer (Hobbygärtner, Gewerbebetriebe) müssen über die entsprechenden Produkte und deren sachgerechten Einsatz informiert werden.

Die Verwendung von Streusalz auf den Straßen und im privaten Bereich muss überwacht und reglementiert werden. Die Wasserqualität der Quelle zeigt zum Zeitpunkt der Berichterstattung eine Beeinträchtigung, die Chloridkonzentrationen schwanken um 50 mg/l (vgl. Teil A des Gutachtens). Die Herkunft der Rückstände kann aber nicht eindeutig belegt werden.

Tabelle 4: Maßnahmen im Zusammenhang mit Siedlung und Verkehr.

Nr.	Nutzung	WSZ	Maßnahme	Priorität
15	Siedlungs- gebiete	III	○ Überprüfung und Reglementierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln.	1
16		III	○ Überprüfung der Hausanschlüsse und der Mischwasserkanäle auf Schäden, oder Nachweis einer Überprüfung in den letzten 5 Jahren.	2
17		III	○ Reglementierung des Einsatzes von Streusalz/Frostschutzmitteln	2

D 3.5 Maßnahmen in Bezug auf Besonderheiten im Einzugsgebiet

In der Schutzzone II befindet sich ein Wohnhaus, das nicht an die örtliche Kanalisation angeschlossen ist und über eine Klärgrube verfügt. Die Abwasseranlage sollte kurzfristig untersucht werden und muss ggf. dem Stand der Technik angepasst werden (Tabelle 5). Weiterhin muss überprüft werden, ob ein Heizöltank vorhanden ist und ob dieser den technischen Anforderungen entspricht.

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Düngern im Bereich der Anlage muss kontrolliert und ggf. reglementiert werden.

Tabelle 5: Maßnahmen im Zusammenhang mit der Freizeitanlage.

Nr.	Nutzung	WSZ	Maßnahme	Priorität
18	Einsiedler	II	Überprüfen ○ der Abwasseranlage ○ von Tankanlagen ○ des Einsatzes von Düngern und Pflanzenschutzmitteln	1

D4. Monitoring

D 4.1 Generelle Monitoringkonzeption

Aufgrund der vorhandenen Belastung des Grundwassers mit Rückständen aus der landwirtschaftlichen Nutzung und der vielfältigen Nutzung innerhalb der Schutzzone muss das Grundwasser sorgfältig überwacht werden. Die Einflüsse müssen durch eine

zielgerichtete Untersuchungskampagne dokumentiert und die Entwicklung mit Hilfe eines Messnetzes beobachtet werden.

D 4.2 Messnetz

Zur Überwachung der Grundwasserqualität und der Grundwasserhöhen wird empfohlen, die bestehenden Messstellen in einem Messnetz zu verankern. Zur Vervollständigung des Netzes sollten zwei zusätzliche Messstelle (FRE-34 FRE-35) im Einzugsgebiet eingerichtet werden (zur Lage siehe Plan 101087-7/336).

Die Messstellen dienen zur Verfeinerung des Grundwassergleichenplans und zur Kontrolle des Grundwassers.

D 4.3 Messprogramm

Zum Monitoring zählt die regelmäßige Überprüfung der Wasserqualität gemäß den rechtlichen Vorgaben (1). Hiernach müssen für die Quelle vier Routineuntersuchungen und eine Komplettanalyse pro Jahr durchgeführt werden.

Weiterhin sollten im Rahmen des Messprogramms die Wasserstände in den Messstellen monatlich erfasst werden. Dadurch zeigen sich die jahreszeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels und es ergeben sich Rückschlüsse auf die Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet. Das Messintervall kann nach den ersten Jahren angepasst werden.

Komplettanalysen der Grundwasserqualität sollten in den Messstellen im jährlichen Rhythmus durchgeführt werden. Die Kontrolle der Nitratkonzentrationen sollte in einem Abstand von maximal sechs Monaten erfolgen.

Die Schutzzone muss in regelmäßigen Abständen kontrolliert und gepflegt werden. Nach der Sanierung wird für die Schutzzone 1 ein monatlicher Rhythmus empfohlen, die Schutzzone II sollte halbjährlich und die Schutzzone III jährlich überprüft werden.

Es wird empfohlen einen Überwachungsplan aufzustellen, in dem die Zeitpunkte der Begehungen des Schutzgebietes und der Beprobung von Grundwasser festgehalten und dokumentiert werden.

D 4.4 Berichtswesen

Die Kontrollen im Rahmen des Monitorings müssen durch eine jährliche Berichterstattung dokumentiert werden. Dabei sollen speziell auch Entwicklungstendenzen aufgezeigt werden. Genaue Vorgaben werden im Rahmen der Schutzzonenverordnung festgelegt und im Maßnahmenprogramm erarbeitet.

Senningerberg, 01. März 2019

B.E.S.T.

Ingénieurs-Conseils S.à r.l.



G. BEFFORT



C. SCHNATMEYER



L. BUSANA

D5. Literaturverzeichnis

1. **Memorial Journal Officiel du Grand-Duché de Luxembourg.** A-N° 217. *Protection et Gestion des Eaux.* Luxembourg : s.n., 30. décembre 30. décembre 2008. S. 3205-3239.
2. **Mémorial A-N°141.** Recueil de Legislation. *Règlement grand-ducal du 7 juillet 2013 a) relatif aux mesures administratives dans l'ensemble des zones de protection pour les masses d'eau souterraine ou parties de masses d'eau souterraine servant de ressources à la production d'eau destinée à la conso.* Luxembourg : s.n., 30. 7 2013. S. 2807-2818.
3. **Mémorial A-N° 124.** Recueil de Legislation, . *Règlement grand-ducal du 24 novembre 2000 concernant l'utilisation de fertilisants azotés dans l'agriculture.* Luxembourg : s.n., 11. décembre 2000. S. 2856.
4. **Mémorial A - N° 252.** Recueil de Legislation. *modifiant le règlement grand-ducal modifié du 24 novembre 2000 concernant l'utilisation de fertilisants azotés dans l'agriculture.* Luxembourg : s.n., 31. décembre 2010. S. 4599.
5. **Mémorial A-N° 115.** Recueil de Legislation. *Règlement grand-ducal du 7 octobre 2002 relatif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.* Luxembourg : s.n., 11 octobre 2002. S. page 2815-2833.

D6. Anlagenverzeichnis

Plan 101087-7/335	Landwirtschaftliche Nutzflächen, zulässige Stickstoffmengen kg N _{org} /ha
Plan 101087-7/336	Darstellung des Messnetzes
Anlage D1	Nutzungsspezifischer Maßnahmenkatalog

Administration Communale de Strassen

Administration de la gestion de l'eau

Zones de protection des ressources en eau

de la commune de Strassen

Captage Tennebiert

SCC-209-02

Teil D: Maßnahmenkatalog

Anlagen

01. März 2019