



Projekt	Erweiterung der Abbaufäche E' des rezenten Steinbruches Brouch
Firma	Carrières Feidt, Ernzeberg, L – 7639 Ernzen
Thematik	Beeinflussung der S' und E' vom geplanten Abbau gelegenen Quellen
Durchführung	Hydro- und strukturgeologische Untersuchungen der rezenten Abbau- und Erweiterungsfläche des Steinbruchs Brouch und im Einzugsgebiet der Fielsbourquellen und der Quelle Sulgen
Projektabschluß	Juli 2006

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung und vorangegangene Untersuchungsphasen	1
2 Hydro- und strukturgeologische Untersuchungen	4
2.1 Errichtung der Grundwassermeßstellen	4
2.2 Tracerversuch	7
2.3 Schichteinfallen und Kluftsysteme im Luxemburger Sandstein	9
2.4 Sedimentologische Aufnahme des Luxemburger Sandsteins	13
2.5 Das potentielle Einzugsgebiet der Fielsbourquellen und der Quelle Sulgen	17
3 Interpretation einer hydrogeologische Gefährdung der Quellen durch die Erweiterung des Steinbruchs	21
Anlagen	
Übersichtskarte	Anlage 1
Hydrogeologische Information	Anlage 2
Geologische Übersichtskarte	Anlage 3
Einfallen und Streichen der Schicht- und Kluftflächen	Anlage 4

1 Einleitung und vorangegangene Untersuchungsphasen

Der Steinbruch Brouch der Firma Feidt befindet sich an der Straße N8 zwischen Reckange und Brouch E' von Mersch (s. Anlage 1). In diesem Steinbruch findet der Abbau des Luxemburger Sandsteins statt.

Von der Firma Carrières Feidt ist seit dem Jahr 2004 eine Erweiterung der Abbaufäche nach E geplant (s. Abb. 1, Anlage 2). Die alte Abbaufäche wird derzeit als Abfalldeponie der Klasse II verfüllt. Der rezente Steinbruch sowie die geplante Erweiterungsfläche befinden sich innerhalb einer Trinkwasserschutzzone. Für die

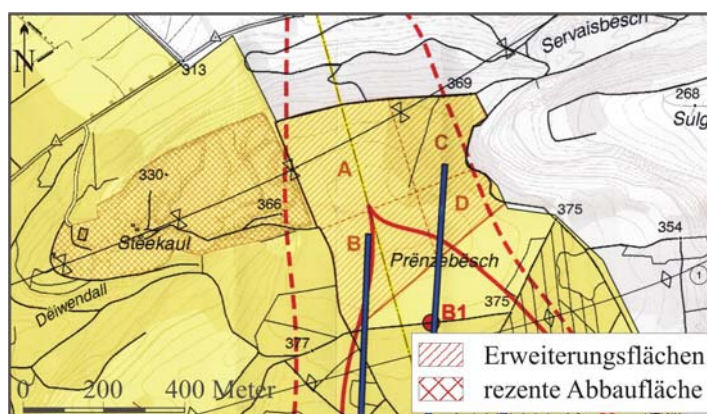


Abb. 1: Steinbruch Brouch mit den Erweiterungsflächen A bis D; Ausschnitt aus Anlage 1 v. BIESKE UND PARTNER GMBH

Beurteilung einer Beeinflussung auf die Grundwasserbeschaffenheit und der hydraulischen Eigenschaften des Grundwasserleiters im Bereich des rezenten Steinbruchs sowie durch einen weiteren Abbau des Luxemburger Sandsteins (Erweiterungsfläche) wurden struktur- und hydrogeologische Untersuchungen (Januar 2006 - Mai 2006) im Bezug auf die Grundwasserfließrichtung durchgeführt.

Zusätzlich wird versucht, die hydrogeologische Situation im gesamten Reckenerwald zu erfassen, um eine hydrogeologische Beeinflussung der sich in der näheren Umgebung befindlichen Quellen durch den Abbau des Luxemburger Sandsteins auszuschließen. In der näheren Umgebung des Steinbruchs befinden sich die Fielsbourquellen und die Quelle Sulgen. Das potentielle Einzugsgebiet der Quellen, welches im nördlichen Bereich des Reckenerwaldes liegt, besteht aus den lithologischen Einheiten des Luxemburger Sandsteins (li2) und die den Sandstein unterlagernden Psilonotenschichten (li1). E' des Steinbruchs tretend die Kalke und Mergel von Strassen (li3) zu Tage (s. Anlage 3). Der Luxemburger Sandstein wird aus den jeweiligen Untersuchungsphasen als dünnbankig und sehr klufftreich beschrieben. Die Mächtigkeitsangaben des Sandsteins variieren zwischen 72 m und 100 m. Aus hydrogeologischer Sicht ist der Luxemburger Sandstein ein guter Grundwasserleiter.

Eine Erweiterung der Abbaufäche innerhalb des potentiellen Einzugsgebietes der Vorfluter Mandelbach und Eisch durch die Firma Feidt könnte eine Beeinflussung der hydraulischen Eigenschaften des Aquifers und somit die in der Umgebung vorhandenen Quellen nachhaltig beeinflussen. Die Fielsbourquellen befinden sich ca. 1600 m S' der rezenten sowie geplanten Abbaufäche. Die Sulgenquelle liegt ca. 550 m ENE' der geplanten Erweiterungsfläche.

Den eigenen Untersuchungen sind bereits in den Jahren 2004/05 mehrere hydrogeologische Untersuchungsphasen im Steinbruch Brouch von der Firma GEOSON vorangegangen. Hier wurde der Einfluß der Baumaßnahmen auf die in der Umgebung vorhandenen Quellen (Fielsbourquellen, Sulgen, s. Anlage 2) untersucht. Dazu wurden die Grundwasserverhältnisse, die hydraulischen Eigenschaften des Aquifers und die generelle Grundwasserfließrichtung ermittelt. Im Jahr 2005 wurde von der Firma BIESKE UND PARTNER GMBH (Wasserversorgung und Umwelttechnik) eine hydrogeologische Beurteilung des Steinbruchs hinsichtlich seiner Lage zu den Fielsbourquellen durchgeführt.

In den verschiedenen Untersuchungsphasen wurde sich hauptsächlich auf die Klüftigkeit des Luxemburger Sandsteins konzentriert. BIESKE UND PARTNER GMBH geben eine NNE' Hauptkluftstreichrichtung sowie eine weitere NW Streichrichtung an. Anhand dieser Kluftvernetzung erfolgt nach BIESKE UND PARTNER GMBH die Fließrichtung des Grundwassers im Reckenerwald von NE nach SW, wodurch der Steinbruch Brouch sowie die Erweiterungsflächen innerhalb des potentiellen Einzugsgebietes der Fielsbourquellen liegen. Aus den hydrogeologischen Untersuchungen der Firma GEOSON gehen aus der 1. Untersuchungsphase Kluftsysteme mit den Streichrichtungen NW/SE und WNW/ESE und aus der 2. Untersuchungsphase NNW/SSE, ENE/WSW und NNE/SSW streichende Kluftsysteme hervor. In der letzten Untersuchungsphase von GEOSON (AUGUST 2005) wurden ein NNE/SSW streichendes Hauptkluftsystem (Fallrichtung WNW), ein untergeordnetes WNW/ESE bis NW/SE streichendes Kluftsystem (Dehnungsklüfte) und ein ENE/WSW-Streichen der Schichtflächen des Luxemburger Sandsteins mit einem flachen Einfallen von 8° in SSE' Richtung ermittelt. GEOSON nimmt entsprechend aus dem Einfallen des Luxemburger Sandsteins sowie aus den Kluftsystemen eine Grundwasserbewegung in S' bis SE' Richtung an.

Das Ingenieurbüro BIESKE UND PARTNER GMBH stellt in der Anlage 1 in ihrem hydrogeologischen Bericht vom Jahr 2005 das potentielle Einzugsgebiet der Fielsbourquellen graphisch dar. Hierbei wird sowohl das oberirdische als auch das unterirdische Einzugsgebiet für die Quell-

gruppe vermerkt. Für die Abgrenzung des oberirdischen Einzugsgebietes wurde sich an den Höhenlinien der Geländeoberfläche orientiert. Die Begrenzung des unterirdischen Einzugsgebietes in der Anlage 1 von BIESKE UND PARTNER GMBH ist nach der vermerkten Sattelstruktur (ebenfalls in dieser Anlage 1) nicht korrekt. Wenn nach der von BIESKE UND PARTNER GMBH angegebenen tektonischen Karte von Mersch 1984 sich die Sattelstruktur zwischen der Erweiterungsfläche und den Fielsbourquellen befindet, müßte das Grundwasser, um zu den Fielsbourquellen zu gelangen im Bereich der Erweiterungsflächen bergauf fließen. Über die Angaben zur Grundwasserfließrichtung im hydrogeologischen Bericht 2005 (Seite 16 - 17) von BIESKE UND PARTNER GMBH wird sich wie folgt geäußert: „*Aus diesen rechnerischen Gesamtschüttungsmengen und dem morphologisch abgrenzbaren Einzugsgebiet resultieren Flächengenerationsraten von 8,1 – 14,15 l/s/km². Auch aus diesem Vergleich der erforderlichen Regenerationsrate mit der durchschnittlichen Grundwasserneubildungsrate im Einzugsgebiet der Eisch (7,1 l/[s*km²], nach Schnatmeyer 1993) ist zu folgern, daß das Regenerationsgebiet der Fielsbourquellen auch größer als das oberirdische Einzugsgebiet sein muß. Die Größe des unterirdischen Einzugsgebietes ist vor allem von der Vernetzung der Klüfte und der Lage zu den tektonischen Synklinal- und Antiklinalstrukturen an der Staueroberkante (Grenze Luxemburger Sandstein – Pylonotenschichten) abhängig.*“

Weiterhin stellen BIESKE UND PARTNER GMBH zwei Szenarien der Grundwasserfließrichtung anhand ihrer hydrogeologischen Untersuchungen vor. Im ersten Szenario würden die Erweiterungsflächen außerhalb bzw. am Rand des potentiellen Einzugsgebietes der Fielsbourquellen liegen und würden demzufolge die Grundwasserbeschaffenheit nicht nachhaltig beeinflussen. Dieses Szenario wird von BIESKE UND PARTNER GMBH durch bilanztechnische Ungereimtheiten ausgeschlossen. Im Szenario zwei liegen die geplanten Erweiterungsflächen im potentiellen unterirdischen Einzugsgebiet der Fielsbourquellen. Die Grundwasserfließrichtung folgt hier dem Grundwasserstand und den wasserwegsamem Kluftvernetzungen von NE nach SW im Reckenerwald. Dieses Szenario zwei wird aufgrund der gemessenen Klufttrichtungen und zu den teufenabhängigen Kluftvernetzungen als wahrscheinlich eingestuft.

Das Ingenieurbüro GEOSON stützt sich in ihren hydrogeologischen Untersuchungen im Jahr 2005 neben der Kluftvernetzung ebenfalls auf die im Untersuchungsraum vorhandenen tektonischen Strukturen. Somit befindet sich zwischen der Erweiterungsfläche und den Fielsbourquellen eine Sattelstruktur, welche als trennende Grundwasserscheide wirkt. Die Quelle Sulgen befindet sich an der Nordflanke einer nach E geneigten Mulde und wird aus dem nördlichen

Waldgebiet gespeist. Somit befinden sich die beiden potentiellen Einzugsgebiete der Quellaustritte außerhalb der Erweiterungsflächen.

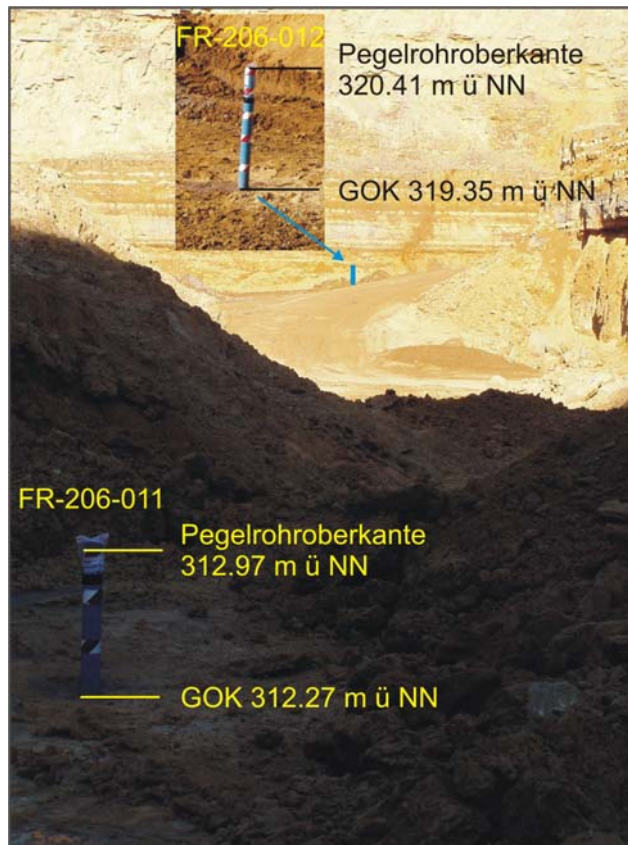
Im Kapitel 2 werden die eigenen struktur- und hydrogeologischen Untersuchungen zur Grundwasserfließrichtung innerhalb der rezenten Abbaufäche, der Erweiterungsfläche sowie des Reckenerwaldes vorgestellt und dokumentiert. Weiterhin erfolgt eine Einbeziehung der Parameter Vorfluter, Gesteinseigenschaften, Kluftsystem und Schichteinfällen, Grundwasserleiter, Grundwasserstauer, Wasseraustrittsstellen und Grundwasserbeobachtungsstellen sowie der Bohrkern- und Aufschlußdokumentation und eine Einbeziehung der Quellen Fielsbur und der Sulgenquelle. Weiterhin wurden Bohr- und Grundwasserbeobachtungsdaten von GEOSON sowie BIESKE UND PARTNER GMBH mit einbezogen.

2 Hydro- und strukturgeologische Untersuchungen

2.1 Errichtung der Grundwassermeßstellen

Aus den unterschiedlichen Ergebnissen der vorangegangenen Untersuchungsphasen hinsichtlich der Grundwasserfließrichtung innerhalb der Abbaufäche und dem potentiellen Einzugsgebiet der Quellen wurden erneute Geländeuntersuchungen notwendig. Um die Grundwasserfließrichtung im Reckenerwald und im Bereich des Steinbruchs genau bestimmen zu können, wurden zwei neue Meßpegel innerhalb der Abbaufäche errichtet (s. Abb. 2). Zwei ältere Meßstellen (GEOSON) befinden sich am Rand des Steinbruchs. In der

Abb. 2: Errichtung der Meßstellen FR-206-011 und FR-206-012 innerhalb der rezenten Abbaufäche



Anlage 2 ist die räumliche Lage der Meßpegel zueinander einzusehen. Nach der Errichtung der zwei Meßpegel durch die Firma Feidt und Service Géologique du Luxembourg, erfolgte die geodätische Einmessungen der Punkte (s. Abb. 2).

Am 25.01.2006 begannen die Messungen des Grundwasserspiegels mit einem Kabellichtlot in den vier Meßstellen innerhalb des Steinbruchs und erfolgten fast täglich (Stichtagsmessungen) bis zum 01.03.06 (s. Tab. 1). Die Anfangsmessungen in den Grundwassermeßstellen FR-206-011 und FR-206-012 vom 25.01. – 27.01.2006 sind zu vernachlässigen, da sich hier die Grundwasserstände nach Errichtung der Pegel innerhalb des Filterrohres erst einpendeln müssen. Ab dem 30.01.2006 ist eine Interpretation der Grundwasserstände in allen vier Pegeln für die Auswertung der Grundwasserfließrichtung relevant. Die Meßdaten zeigen deutlich, daß mittels hydrogeologischem Dreieck das Grundwasser in Richtung des Pegels FR-205-051 (GWP 1) fließt und somit nach W bzw. NW (s. Abb. 3). Im allgemeinen liegt im Mittel der Grundwasserstand des Pegels FR-205-051 (GWP 1) gegenüber den Pegeln FR-205-052 (GWP 2) und FR-206-012 um 20 cm und dem Pegel FR-206-011 um 40 cm tiefer. Die Differenz zwischen den Grundwasserständen ist zeitweise durch geringe Schwankungen die im cm-Bereich liegen charakterisiert.

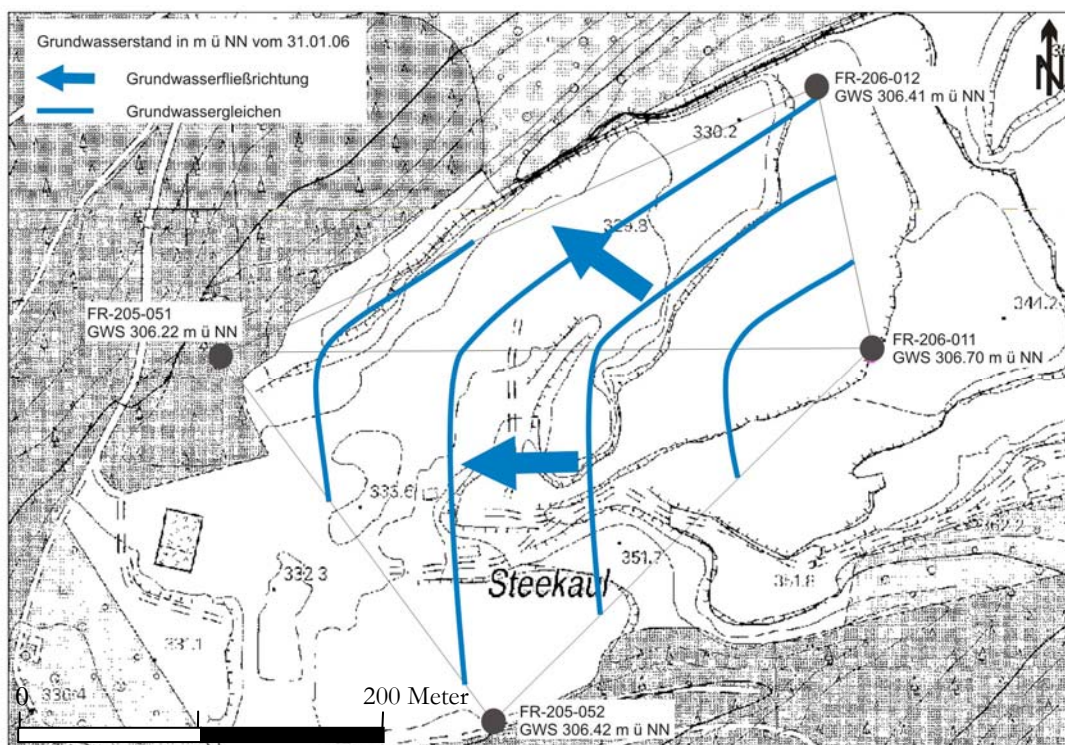





Abb. 3: Grundwasserfließrichtung innerhalb der rezenten Abbaufäche des Steinbruchs Brouch

Datum	Service Géologique du Luxembourg				Geoson			
	FR-206-011		FR-206-012		FR-205-051 (GWP 1)		FR-205-052 (GWP 2)	
	Höhe Pegeloberkante 312.97 (m ü. NN)		Höhe Pegeloberkante 320.41 (m ü. NN)		Höhe Pegeloberkante 330.69 m (m ü. NN)		Höhe Pegeloberkante 327.71 m (m ü. NN)	
	Grundwasserspiegel unter GOK (m)	Grundwasserstand m ü NN	Grundwasserspiegel unter GOK (m)	Grundwasserstand m ü NN	Grundwasserspiegel unter GOK (m)	Grundwasserstand m ü NN	Grundwasserspiegel unter GOK (m)	Grundwasserstand m ü NN
25.01.06	6.25	306.72	13.25	307.16				
26.01.06	6.49	306.48	14.08	306.33	24.47	306.22	21.46	306.25
27.01.06	6.35	306.62	14.00	306.41	24.49	306.20	21.49	306.22
30.01.06	6.29	306.68	14.09	306.32	24.44	306.25	21.31	306.40
31.01.06	6.27	306.70	14.00	306.41	24.47	306.22	21.29	306.42
01.02.06	6.29	306.68	14.00	306.41	24.51	306.18	21.24	306.47
02.02.06	6.29	306.68	14.06	306.35	24.61	306.08	21.34	306.37
03.02.06	6.29	306.68	14.00	306.41	24.44	306.25	21.25	306.46
06.02.06	6.29	306.68	14.00	306.41	24.49	306.20	21.26	306.45
08.02.06			14.13	306.28			21.40	306.31
09.02.06			14.15	306.26			21.25	306.46
14.02.06			14.11	306.30	29.52	301.17	21.46	306.25
01.03.06			14.02	306.39	29.61	301.08	21.31	306.40

 Beginn der relevanten Auswertung
 Beginn des Pumpversuches im Pegel FR-205-051
 Ausrichtung des Grundwasserstandes nach Errichtung der Pegel

 Grundwasseranstieg
 Grundwasserabfall
 Grundwassergleichstand

Tab. 1: Grundwassermeßstellen des Steinbruchs Brouch – Pegelmessungen erfolgten vom 25. Januar 2006 bis zum 01. März 2006; angegeben sind der Grundwasserspiegel unter der Geländeoberkante und der Grundwasserstand in m ü NN

Zwischen dem 30.01.2006 und dem 08.02.2006 ist ein kongruentes Verhalten der Grundwasserpegel zu beobachten - in der Tabelle 1 ist das Ansteigen oder das Abfallen des Grundwassers farblich markiert. Geringe Abweichungen ergeben sich aus einem Grundwassergleichstand im Pegel FR-206-011 und teilweise auch im Pegel FR-206-012. Überwiegend ist aber ein nahezu paralleler Anstieg oder Abfall des Grundwassers in den Pegeln zu beobachten. Die Grundwassermeßstelle FR-206-011 ist auf Grund von Sprengarbeiten im Steinbruch Brouch ab dem 08.02.2006 nicht mehr in den Meßdaten enthalten.

Am 06.02.06 begann ein Pumpversuch am Pegel FR-205-051, um eine Veränderung des Grundwasserstandes in den sich in unmittelbarer Nähe befindenden Pegeln innerhalb des Steinbruchs zu beobachten. Mit der Absenkung des Grundwassers um 5 m (von 306.20 m auf 301.17 m – die letzten beiden Pegelmessungen vom 14.02.06 / 01.03.06; s. Tab. 1) im Pegel Fr-205-051 müßte bei einem Grundwasserabstrom in S'/SE' Richtung nach BIESKE & PARTNER GMBH im Pegel FR-205-052 eine Grundwasserabsenkung erfolgen. Am 03.03.06 endete der Pumpversuch mit dem Ergebnis, daß der im S/SE gelegene Pegel Fr-205-052 keine Veränderung im Bezug auf eine Grundwasserabsenkung zeigte. Auch in den anderen Pegeln konnte keine Absenkung des Grundwassers beobachtet werden (s. Tab. 1). Daraus ergibt sich für den Bereich des Steinbruchs keine Grundwasserfließrichtung in S' bis SE' Richtung.

Während des Pumpversuches wurden täglich ca. 60 m³ aus dem Pegel FR-205-051 gepumpt. Aus der Schüttung und den im nachfolgenden aufgeführten Parametern in der Tabelle 2 ergibt sich für das unterirdische Einzugsgebiet eine Fläche zwischen 7 ha und 14,6 ha.

Tab. 2: Berechnung des unterirdischen Einzugsgebietes der Grundwassermeßstelle FR-205-051 im Steinbruch Brouch

Schüttung in m ³ /d	Niederschlag in mm/a	Infiltration in %	unterirdisches Einzugsgebiet in ha
60	750	20 - 30	14,60 – 9,73
60	800	20 - 30	13,68 – 9,12
60	850	20 - 30	12,88 – 8,58
60	1000	20 - 30	10,95 – 7,30

Das berechnete zwischen 7 ha und 14,6 ha reichende unterirdische Einzugsgebiet des Pegels FR-205-051 würde bei einem potentiellen Einzugsgebiet von 7 ha den Pegel FR-205-052 kaum noch erfassen. Somit wäre abzuwägen ob eine Veränderung hinsichtlich einer Grundwasserabsenkung oder eines Ansteigens unter Umständen nachzuweisen wäre, oder liegt eine Grundwassersättigung vor. Unter Einbeziehung der Grundwasserstände in den benachbarten Pegeln erfolgt ein Grundwasserabstrom mittels hydrogeologischen Dreiecks in W' bzw. NW' Richtung. Das nach W abfließende Grundwasser aus dem Steinbruch speist den dort beginnenden Vorfluter Mandelbaach. Somit sollte die bereits ermittelte Grundwasserfließrichtung durch einen Tracerversuch zwischen den Meßstellen und dem Mandelbaach manifestiert werden. Die Durchführung des Tracerversuchs ist im nachfolgenden Kapitel 2.2 erläutert.

Hinweis: Eine Messung des Grundwasserstandes in der Bohrung FR-205-051 konnte zu Beginn des Pumpversuches nicht durchgeführt werden, da das Kabellichtlot in der Verkabelung der Pumpe feststeckte. Zusätzlich zum Pumpversuch wurden in der Bohrung FR-205-051 und FR-205-052 Diver eingehängt.

2.2 Tracerversuch

Im Januar 2006 bis März 2006 wurde die Grundwasserfließrichtung im Steinbruch Brouch durch vier Grundwassermeßstellen bestimmt. Anhand der Meßdaten ließ sich ein Grundwasserabstrom in W' und NW' Richtung ermitteln. Somit speisen die versickernden Niederschläge den NW'/W' vom Steinbruch entspringenden Mandelbaach zum einen als Oberflächenwasser und zum anderen als Grundwasser. Mit Hilfe eines Tracerversuches (Farbtracer) soll die ermittelte Grundwasserfließrichtung

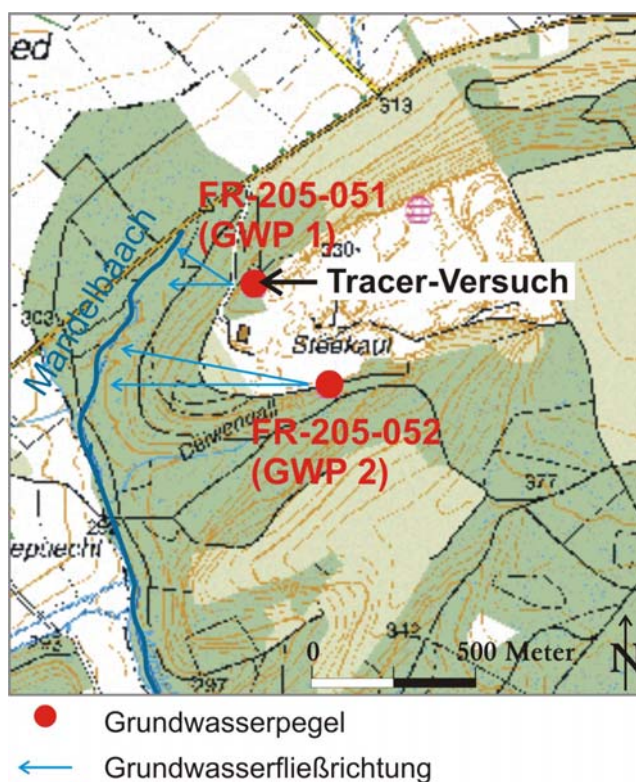


Abb. 4: Tracer-Versuch – Lage des Meßpegels zum Mandelbaach

manifestiert werden. In der Abbildung 4 sind zwei Grundwassermeßstellen für den Tracerversuch angegeben. Der Pegel FR-205-051 würde sich aufgrund der geringen Distanz von ca. 220 m zum Mandelbaach für diesen Versuch am besten eignen. Der Pegel FR-205-052 liegt ca. 460 m vom Mandelbaach entfernt.

Konzept

Der Tracerversuch soll mittels eines Farbtracers (z.B. Uranin), welcher ein sehr hohes Färbvermögen besitzt und bereits in sehr geringen Konzentrationen nachweisbar ist, durchgeführt werden:

optisch:	bis 10 mg/l (in klaren Wasser)
mittels Analysenquarzlampe:	bis 0,1 mg/l
mittels Aktivkohle aus einer 5 l-Probe:	bis 0,01 mg/l (zeitaufwendig)

Fluoreszenzstärke vom pH-Wert abhängig

pH = 9	99 % der größtmöglichen Fluoreszenz
pH = 7	80 % der größtmöglichen Fluoreszenz
pH = 4	10 % der größtmöglichen Fluoreszenz

Hierzu wird im Pegel FR-205-051 das Farbpulver eingegeben, welches dann aufgrund der W' / NW' Grundwasserfließrichtung im Mandelbaach nachzuweisen wäre. Mengenangaben bzw. die Berechnung der Tracer-Menge sind bei LUCKNER & SCHESTAKOW (1986) oder HÖLTING (1992) nachzulesen – Parameter wie Länge der Durchmischungsstrecke, Volumen des betroffenen unterirdischen Gewässers, Fließ-/Filtergeschwindigkeit, pH-Wert und Morphologie sollten vorher ermittelt werden. Bei der Verwendung von Uranin ist darauf zu achten, daß bei einem pH-Wert < 5 der Farbstoff zerstört wird.

Die Grundwassermarkierung durch einen Tracer-Versuch ist bei den entsprechenden Behörden anzumelden und genehmigen zulassen. Bei der Durchführung des Tracer-Versuchs sollten folgende Angaben schriftlich festgehalten werden:

- wo und wann findet der Versuch statt
- Auswahl des entsprechenden Pegels mit Pegelausbau
- Messungen des pH-Wertes, Wassertemperatur, Leitfähigkeit und chemische Wasserzusammensetzung

- Zeitpunkt der Eingabe des Färbemittels in den entsprechenden Pegel
- Grundwasserverhältnisse (gespannt, ungespannt)
- Hier: Beobachtung und zeitliche Erfassung des Austretens des Färbemittels im Mandelbaach

Hinweis: Der Farb-Tracerversuch ist ein einfacher und rascher Nachweis des Grundwasserabstroms und noch in sehr großer Verdünnung im Wasser nachweisbar und ist aus ökologischer Sicht unbedenklich - sehr gute Löslichkeit im Wasser. Des weiteren entstehen sehr geringe Kosten, welche sich lediglich auf das Färbemittel beziehen.

2.3 Schichteinfallen und Kluftsysteme im Luxemburger Sandstein

Um genaue Aussagen über die Wasserwegsamkeiten und damit über die Fließrichtung des Grundwassers innerhalb der rezenten Abbaufäche und im Bezug auf eine Beeinflussung der Quellen treffen zu können, wurden neben den Meßdaten der Grundwassermessstellen das Schichteinfallen wie auch das Kluftsystem geologisch eingemessen.

Im rezenten Steinbruch Brouch wurde das Schichteinfallen geologisch eingemessen und ist in der Anlage 4 einzusehen. Bei den Messungen konnte ein Schichteinfallen an der E-Wand im nördlichen Bereich des Steinbruchs in SWS-Richtung (200° - 212°) und in Richtung S ein Einfallen in W' Richtung ermittelt werden. An der N-Wand des Steinbruchs fallen die Schichtflächen nach SE / SSE (135° - 167°) und an der S-Flanke nach NNW (340° - 358°) ein. Aus diesem Schichteinfallen und aus den lithologischen Daten der Grundwassermessstellen ergibt sich innerhalb des Steinbruchs eine ENE-WSW streichende Muldenstruktur. In SW-Richtung wird die Mulde von einer Antiklinale (Sattelstruktur) abgelöst, welche NE-SW streicht. Im Kapitel 2.5 der Abbildung 14 werden die Mulden- und Sattelstruktur deutlich am Top der Psilonotenschichten nachgezeichnet.

E' des rezenten Steinbruchs Brouch wird der Luxemburger Sandstein von den Kalken und Mergel von Strassen überlagert. Im Januar 2006 wurden Bohrungen zur Erkundung der Mächtigkeit der Kalke und Mergel durchgeführt. Im Auftrag des Steinbruchs Brouch erfolgte die geodätische Einmessung der Bohrpunkte im März 2006 durch die Firma Kneip, Luxemburg. In der Abbildung 5 ist ein Ausschnitt des vermessenen Steinbruchs und der angrenzenden

Erweiterungsfläche einschließlich der Dolinen einzusehen. Weiterhin ist die lithologische Grenze zwischen Luxemburger Sandstein und Kalke und Mergel von Strassen graphisch dargestellt. Aus den Bohrdaten ergibt sich eine Muldenstruktur, welche sich aus der rezenten Abbaufäche in die Erweiterungsfläche fortsetzt.

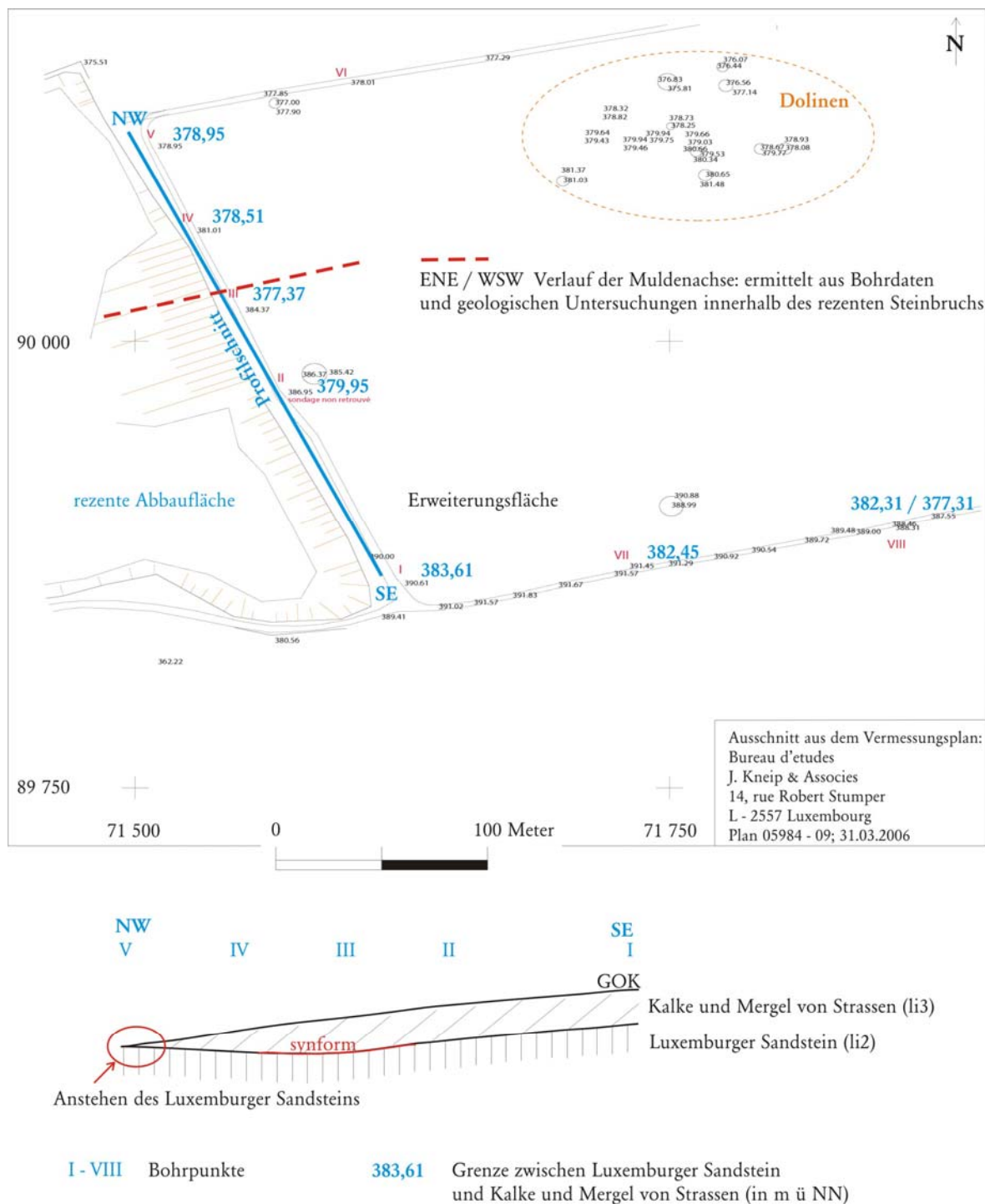


Abb. 5: Verlauf der Muldenachse im Bereich der rezenten Abbau- und Erweiterungsfläche

Das potentielle Einzugsgebiet der Vorfluter Mandelbaach und Eisch und den Quellaustritten Fielsbour und Sulgen umfassen den Reckenerwald. In den Tälchen, welche den Reckenerwald E', S' und NW' begrenzen, sowie auf dem Plateau des Reckenerwaldes wurden am anstehenden Luxemburger Sandstein das Schichteinfallen und das Kluftsystm eingemessen. Dabei verhält sich die Streichrichtung der Klüfte innerhalb der Tälchen oftmals äquivalent zu deren Streichen - hier müssen neben den tektonisch entstandenen Kluftsystmen auch die Entlastungsklüfte berücksichtigt werden.

Die geologischen Messungen der Kleinkluftsystme des Luxemburger Sandsteins innerhalb des Reckenerwaldes ergaben folgende Streichrichtungen.

1. nördlicher Reckenerwald

Hauptklufrichtung	NNE/SSW, E/W bis ESE/WNW
untergeordnet	SSE/NNW

2. südlicher Reckenerwald

Hauptklufrichtung	NE/SW
untergeordnet	NNE/SSW, SE/NW und ESE/WNW

3. Großklüfte

Klufrichtung	NE/SW, SE/NW, ESE/WNW
--------------	-----------------------

Aus den Meßdaten ergibt sich für das Kluftsystm des Luxemburger Sandsteins zwei Hauptstreichrichtungen von NNE/SSW bis NE/SW und SE bis E/W. Weiterhin wurde der Fallwinkel mit 75° bis 90° gemessen. Dabei liegt die Fallrichtung der Klüfte hauptsächlich zwischen E und S und ist somit dem Schichteinfallen des Luxemburger Sandsteins in SE' Richtung gleich. Aus der Anlage 4 kann die Streich- und Fallrichtung der Schicht- und Kluftflächen entnommen werden.

Aus dem Einfallen der Schichtflächen gehen tektonische anti- und synforme Strukturen hervor, welche nicht nur innerhalb und SW' des Steinbruchs hervorgehen, sondern auch im Reckenerwald wiederzufinden sind. Das Schichteinfallen spiegelt mehrere aufeinanderfolgende tektonischer Vorgänge wieder. Die tektonischen Strukturen entsprechen dem im Variszikum angelegten Faltenstrukturen und einer Extensionstektonik innerhalb eines großen Senkungs-

gebietes mit der Anlage von Staffelbrüchen, welche vorwiegend NE/SW und NNE/SSW streichen und einer nachfolgenden Heraushebung des Gebietes durch die Aufwölbung des Rheinischen Schiefergebirges.

Die Klüftigkeit (Kleinklüfte) des Luxemburger Sandsteins wurde nach ingenieurgeologischen Richtlinien bestimmt und ist je nach Mächtigkeit der Sandsteinschichten sowie der mineralogischen Zusammensetzung (hier der Karbonatgehalt) verschieden. In dünnbankigen, meist durch Karbonat verfestigten und in deutlich lockeren, dickbankigen bis massigen Sandsteinhorizonten liegt der Zerklüftungsgrad bei stark (Z') bis deutlich bis stark (Z-Z'). Bei mittel- bis dickbankigen (30 cm) Sandhorizonten ist der Zerklüftungsgrad deutlich (Z) bis schwach bis deutlich (Z₀-Z). Weiterhin

konnte anhand von unzähligen Aufschlüssen im Reckenerwald festgestellt werden, daß der Hangendbereich des Sandsteins sehr kompakt ausgebildet ist. Hier konnten nur geringe Messungen an Schicht- und Kluftflächen vorgenommen werden. Im Steinbruch ist das Hangende des Sandsteins durch eine deutliche Schrägschichtung charakterisiert (s. Abb. 6).

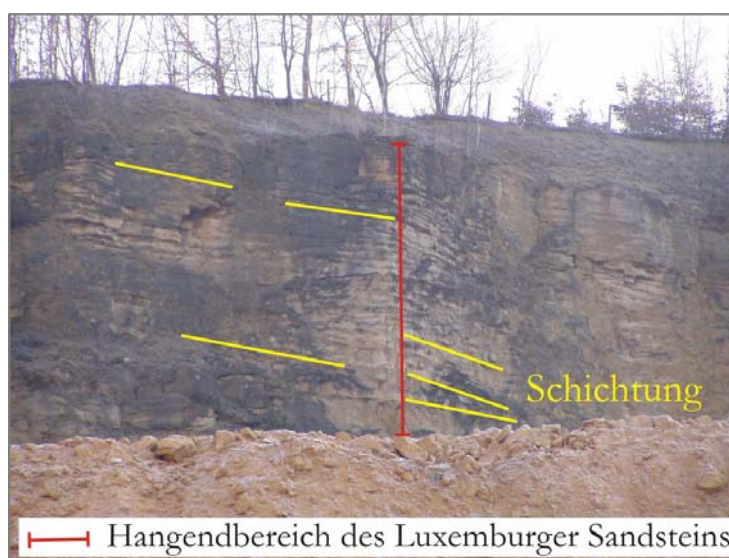


Abb. 6: Schrägschichtung im Hangenden des Luxemburger Sandsteins innerhalb der rezenten Abbaufäche des Steinbruchs Brouch

In Richtung Liegendes des Sandsteins nimmt die Bankung bzw. Horizontalausbildung sowie Klüftigkeit stark zu. Eine scheinbar vorwiegend horizontale Schichtung mit wechselnden stark kalkigen, festen Sandsteinhorizonten und mäßig karbonathaltigen Sandsteinen konnte beobachtet werden (s. Abb. 7).

Abb. 7: Horizontalschichtung des Luxemburger Sandsteins innerhalb der rezenten Abbaufäche des Steinbruchs Brouch



In der Abbildung 8 ist die Überlagerung des Luxemburger Sandsteins mit den Kalken und Mergeln von Strassen (li3) dargestellt. Deutlich ist im Hangenden des Sandsteins die Schrägschichtung zu erkennen.

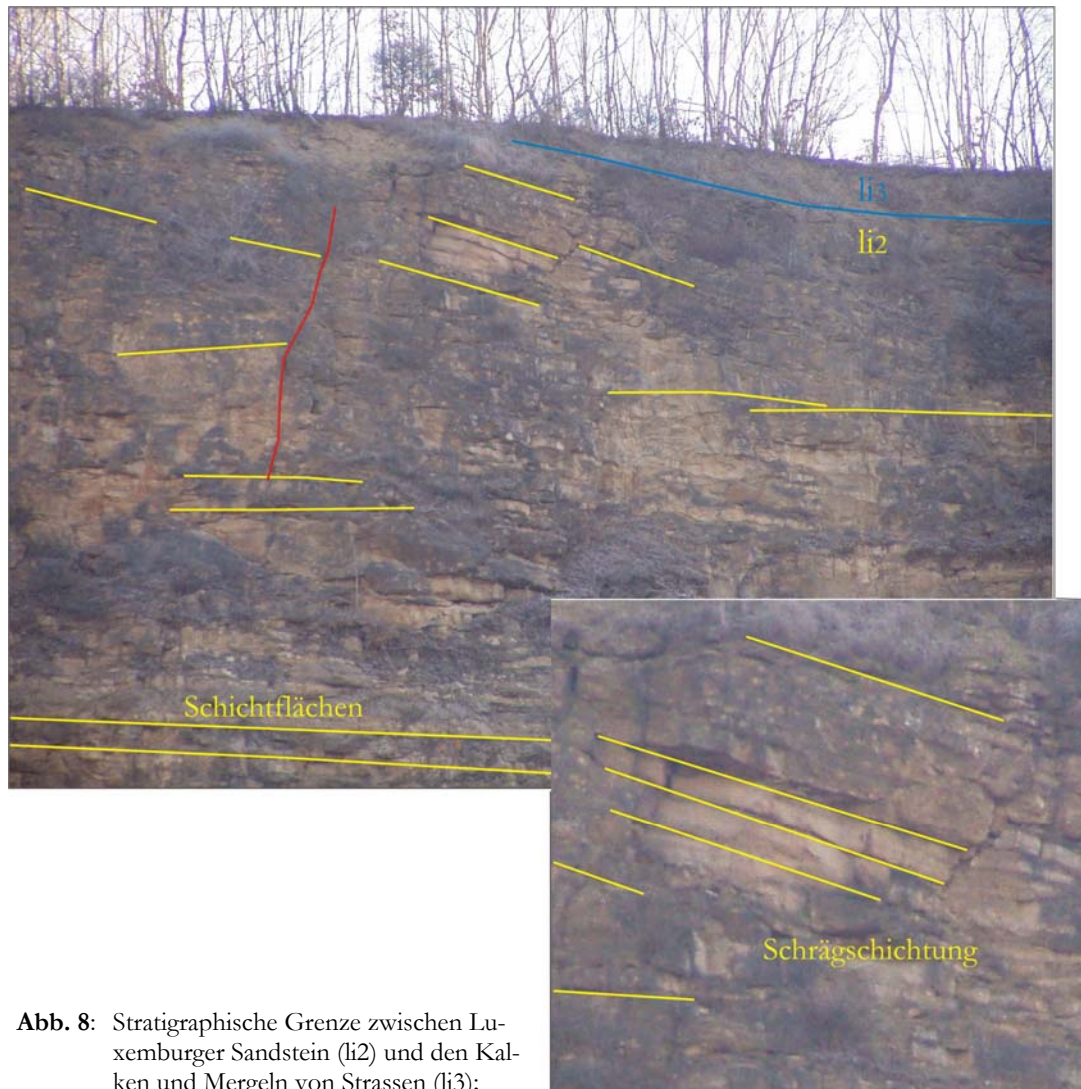


Abb. 8: Stratigraphische Grenze zwischen Luxemburger Sandstein (li2) und den Kalken und Mergeln von Strassen (li3);

2.4 Sedimentologische Aufnahme des Luxemburger Sandsteins

Das potentielle ober- und unterirdische Einzugsgebiet der Fielsbourquellen und der Quelle Sulgen befinden sich innerhalb des Reckenerwaldes. Hier steht hauptsächlich der Luxemburger Sandstein an, welcher lediglich E' der rezenten Abbaufäche von den Kalken und Mergeln von Strassen überlagert wird. An der NNW / SSE streichenden Wand der rezenten Abbaufäche ist die stratigraphische Grenze zwischen den beiden geologischen Einheiten gut zu verfolgen (s. Abb. 8). Unterlagert wird der Luxemburger Sandstein von den grundwasserstauenden

Psilonotenschichten. An der Grenze Grundwasserleiter (Luxemburger Sandstein) und Grundwassernichtleiter (Psilonotenschichten) treten in den Tälchen durch den Anschnitt des Grundwasserleiters Schichtquellen aus.

Der Luxemburger Sandstein wurde nach geologischen und hydrologischen Aspekten in zwei lithologische Gesteinsserien gegliedert. Eine solche Gliederung ist auf Grund der unterschiedlichen Gesteinsparameter, vor allem in Bezug auf die Versickerung und Speicherkapazität des Luxemburger Sandsteins, erforderlich. Im nachfolgenden wird kurz der lithologische Aufbau des Luxemburger Sandsteins anhand der im Steinbruch Brouch vorhandenen Aufschlußwände und der im Reckenerwald sowie in den Tälchen Mandelbaach und Eisch anstehenden Sandsteins dokumentiert.

Im allgemeinen ist der Luxemburger Sandstein durch einen lithologischen Wechsel zwischen sandigem Sandstein und hellem, kalkigem Sandstein charakterisiert (s. Abb. 9). Im unverwitterten Zustand ist der Sandstein grau. Durch Oxidation des im Sandstein enthaltenen Pyrits färbt sich der Luxemburger Sandstein gelb bis hin zu rötlichen Oxidationshorizonten. Aus den Angaben von Bohrungsdaten wie auch durch Bagger-schürfe innerhalb des Steinbruchs folgt unterhalb der abbauwürdigen Gesteinsschichten ein sehr lockerer Sandstein - es ist ein geringes karbonatisches Zwischenmittel anzunehmen. Im Bereich zu den unterlagernden Psilonotenschichten (Mandelbaachtal) konnten festere Sandsteinbänke und auch stark kalkige Sand-



Abb. 9: Luxemburger Sandstein – Wechsel zwischen hellen, kalkigen und sandigen Sandsteinhorizonten (Fazies 2)

steinhorizonte unterschiedlicher Mächtigkeit lokalisiert werden. Diese lithologische Abfolge (Fazies 1), bestehend aus lockerem Sandstein und Sandsteinbänken, stellt das Liegende des Luxemburger Sandsteins dar und wird auf eine Mächtigkeit von 15 m bis 20 m geschätzt.

Über der Fazies 1 des lockeren Sandsteins folgen Sandsteinhorizonte mit unterschiedlichem Karbonatgehalt und Mächtigkeit (s. Abb. 10). Diese lithofazielle Serie wird als Fazies 2 bezeichnet. Die lithologische Abfolge der Fazies 2 wird von einem dunkelgrauen bis schwarzen und sehr spröden Horizont durchzogen. Dieser zwischengeschaltete, mergelige Sandsteinho-

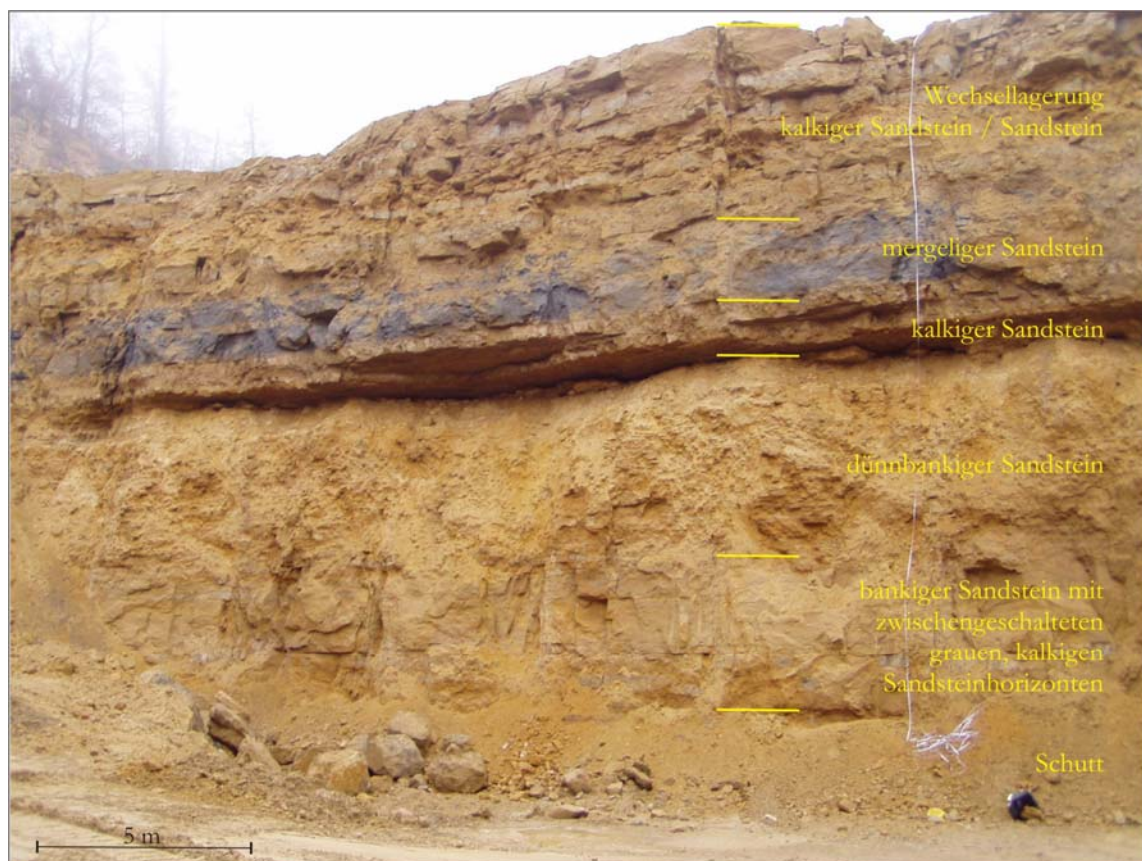


Abb. 10: Lithologische Abfolge (Fazies 2) des Luxemburger Sandsteins im Liegendbereich – unterste Abbaufläche im Steinbruch Brouch;

horizont ist im gesamten Steinbruch mit einer Mächtigkeit von ca. 150 cm zu verfolgen (s. Abb. 10 und 11). Im mergeligen Sandstein sind wie auch in den über- und unterlagernden Sandsteinen diffus verteilte Holzkohlefritter enthalten. Teilweise ist eine schwache, flaserige Schichtung im mm-Bereich vorhanden. Die dunkelgrauen Schlieren aus schluffigem Material umfließen dabei die mergeligen Sandlinsen. Die Bildung dieser flaserigen Schichtung ist ein diagenetischer Effekt, welcher durch Kompaktion hervorgerufen wurde. Unterlagert wird dieser mergelige Sandstein von einem dünnen, kalkigen und fossilführenden Sandsteinhorizont (s. Abb. 11). Der dunkelgraue, sehr harte, mergelige Sandsteinhorizont wurde geodätisch eingemessen. Daraus ergab sich ein Schichteinfallen nach E, welches die Muldenstruktur innerhalb des Steinbruchs bestätigt. Die Messung zum Einfallen des Horizontes erfolgte parallel zu den Bohrungen FR-206-011 und -012 dabei.

Die sandigen Sandsteinbänke sind durch einen lockeren Kornverband charakterisiert. Innerhalb der Bänke ist eine deutliche Laminierung erkennbar, welche sowohl horizontal als auch schräg ausgebildet ist (s. Abb. 12). Horizonte mit starker Schluffanreicherung durch Kompaktion zeigen ebenfalls deutlich Oxidationsmerkmale (s. Abb. 13).

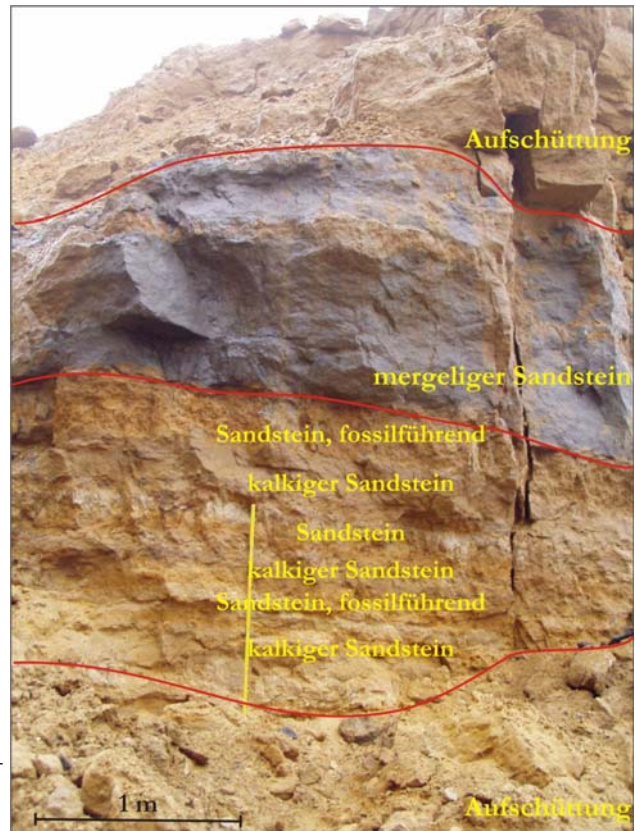


Abb. 11: dunkelgrauer, mergeliger Sandstein mit unterlagernden fossilführenden Sandsteinhorizonten



Abb. 12: Sandsteinhorizonte sind feinlaminiert; deutlich sichtbare Oxidationsbändchen



Abb. 13: Schichtflächen sind deutlich durch schluffige Oxidationsbändchen markiert

Die Fazies 2 ist weiterhin durch stark bis deutlich zerklüftete Sandsteinhorizonte charakterisiert. Dabei sind die mächtigeren Horizonte weniger stark zerklüftet. Weiterhin ist der Sandstein durch einen bedeutend festeren Kornverband in Folge eines zunehmenden Karbonatgehaltes (im Steinbruch) charakterisiert. Es treten sehr feste Horizonte mit kieseligem Bindemittel oder kieseligen Konkretionen innerhalb des Sandsteins auf.

2.5 Das potentielle Einzugsgebiet der Fielsbourquellen und der Quelle Sulgen

In der Abbildung 14 sind das oberirdische Einzugsgebiet der Quellen und deren räumliche Lage zum rezenten Steinbruch sowie zur geplanten Abbaufäche dargestellt. Weiterhin sind die Grundwassermessstellen von GEOSON (hier mit FR-205-051 bis -053 bezeichnet) und der zwei neuen Grundwassermesspegel vom Service Géologique du Luxembourg vermerkt.

Die Fielsbourquellen befinden sich ca. 1600 m S' bzw. SSE' und die Quelle Sulgen liegt ENE' des rezenten Steinbruchs wie auch der geplanten Erweiterungsflächen A bis D (s. Abb. 14).

Die Quellaustritte (Schichtquellen) markieren die Grenze zwischen dem Luxemburger Sandstein und den Pylonotenschichten. Um von einer hydrogeologischen Gefährdung der Quellen sprechen zu können, müssen aus den hydro- und strukturgeologischen Daten das oberirdische und vor allem das unterirdische Einzugsgebiet analysiert und festgelegt werden.

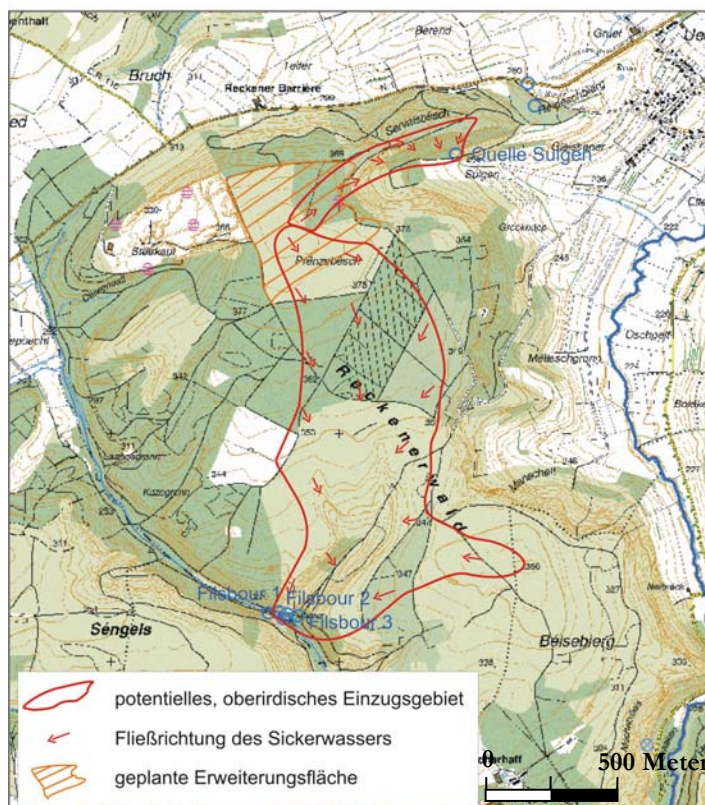


Abb. 14: Graphische Darstellung des oberirdischen Einzugsgebietes der Fielsbourquellen und der Quelle Sulgen im Zusammenhang mit der Erweiterungsfläche des Steinbruchs Brouch

Die Erweiterungsfläche wird sowohl von einer Sattel- als auch von einer Muldenstruktur durchzogen, wobei die Antiform topographisch nachgezeichnet wird. Im Bereich der Erweiterungsfläche wird der Luxemburger Sandstein (li2) von den Kalken und Mergeln von Strassen (li3) überlagert. In der Abbildung 14 ist für die Fielsbourquellen wie auch der Sulgenquelle das oberirdische Einzugsgebiet dargestellt. Das oberirdische Einzugsgebiet wird anhand der Oberflächenmorphologie, demzufolge der Höhenlinien, festgelegt. Daraus ergibt sich für die Quellgruppe Fielsbour ein oberirdisches Einzugsgebiet, welches im S' Bereich der geplanten Erweiterungsfläche und somit auch S' der Sattelstruktur beginnt und sich in S' Richtung bis zu den

Wasseraustrittsstellen erstreckt. Für die Quelle Sulgen erstreckt sich das oberirdische Einzugsgebiet vom E' Bereich der Erweiterungsfläche über die SE-Flanke eines Waldgebietes.

Die Grundwasserfließrichtung wurde aus dem Schichteinfallen des Luxemburger Sandsteins sowie den unterlagernden Psilonotenschichten, den Grundwasserpegelständen in den Grundwassermeßstellen, dem Niveau der Wasseraustrittsstellen und den Wasserwegsamkeiten innerhalb des Luxemburger Sandsteins ermittelt. Das Schichteinfallen des Luxemburger Sandsteins sowie der Psilonotenschichten erfolgt generell in SE' Richtung (s. Abb. 15). Weiterhin wird das Schichteinfallen durch Anti- und Synformen sowie Verwerfungen bestimmt.

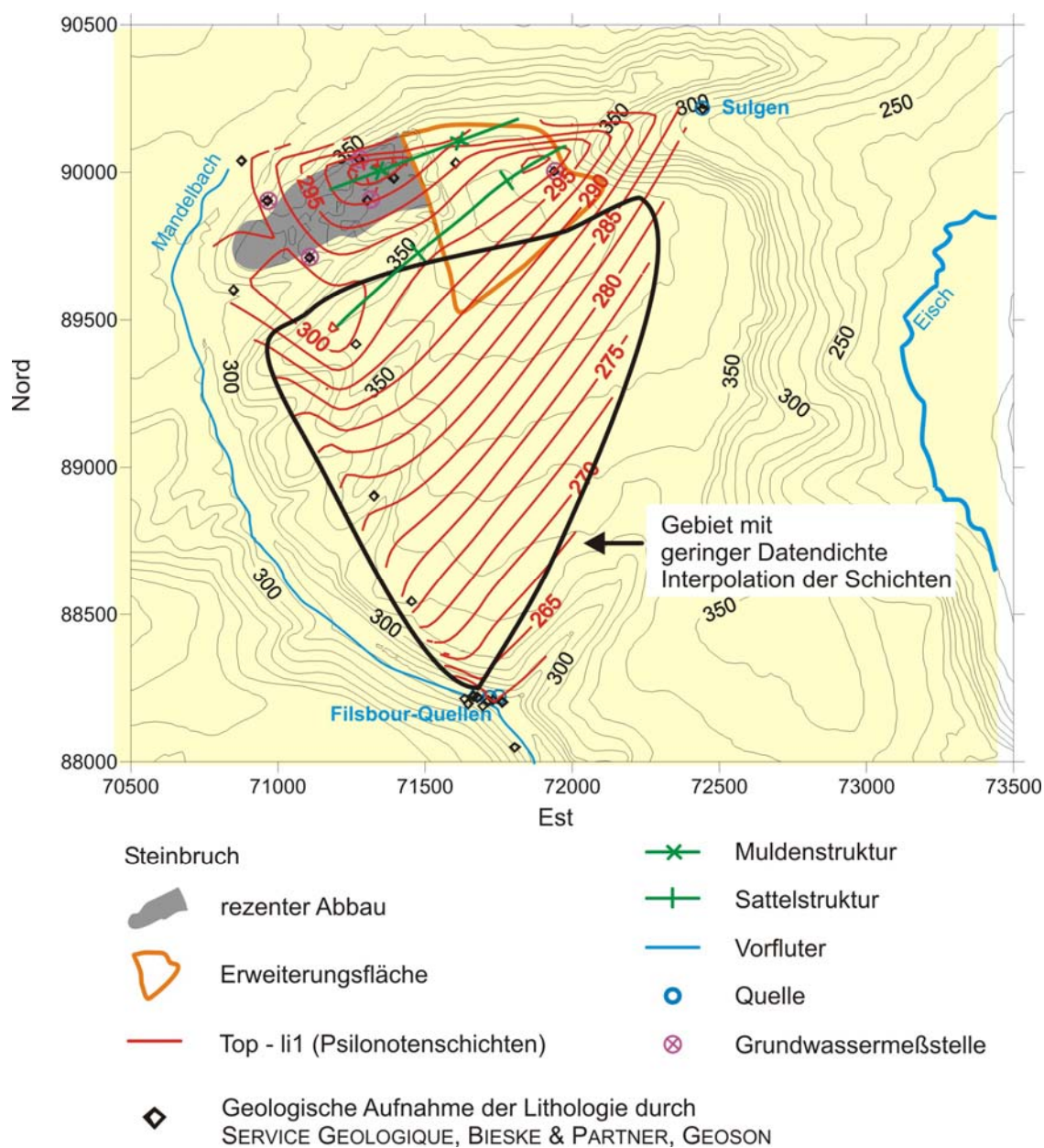


Abb. 15: Graphische Darstellung des Schichteinfallens der Psilonotenschichten und Darstellung der Mulden- und Sattelstrukturen (Surfer 8 nach der Gridding Methode Natural Neighbor)
Höhenangaben in m ü NN

Am Quellaustritt Sulgen wurden zwischen den Jahren 1990 und 2005 Schüttungen zwischen 300 m³/d und 500 m³/d gemessen. Dabei lagen die höchsten Schüttungswerte im Jahr 2001 und die niedrigsten im Oktober 1993 (192 m³/d). Aus den Meßwerten ergibt sich ein unterirdisches Einzugsgebiet zwischen 36 ha und 122 ha – bei einer angenommenen Infiltration zwischen 20 % und 30 % und Jahresniederschlägen von 750 mm/a bis 1000 mm/a. In der Tabelle 3 sind die Quellschüttungen seit 1990 aufgeführt.

Tab. 3: Quellschüttung der Sulgenquelle in den Jahren 1990 bis 2005			
Datum der Messung	Schüttung in m ³ /d	Datum der Messung	Schüttung in m ³ /d
15.03.1990	384	18.06.1998	346
03.07.1990	384	27.10.1998	432
16.10.1990	314	05.05.1999	230
01.02.1991	346	24.08.1999	219
05.06.1991	346	09.02.2000	314
23.09.1991	314	24.05.2000	345
31.01.1992	314	28.09.2000	326
26.06.1992	314	01.02.2001	165
06.10.1992	230	15.06.2001	467
15.02.1993	230	23.10.2001	494
19.10.1993	192	01.03.2002	455
03.02.1994	266	11.06.2002	210
13.05.1994	314	10.09.2002	237
17.10.1994	266	20.03.2003	314
10.02.1995	266	27.06.2003	314
09.05.1995	384	26.09.2003	339
08.11.1995	216	16.04.2004	283
27.03.1996	314	02.07.2004	360
06.06.1996	366	17.12.2004	368
23.09.1996	384	07.04.2005	314
04.03.1997	314	05.07.2005	298
14.07.1997	384		
10.12.1997	216		

Die Einfallrichtung der Schichten wurde mittels Geologenkompaß, den Schichtenverzeichnissen der einzelnen Bohrungen und den Quellaustritten ermittelt. Dabei konnte, wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln erwähnt, im Bereich der rezenten Abbaufäche eine Muldenstruktur lokalisiert werden. Diese Mulde erstreckt sich bis in die geplante Abbaufäche. S' dieser tektonischen Struktur wird die Erweiterungsfläche von einer Sattelstruktur gequert. Beide tektonischen Strukturen sind äquivalent dem regionalen Schichtstreichen des Luxemburger Sandsteins sowie dem variszisch angelegten Untergrund. Ähnlich dem Schichteinfallen der Pylonotenschichten konnte der Grundwasserabstrom aus hydrologischen Daten erstellt werden (s. Abb. 16).

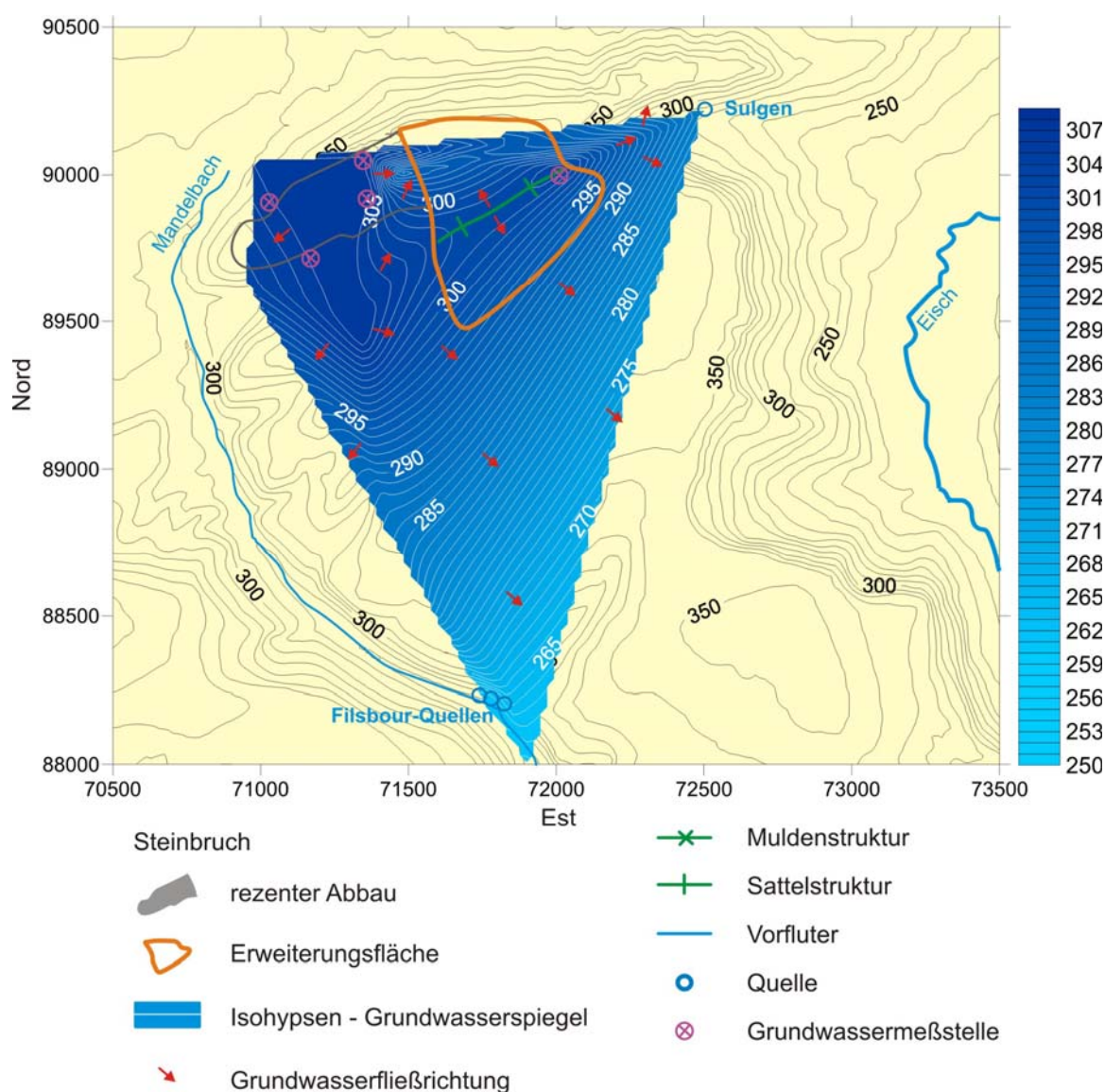


Abb. 16: Graphische Darstellung der Grundwasserfließrichtung und Darstellung der Mulden- und Sattelstrukturen (Surfer 8 nach der Gridding Methode Natural Neighbor)

Aus der graphischen Darstellung zum Schichteinfallen einschließlich tektonischer Strukturen und der Grundwasserfließrichtung im Bereich des rezenten Steinbruchs sowie der geplanten Erweiterungsfläche wird die Wirksamkeit der hydrogeologischen Barriere der Sattelfläche hinsichtlich einer hydrologischen Beeinflussung der Quellgruppe Filsbour deutlich. Eine Hydrologische Beeinflussung anhand der ermittelten Grundwasserfließrichtung ist somit nicht gegeben. Selbiges trifft für den Quellaustritt Sulgen zu. Hier liegt das unterirdische Einzugsgebiet im N bis NNW vorgelagertem Waldgebiet.

Neben der Analyse des Grundwasserspiegels mittels Isohypsenplan kann die Wasserwegsamkeit in Abhängigkeit zur Hauptklufttrichtung des Luxemburger Sandsteins vernachlässigt werden. Eine Vernachlässigung beruht auf der lithologischen Abfolge des Luxemburger Sandsteins, welcher im Liegenden (Fazies 1) aus einem sehr lockeren Sandstein besteht und hier kaum noch durch Kluftvernetzungen geprägt wird. Hier kann von einem horizontalen Grundwasserabstrom folgend dem Schichteinfallen des Luxemburger Sandsteins und der unterlagernden Psilonotenschichten ausgegangen werden.

3 **Interpretation einer hydrogeologische Gefährdung der Quellen durch die Erweiterung des Steinbruchs**

Steinbruch Brouch

Die Grundwasserfließrichtung innerhalb der rezenten Abbaufäche ist nach NW bis W gerichtet. Das Oberflächenwasser bewegt sich entlang der topographischen Strukturen und fließt von der Abbaufäche nach NW, W und SW dem Mandelbaach zu. Der Grundwasserabstrom steht in Abhängigkeit zum Einfallen der Schichtflächen des Luxemburger Sandsteins. Das regionale Schichteinfallen und somit die Grundwasserfließrichtung wird zusätzlich durch tektonische Strukturen wie Syn- und Antiformen bestimmt.

Die Grundwasserfließrichtung innerhalb der Erweiterungsfläche wird von einer ENE / WSW streichenden Muldenstruktur im nördlichen Bereich und einer sich im S der Mulde anschließenden NE / SW streichenden Sattelstruktur bestimmt. Das Tiefste der Mulde befindet sich im Übergangsbereich rezenten Steinbruch / Erweiterungsfläche. Ein Abstrom des Grundwassers im Bereich der Sattelstruktur erfolgt zum einen nach NNW in die Mulde und zum anderen nach und SSW.

Quellgruppe Fielsbour

Die Quellgruppe Fielsbour befinden sich SSE' vom rezenten Abbau des Steinbruchs Brouch und S' der geplanten Abbaufäche A bis D der Firma Feidt. Nach der Auswertung der hydro- und strukturgeologischen Verhältnisse im Reckenerwald wird die Grundwasserfließrichtung hauptsächlich vom Schichteneinfallen der Psilonotenschichten sowie des Luxemburger Sandsteins und durch eine Sattelstruktur, welche SE' des rezenten Steinbruchs und unmittelbar durch die geplanten Abbaufäche verläuft, bestimmt. Der Grundwasserabstrom von der geplanten Abbaufäche erfolgt in SE' Richtung, wodurch das unterirdische Einzugsgebiet der Quellgruppe nicht durch eine Erweiterung des Steinbruchs hydrologisch beeinflußt wird.

Quelle Sulgen

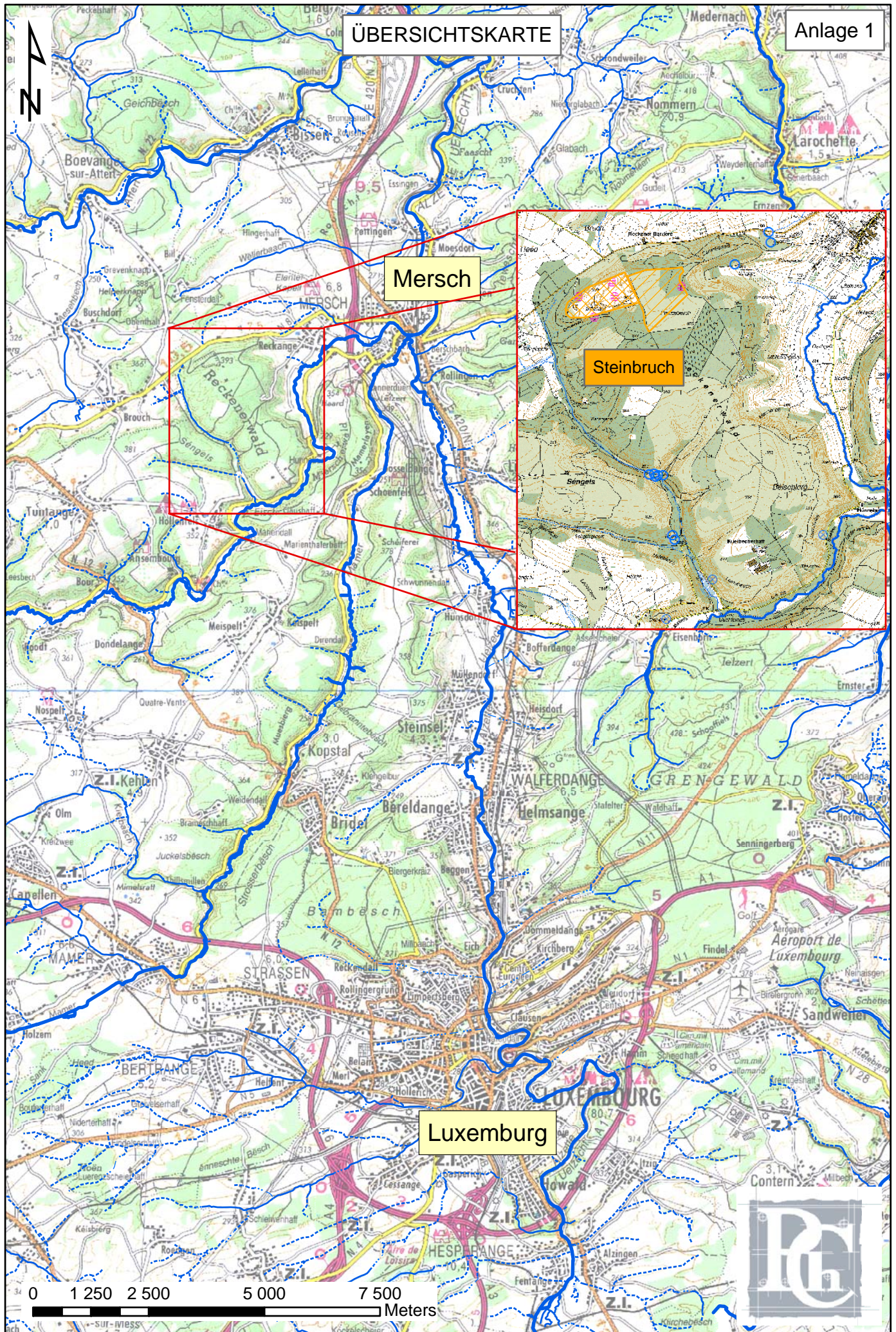
Die Sulgenquelle befindet sich ca. 550 m ENE' der Erweiterungsflächen A bis D. Wie bereits erwähnt wird die Erweiterungsfläche von einer ENE / WSW streichenden Muldenstruktur im nördlichen Bereich charakterisiert. Dabei liegt der tiefste Punkt der Mulde im Übergangsbereich rezenter Steinbruch / Erweiterungsfläche.

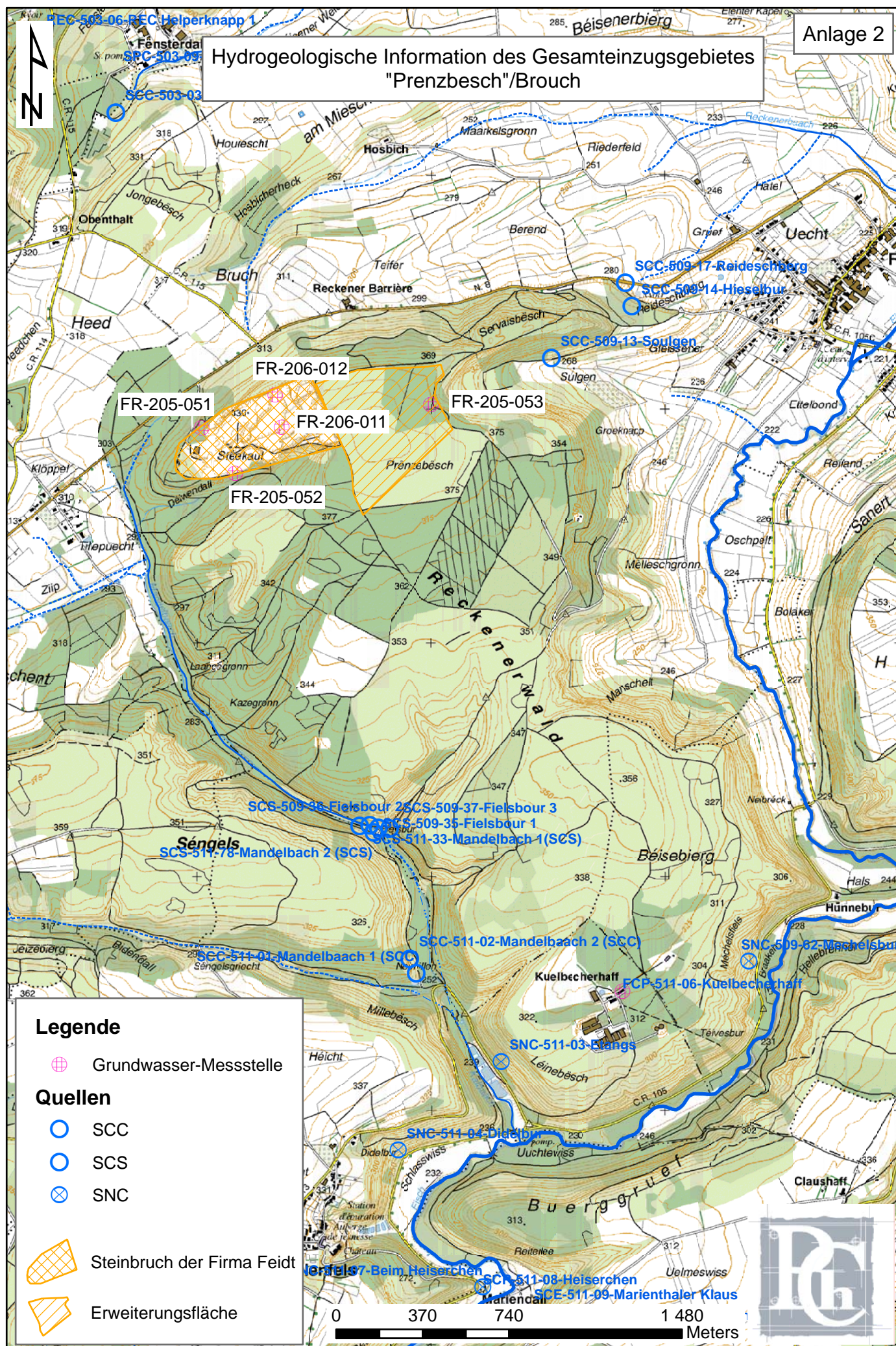
Die Erweiterungsfläche liegt nach hydro- und strukturgeologischer Auswertung außerhalb des unterirdischen Einzugsgebietes, wodurch auch hier eine hydrologische Beeinflussung der Sulgenquelle ausgeschlossen werden kann.

Luxemburg, 29.07.06

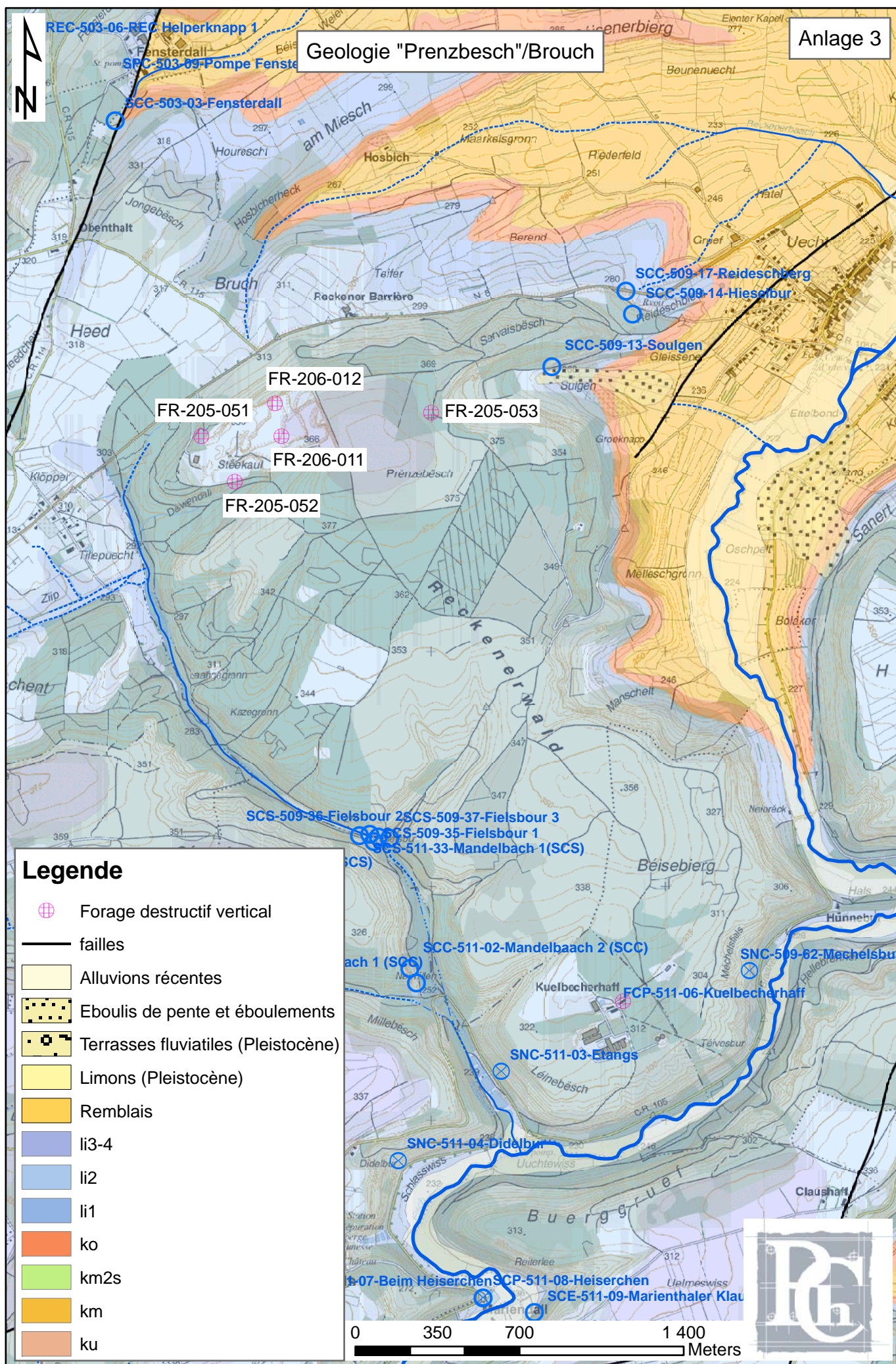
Dr. Petra Münzberger
self-employed geologist

Anlagen





Geologie "Prenzbesch"/Brouch



Einfallen und Streichen der Schicht- und Klufflächen im Gesamteinzugsgebiet "Prenzbesch"/Brouch

Anlage 4

