

Hr. Dipl.-Ing. L. Meyers  
Kurbrunnenstr. 28  
Aachen

ge.eau GmbH

Technologiezentrum am Europaplatz  
Dennewartstraße 25-27  
52068 Aachen

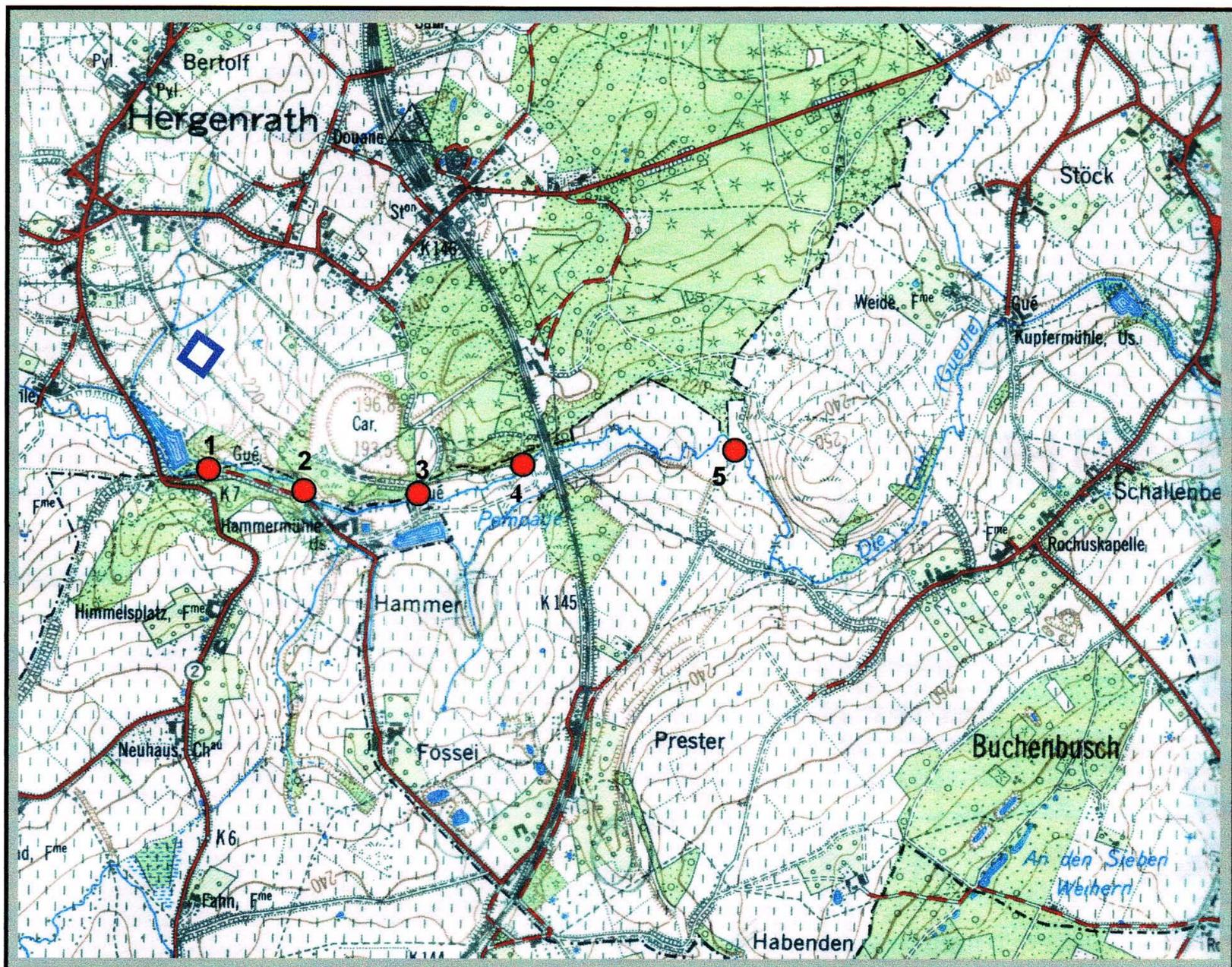
Telefon +49 (0) 2 41.98135 17  
Fax +49 (0) 2 41.96316 05  
Mobil +49 (0) 176.23574074  
E-mail wimmer@ge-eau.de  
Internet www.ge-eau.de

Commerzbank Aachen  
BLZ 39040013  
Konto 120775200

Geschäftsführer: Dr. Guido Wimmer  
HRB 12647  
Amtsgericht Aachen

### Betrachtung der Vorflutverhältnisse und Aquifereigenschaften im Bereich des ehemaligen Kalksteinbruchs Hergenrath

Der ehemalige Steinbruch Hergenrath befindet sich südlich von Hergenrath, westlich der Bahnlinie Welkenraedt / Aachen und rd. 150 m nördlich der Gueule. Die Steinbruchsohle befindet sich laut topographischer Karte auf einem Niveau zwischen 196.8mü.NN im NW und 196mü.NN im SE der Abbaufäche. Der Geländeeinschnitt beträgt somit rd. 30m.



**Abb.1:** Lageplan mit eingetragenen Messpunkten (rot) der Abflussmessungen. Die Fließrichtung der Gueule ist Ost –West gerichtet. Die WGA Putzenwinkel (Raute) befindet sich WNW des alten Steinbruchs.

Die unmittelbar südlich verlaufende Gueule stellt den nächsten Hauptvorfluter dar, der das Gesamtgebiet zwischen der nördlich gelegenen Grenze zu Deutschland im Raum Eynatten, Hauset und Hergenrath entwässert. Im Bereich südlich des Steinbruches befindet sich das Bachbettniveau zwischen 205 und 210mü.NN.

Sofern die Gueule in diesem Bereich eine Vorflutfunktion besitzt kann davon ausgegangen werden, dass der Grundwasserspiegel in diesem Bachabschnitt ein gleiches Niveau bezogen auf mü.NN besitzt und senkrecht zur Fließrichtung des Baches in Abhängigkeit der Morphologie und den hydraulischen Eigenschaften des Untergrundes ansteigt.

Die seit 1988 aufgezeichneten Wasserstände im Entstandenen See auf der Steinbruchsohle belegen dies. Hier liegt der Wasserstand in den Jahren 1988 bis 1995 stabil bei einem Wasserstand von rd. 4,5m, was dem natürlichen Grundwasserniveau an dieser Stelle entspricht. Im ehemaligen Steinbruch wurden karbonische Kohlenkalke abgebaut, die hier den lokalen Grundwasserleiter aufbauen. Die gut geklüfteten und z.T. verkarsteten Gesteine weisen gute hydraulische Leitfähigkeiten auf. Die Schichten streichen entsprechend dem variscischen Gebirgsbau in nordost-südwestlicher Richtung und besitzen, entsprechend der ehemaligen tektonischen Beanspruchung, Dehnungsstrukturen in Form verstärkter Kluftbildung bzw. der Ausbildung von abschiebenden Störungsflächen senkrecht zu dieser Kompressionsrichtung (d.h. SE-NW gerichtet).

Entsprechend muss davon ausgegangen werden, dass der Festgesteinsgrundwasserleiter keine isotropen Eigenschaften besitzt, sondern verstärkt südost-nordwest gerichtete hydraulische Leitfähigkeiten aufweist.

### 1) Vorflutverhältnisse und Abflussmessungen in der Gueule vom 25.11.2005

Am 25 November 2005 wurden bei trockener Witterung Abflussmessungen in der Gueule zwischen der Hergenrather Mühle und der Kupfermühle bei Hauset östlich der Hammerbrücke durchgeführt.

Die Messungen erfolgten mit Hilfe von Leitfähigkeitsmessungen nach der Salzverdünnungsmethode.

Dabei wird nach Kalibrierung des Messgerätes auf die Grundlast der Ionenfracht im Bachwasser, eine definierte Menge gelösten Salzes in das Bachwasser oberhalb der Messsonde eingegeben und die Veränderung der Leitfähigkeit über die Zeit festgehalten. Die einmalige Eingabe eines Salztracers (NaCl) in geringer Menge ist aus ökologischer Sicht unbedenklich. Aus der Verdünnung der eingegebenen Salzmenge lässt sich die Abflussmenge pro Zeiteinheit bestimmen.

Ziel der Messungen war es die Abflussverhältnisse in diesem Abschnitt der Gueule zu erfassen, sowie die Grundlast an Ionenfracht zu ermitteln.

#### Ergebnisse der Messungen:

Messpunkt	Lage	Grundleitfähigkeit [µS/m]	Abflussmenge [l/s]
1	Gué an K7	929	255,0
2	Seitenbach (links)	890	4,5
3	150 m unter Hammermühle	970	106,0
4	Brücke / Furt Camping	1089	55,0
5	Oberhalb Hammerbrücke	945	95,0

Die Messpunkte in der Tabelle sind in Richtung zur Bachquelle geordnet!

Im Messabschnitt fließt die Gueule in westlicher Richtung im Bereich der Hammerbrücke zunächst im Nahfeld der dort befindlichen Deponiefläche und im weiteren Verlauf im Nahfeld der Wassergewinnungsanlage „Putzenwinkel“ bzw. des ehemaligen Kalksteinsteinbruchs Hergenrath.

Über die Gesamtmessstrecke betrachtet weist der Flusslauf keine einheitliche Zunahme in der Wassermenge auf. Entsprechend muss von auftretenden influenten Verhältnissen, bei denen der Bachlauf keine Vorflutfunktion besitzt bzw. sogar im Untergrund versickert ausgegangen werden. Dies kann nur dann erfolgen, wenn der Grundwasserspiegel m ü.NN bezogen tiefer liegt als das Bachbetttiefe und entsprechende Wasserwegsamkeiten vorhanden sind.

Oberhalb der Hammerbrücke bis in den Bereich des ehemaligen Campingplatzes wird aus den Messungen ersichtlich, dass rd. 40 l/s bzw. entsprechend 144m<sup>3</sup>/h im Untergrund versickern. Im weiteren Bachverlauf nimmt die Abflussmenge erwartungsgemäß wieder zu, bis hin zu 255 l/s. Mit Ausnahme der seitlichen geringen Zuflüsse von lediglich rd. 4,5l/s entstammt das Hauptvolumen aus dem Grundwasser, dass der Gueule zuströmt. Diese besitzt im Bereich westlich Hammermühle normale, effluente Verhältnisse und somit eine echte Vorflutfunktion.

Auch die Leitfähigkeitsmessung der Grundlast zeigt über den untersuchten Bachabschnitt keinen einheitlichen Trend. Unter natürlichen Bedingungen ist davon auszugehen, dass die Ionenfracht mit zunehmender Entfernung von der Quellregion ansteigt. Die höchsten, im Rahmen der Campagne gemessenen Leitfähigkeiten treten im Bereich südwestlich der Deponiefläche an der Hammerbrücke mit 1089 [µS/m] auf, was auf eine relativ hohe Ionenfracht hinweist. Im Gelände lassen sich in diesem Bereich auch oberflächliche Zusickerungen aus dem Deponiebereich an der Hammerbrücke in die Gueule beobachten, was die hohen Leitfähigkeiten im Bachwasser erklärt.

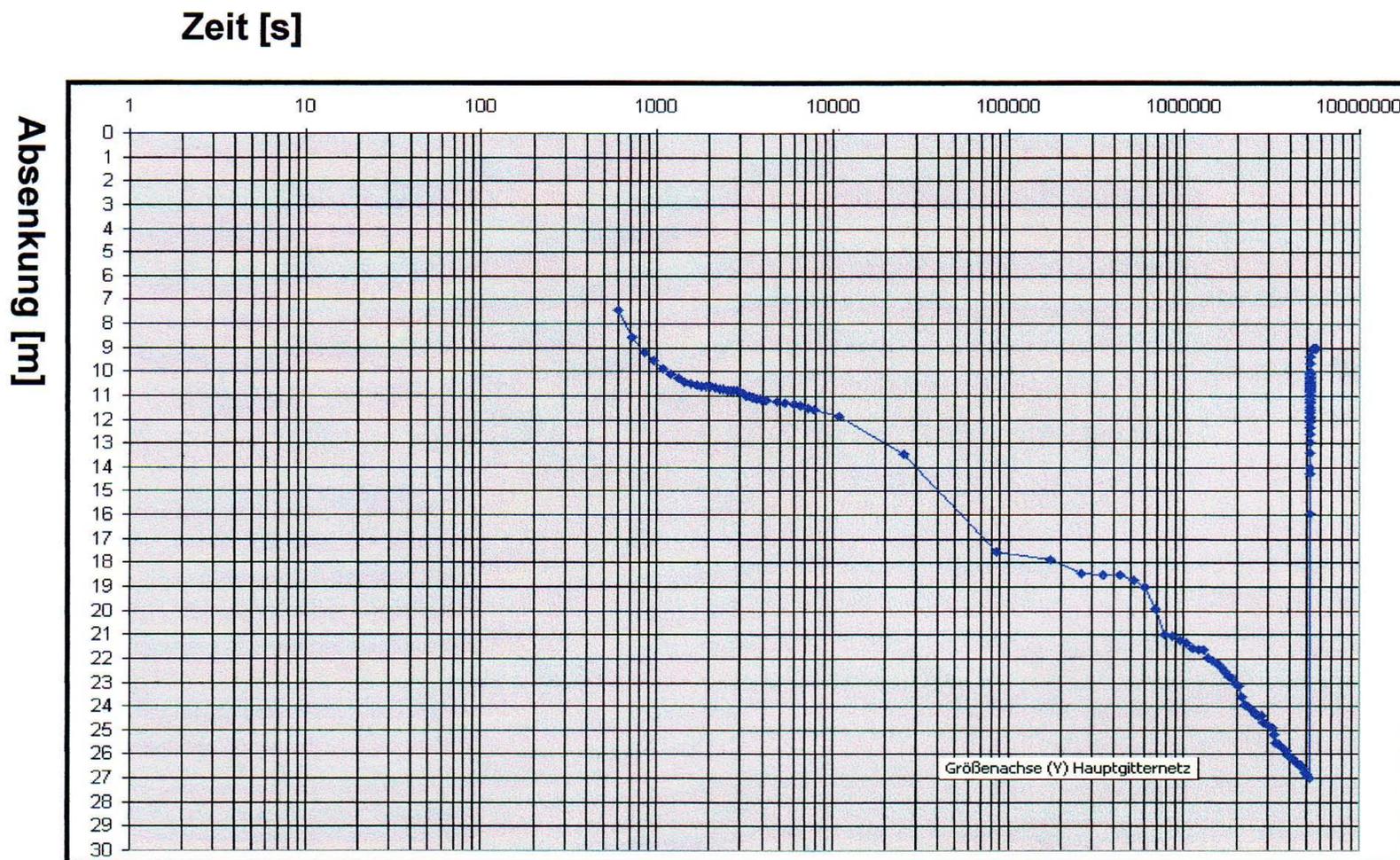
Als Folge der Verdünnung durch den Grundwasserzustrom im weiteren Bachverlauf senken sich die Leitfähigkeitswerte wieder auf 929[µS/m] ab, was jedoch noch immer einen vergleichsweise hohen Wert darstellt. Aus den Messergebnissen wird ersichtlich, dass Oberflächenwasser mit hoher Ionenfracht im Bereich der WGA Putzenwinkel im Untergrund versickert.

## 2) Charakterisierung der hydraulischen Eigenschaften des Aquifers

Zur näheren Charakterisierung der hydraulischen Leitfähigkeiten können Pumpversuchsdaten aus einem Pumpversuch im Brunnen der WGA Putzenwinkel herangezogen werden, der durch das Ingenieurbüro für Versorgungstechnik H. Siebert Dipl.-Ing ausgeführt wurde. Der Brunnen besitzt eine Endteufe von 132,0m und weist den folgenden Aufbau auf (vgl. Anhang 1)

Rohrtyp	Von [m u.GOK]	Bis [m u.GOK]
Vollwandrohr DN 250	0,0	73,5
Filterrohr DN 250	73,5	98,5
Vollwandrohr DN 250	98,5	103,5
Filterrohr DN 250	103,5	130,0
Sumpfrohr DN 250	130,0	132,0

Im Zeitraum vom 23. Nov. 1996 bis 22. Jan 1997 wurde ein Pumpversuch gefahren, um die Förderleistung des Brunnens zu eruieren. Die Pumpe befindet sich in 99,5m u. GOK. Die Förderleistung des Brunnens wurde mit 100m<sup>3</sup>/h konstant gehalten. Die maximale Absenkung betrug 26,97m unter den normalen Ruhegrundwasserspiegel. Abbildung 2 zeigt die Pumpversuchsmessreihe als Abtrag der Absenkung gegen die Zeit auf halblogarithmisches Papier.



**Abb2:** Darstellung des Zeit-Absenkungsverhaltens im beaufschlagten Brunnen. Wie aus dem Kurvenverlauf ersichtlich wird zeichnet sich insbesondere der obere Aquiferbereich durch eine erhöhte Durchlässigkeit aus.

Entsprechend der Beziehungen von Cooper Jakob (1) und Theis (2) lassen sich die Durchlässigkeitsbeiwerte des Aquifers im Brunnenumfeld durch die Betrachtung eines logarithmischen Zyklus gemäß den Formelbeziehungen

(1)

$$K = 2,3 Q / (m 4 \pi \Delta s)$$

(2)

$$K = 2,3 Q / (m 4 \pi \Delta s_r / \Delta s)$$

Mit :

K	[m/s]	Durchlässigkeitsbeiwert
Q	[m <sup>3</sup> /s]	Fördermenge
m	[m]	Aquifermächtigkeit
Δs	[m]	Absenkung
Δs <sub>r</sub>	[m]	Residualabsenkung
π	-	3,14159

ermitteln.

Entsprechend resultiert für den Durchlässigkeitsbeiwert des oberen Aquifers ein Wert von

$$K = 4,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Dabei wurden getrennt die Beiwerte für die Zeitabsenkung nach (1) ( $K = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ ) bzw. den Wideranstieg nach (2) ( $K = 4,2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ ) ermittelt. Die gute Übereinstimmung der Ergebnisse zeigt dass der Pumpversuch ordnungsgemäß durchgeführt wurde und die Berechnungen der hydraulischen Leitfähigkeit des Aquifers in sich schlüssig sind. Über den Gesamtbrunnen lässt sich ein Wert von rd.

$$K = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} \quad \text{feststellen.}$$

### 3) Betrachtung der Reichweite der Absenkung des Brunnens der WGA Putzenwinkel

Unter Zuhilfenahme der Brunnenformel gemäß Sichardt

$$R = 3000 \cdot s \cdot K^{1/2}$$

Mit

K	[m/s]	Durchlässigkeitsbeiwert
s	[m]	Maximale Absenkung
R	[m]	Reichweite der Absenkung

lässt sich die Maximale Reichweite der Absenkung abschätzen.

Aufgrund der Anisotropie in Kluft- und Karstaquifern, wie dies im Vorliegenden der Fall ist, muss davon ausgegangen werden, dass die Reichweite der Absenkung nicht rotationssymmetrisch, sondern ellipsoidal entlang des Bereiches stärkerer Klüftung ausgebildet ist.

Für den betrachteten Brunnen lässt sich gemäß Sichardt eine Reichweite der Absenkung von

$$R = 3000 \cdot 26,97 \cdot (4,46 \cdot 10^{-5})^{1/2} \text{ m}$$

$$R = 540 \text{ m}$$

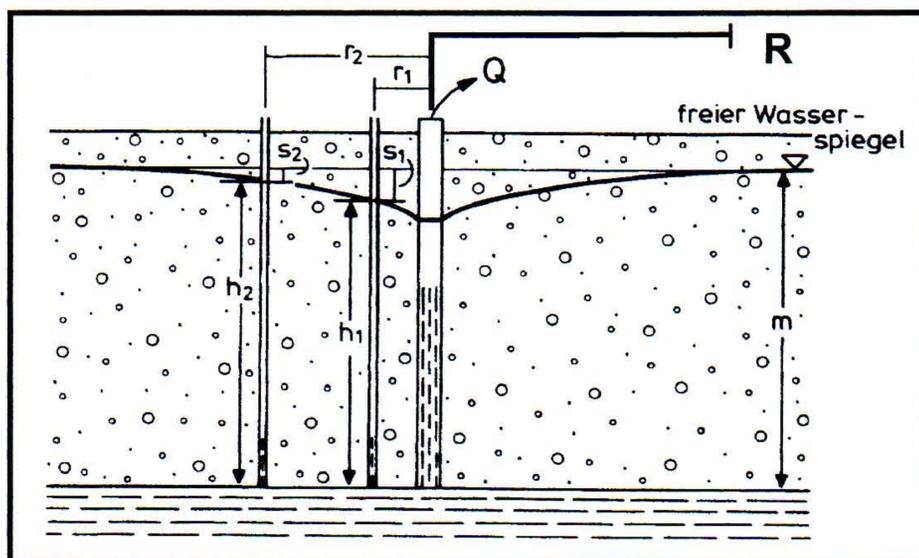
Bei einer stündlichen Entnahmemenge von  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  ermitteln.

Im Normalbetrieb wird der Brunnen jedoch lediglich mit rd.  $65 \text{ m}^3/\text{h}$  beaufschlagt. Entsprechend ist mit einer Reichweite der Absenkung von

$$R = 292 \text{ m}$$

zu rechnen.

Abbildung 3 zeigt schematisch einen Querschnitt durch einen beaufschlagten Aquifer.



**Abb. 3:** Schematische Skizze zur Darstellung der Maximalen Reichweite R sowie der Absenkung des Grundwasserspiegels im Brunnenumfeld.

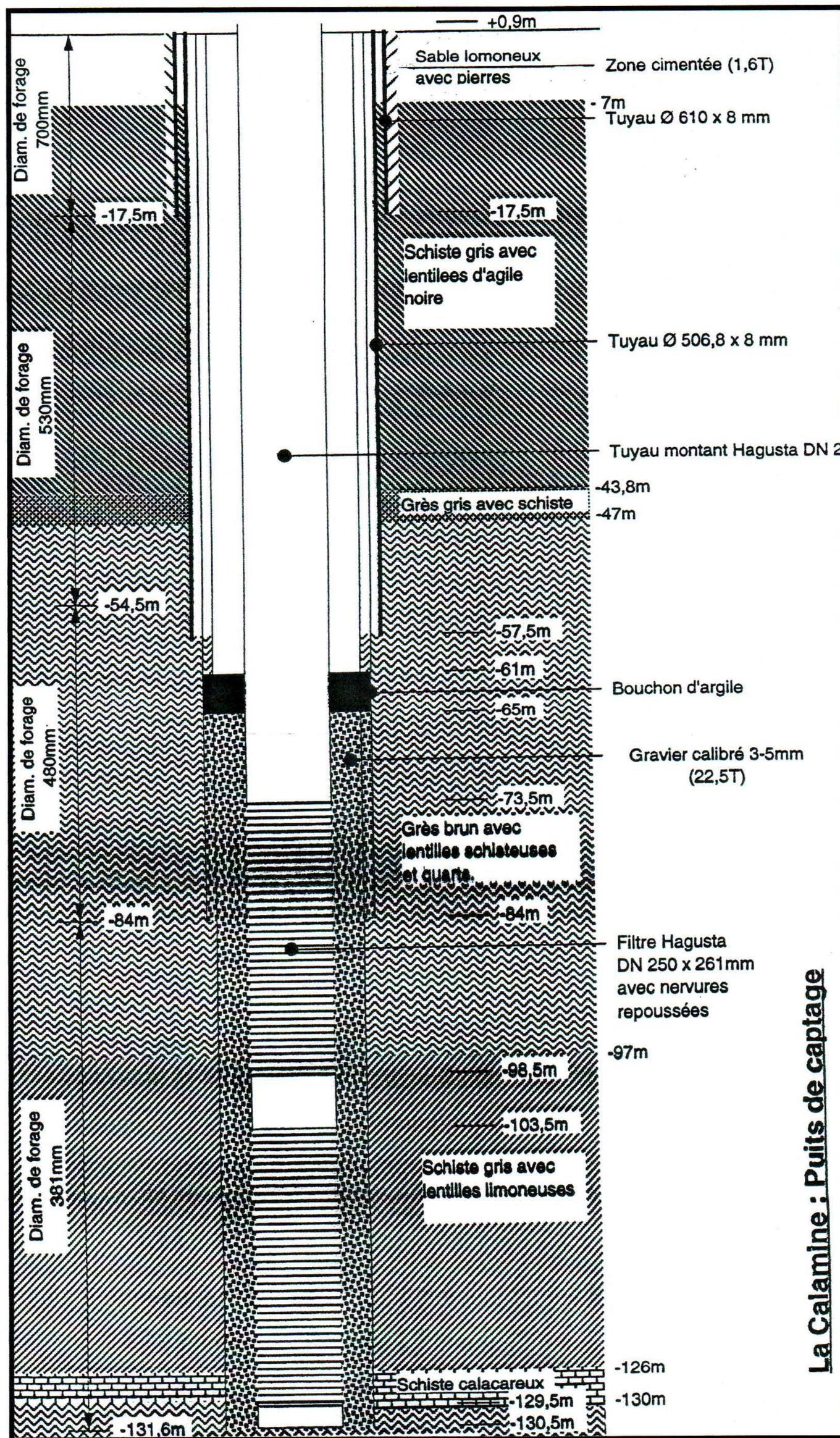
Zusammenfassend kann auf Grundlage der Messergebnisse festgestellt werden, dass die Gueule im Steinbruchnahenbereich keine Anbindung an das Grundwasserniveau besitzt und hier in größerem Umfang versickert.

Die Aquifereigenschaften des verkarsteten Kluftgrundwasserleiters des Unteren Kohlenkal-kes zeigen, dass es sich um einen Aquifer guter Wasserleitfähigkeit handelt. Entsprechend weitreichend ist der Absenkungstrichter, der aufgrund der geologischen Vorgeschichte als nicht radialsymmetrisch angesehen werden muss. Entsprechend der tektonisch bedingten NW-SE gerichteten Dehnungsprozesse während der Gebirgsbildung ist eine erhöhte Leitfähigkeit und somit Auslenkung in der Radialsymmetrie in dieser Richtung anzunehmen. Dies führt gleichfalls zu einer erhöhten Reichweite der Absenkung in dieser Richtung. Die Anordnung Brunnen der WGA Putzenwinkel, Steinbruch und Versickerungsbereich der Gueule liegen nahezu geradlinig auf einer NW-SE gerichteten Achse. Aufgrund der Pumpversuchsauswertung wird ersichtlich, dass der Absenkungstrichter des Förderbrunnens unter Vollast bis unter den Bereich des Steinbruchs reicht, unter normalem Dauerbetrieb die Auswirkung der Absenkung bis in Steinbruchnähe angenommen werden muss. Dabei wurde eine radialsymmetrische Ausbildung des Trichters angenommen.



Thomas Kaspar  
Sachbearbeiter

# Anlage1



La Calamine : Puits de captage

Ausbau des Brunnens der WGA „Putzenwinkel“