

## **Markierversuche im Muschelkalk des Wutachknies (Lkr. Waldshut, Baden-Württemberg)**

Bernhard Grimm & Werner Käß

### **Inhaltsverzeichnis**

Zusammenfassung	2
<i>Abstract</i>	2
1. Einleitung	3
2. Zur Landschafts- und Flussgeschichte	3
3. Geologie und Hydrogeologie	4
4. Versickerungen und Wiederaustritte in der Muschelkalk-Wutachschlucht	6
5. Karsterscheinungen auf der Löffinger Muschelkalk-Hochfläche	13
6. Karsterscheinungen auf der Bonndorfer Muschelkalk-Hochfläche	14
7. Markierversuch 1998/99 bei Münchingen	14
8. Ergebnisse	16
Danksagung	17
Angeführte Schriften	17

---

#### **Anschriften der Verfasser:**

Dipl.-Geol. Dr. Bernhard Grimm, Regierungspräsidium Freiburg i. Br., Abt. 9, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Albertstraße 5, 79104 Freiburg i. Br.  
Prof. Dr. Werner Käß, Mühlematten 5, 79224 Umkirch

## **Stichwörter**

Wutach, Karst, Muschelkalk, Markierungsversuche

## **Zusammenfassung**

Versickerungen von Bach- und Flusswasser findet man im Oberen Muschelkalk beiderseits der Wutachschlucht; aber auch in der Wutachschlucht selbst. Markierversuche mit quantitativer Auswertung sollten die unterirdischen Wanderwege und die damit verbundenen Verweilzeiten ermitteln. Dies ist nur an jenen Stellen gelungen, wo die Wutach Wasser in den Untergrund verliert. Nördlich der Wutachschlucht, im Löffinger Muschelkalk-Hochland, wurden die Bachversickerungen noch nie markiert. In dem südlichen Bonndorfer Muschelkalk-Hochland erbrachte der Markierversuch an einer Bachversickerung keine quantitativ auswertbaren Ergebnisse. Farbstoffspuren in Quellen im Raum Stühlingen weisen auf unterirdische Fließverbindungen in der nach Südosten einfallenden Bonndorfer Muschelkalk-Hochfläche hin.

## ***Tracing tests in the Muschelkalk of the knee of the Wutach gorge (Lkr. Waldshut, Baden-Württemberg)***

### ***Key words***

*SW-Germany, Wutach, karst, Muschelkalk, tracing tests*

### ***Abstract***

*There are seepages of stream- and river water in the Upper Muschelkalk on both sides of the Wutach gorge, but also in the Wutach gorge itself. Tracing tests with quantitative evaluations were to determine the underground ways and the test time related to it. This has only been successful at those points where the Wutach loses water into the underground. There have never been tracing tests with seepages of streams in the Muschelkalk Upper Plain of Löffingen north of the Wutach gorge. There have been no quantitatively analysed results with a tracing test in a seepage of a stream in the southern Muschelkalk Upper Plain of Bonndorf. Traces of dye in springs in the surrounding of Stühlingen point to underground flow connections in the Muschelkalk Upper Plain of Bonndorf inclining to southeast.*

## 1. Einleitung

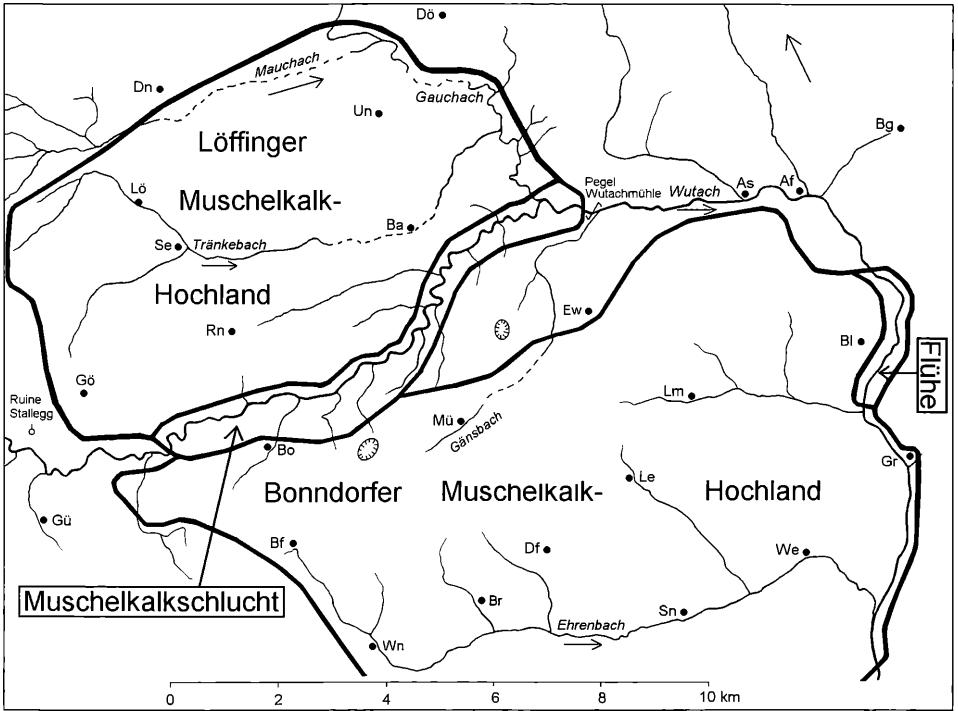
Das Wutachknie entstand vor 18 000 bis 20 000 Jahren durch Ablenkung der Feldbergdonau bei Achdorf nach Süden zum Hochrhein. Seit dieser Ablenkung wurde bei Achdorf das Flussbett um 170 m tiefer gelegt. Die starke Erosion schuf die tief eingeschnittene Wutachschlucht als Naturdenkmal und legte dabei die Schichtenfolge vom Grundgebirge bei der Schattenmühle südöstlich Göschweiler über geringmächtigen Buntsandstein und auf langen Strecken den Muschelkalk frei. Dieser letztgenannte Flussabschnitt ist zweifellos der eindrucksvollste und am meisten durchwanderte Teil der Schlucht. Hohe Felswände umsäumen auf einem 8½ km langen Wanderweg den Fluss. Ausführliche Wegbeschreibungen mit Erläuterungen zur Muschelkalkstratigraphie findet man bei LIEHL (1971), PAUL (1971b) und bei WURM et al. (1989). Ab der Einmündung der Gauchach fließt die Wutach im Keuper und im weiteren Lauf in der Schichtenfolge des Jura. Der West–Ost gerichtete Flusslauf biegt bei der pleistozänen Ablenkstelle Achdorf scharf nach Süden in Richtung Hochrhein. Südlich des oberen Wutachtals verläuft der Südrand des sogenannten Bonndorfer Grabens mit einer Sprunghöhe bis über 200 m. Südlich dieses Grabenrandes befindet sich im Wutachknie eine nahezu waldfreie Hochfläche, vorwiegend aus Muschelkalk aufgebaut.

Der zur Verkarstung neigende Muschelkalk weist in den Mäandern der Wutachschlucht zwei Versickerungsstellen auf. Aber auch auf den Muschelkalk-Hochländern südlich und nördlich der Wutach sind Karsterscheinungen wie Bachversickerungen, Höhlen, Karstsenken und Erdfälle zu beobachten.

Die Versickerung der Wutach oberhalb des Rümmelestegs war bereits mehrfach das Objekt von Markiermitteilangaben. Die Bachversickerungen auf den Muschelkalk-Hochländern sind zwar bekannt und beschrieben, aber erst 1998 wurde ein erster Markierversuch am Gänsbach unternommen. Die im Wutachknie bisher durchgeführten Versuche werden hier eingehend beschrieben.

## 2. Zur Landschafts- und Flussgeschichte

Der West–Ost-gerichtete Teil der Wutach war bis zur Ablenkung nach Süden bei Achdorf ein Teil der Donau (Feldbergdonau). Ursprünglich reichte ihr Einzugsgebiet weit nach Nordwesten, Westen und Süden (WESTPHAL 1950, PAUL 1971b). Infolge der Hebung der Albtafel und der Absenkung des Oberrheingrabens seit dem Alttertiär verlor die Donau mehr und mehr Zuflüsse. Das letzte katastrophale Ereignis fand vor knapp 20 000 Jahren statt, als die stark rückschreitende Erosionskraft der Wutach vom Rhein her die Feldbergdonau beim heutigen Achdorf anzapfte (FRANZ & ROHN 2004). Seitdem ist das Wutachtal an der Anzapf- und Umlenkstelle 170 m tief ausgeräumt worden. Die durch die Umlenkung verstärkte Eintiefung der Wutach reicht rd. 21 km zurück bis nahe Neustadt. Die wildromantische Wutachschlucht ist nicht nur ein beliebtes Wanderziel, sondern seit 1989 ein Naturschutzgebiet. Auch der stärkste Zufluss aus Norden, die Gauchach, wurde zur Gauchachschlucht eingetieft. Die rheinische rückschreitende Erosion beginnt in der Mauchach, einem Gauchachzufluss südöstlich Dittishausen, etwa 1 km oberhalb der Bahnbrücke.



**Abb. 1:** Naturräumliche Gliederung der Muschelkalklandschaft am Wutachknie nach LIEHL (1971). Zeitweise trockene Bachläufe sind gestrichelt dargestellt; Querstriche in Bachläufen: Versickerungsstrecken; ovale Karstwannen westlich und nordöstlich von Münchingen (GREINER 1937).

Abkürzungen der Städte und Gemeinden:

- |                         |                              |                             |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Af: Blumberg-Achdorf    | Dn: Löffingen-Dittishausen   | Mü: Wutach-Münchingen       |
| As: Blumberg-Aselfingen | Dö: Bräunlingen-Döggingen    | Re: Löffingen-Reiselfingen  |
| Ba: Löffingen-Bachheim  | Ew: Wutach-Ewattingen        | Se: Löffingen-Seppenhofen   |
| Bf: BONNDORF            | Gö: Löffingen-Göschweiler    | Sn: Stühlingen-Schwanningen |
| Bg: BLUMBERG            | Gr: Stühlingen-Grimmelshofen | Un: Löffingen-Unadingen     |
| Bl: Stühlingen-Blumegg  | Gü: Bonndorf-Gündelwangen    | We: Stühlingen-Weizen       |
| Bo: Bonndorf-Boll       | Le: Wutach-Lembach           | Wn: Bonndorf-Wellendingen   |
| Br: Bonndorf-Brunnadern | Lm: Stühlingen-Lausheim      |                             |
| Df: Bonndorf-Dillendorf | Lö: LÖFFINGEN                |                             |

### 3. Geologie und Hydrogeologie

Die Wutach entsteht durch den Zusammenfluss von Gutach und Haslach etwa 2 km unterhalb der Eisenbahnbrücke der Bahnstrecke Neustadt–Donaueschingen über die Gutach.

Im Gutachtal unterhalb Neustadt hat der Fluss danubisches Gefälle von rd. 6,8%. Dort, wo der ehemalige Haltepunkt Kappel-Gutachbrücke stand, steht bei der Höhe 763 m die rheinische Erosionskante. Von diesem Punkt abwärts besteht ein Gefälle von 12% (WAGNER, G. 1950, WESTPHAL 1989: 190). Bei der Stallegger Brücke, 2 km westlich Göschweiler, steht noch das Grundgebirge, hier Anatexit, an. Kurz darauf tritt die Wutach bei der Schattenmühle in die Sedimentfolge von Trias ein. Zwischen der Schattenmühle

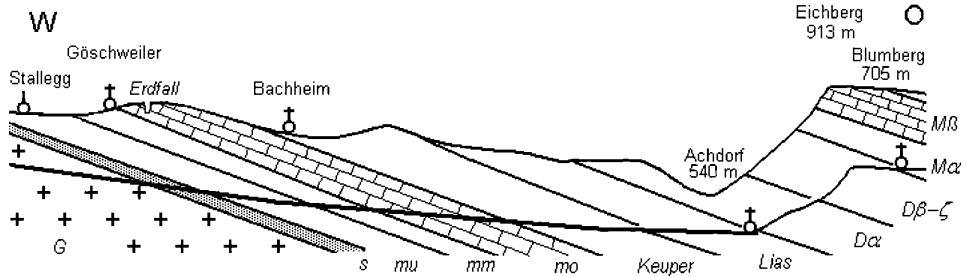
Markierungsversuche im Muschelkalk des Wutachknies (Lkr. Waldshut, Baden-Württemberg)

(657 mNN) und dem 13,5 km entfernten Achdorf (531 mNN) hat die Wutach ein Gefälle von knapp 0,9%. Die Trias mit rd. 340 m Mächtigkeit fällt jedoch mit rd. 3,5% nach Ost-südost ein. Demzufolge kommt die Wutach trotz eines erheblichen Gefälles in immer jüngere stratigraphische Einheiten. Bei Achdorf fließt sie etwa an der Oberkante Lias (Abb. 2).

Der mittlere Abfluss (MQ) beim Pegel Stallegg mit einem Einzugsgebiet von 191 km<sup>2</sup> beträgt nach SCHWARZMANN (1971) 4,45 m<sup>3</sup>/s; beim Pegel Ewattingen an der Wutachmühle – Einzugsgebiet: 333 km<sup>2</sup> – MQ 5 m<sup>3</sup>/s. Katastrophale Hochwasserereignisse bewirken nicht nur starken Geschiebetransport, sondern auch Überschwemmungen und Zerstörungen. So wurde 1955 der Rümmele-Wandersteg zerstört, der später daneben besser hochwassergeschützt aufgebaut wurde.

Über die Grundwässer im Wutachtal ist wenig zu sagen. Im Talzug Stallegg bis zur Wutachmühle konnten sich wegen der Enge des Tales keine Grundwasserfelder ausbilden. Lediglich unterhalb der Wutachmühle sind breitere Talflächen grundwasserleitend, die jedoch nicht zur Wasserentnahme herhalten müssen.

Für die Bestimmung der Tiefenlage der Grundwasseroberfläche in den Muschelkalk-Hochländern gibt es nur wenige Bohrungen. Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) erstellt zur Zeit für den Oberen Muschelkalk an Hand der im Grenzbereich Oberer/Mittlerer Muschelkalk ausfließenden Quellen und der Bohrungen einen überregionalen Grundwassergleichenplan. Viele dieser Quellen sind für die Öffentliche Wasserversorgung gefasst. Die Muschelkalk-Hochländer sind überwiegend frei von oberirdischen Wasserläufen.



**Abb. 2:** Geologischer West-Ost-Schnitt durch das Wutachtal zwischen Stallegg und Achdorf (vereinfacht nach LIEHL 1971); 9fach überhöht.

Abkürzungen für die geologischen Formationen:

G: Grundgebirge

s: Buntsandstein

mu: Unterer Muschelkalk

mm: Mittlerer Muschelkalk

mo: Oberer Muschelkalk

Dα: Opalinuston

Dβ-ζ: Mittlerer und Oberer Braunjura

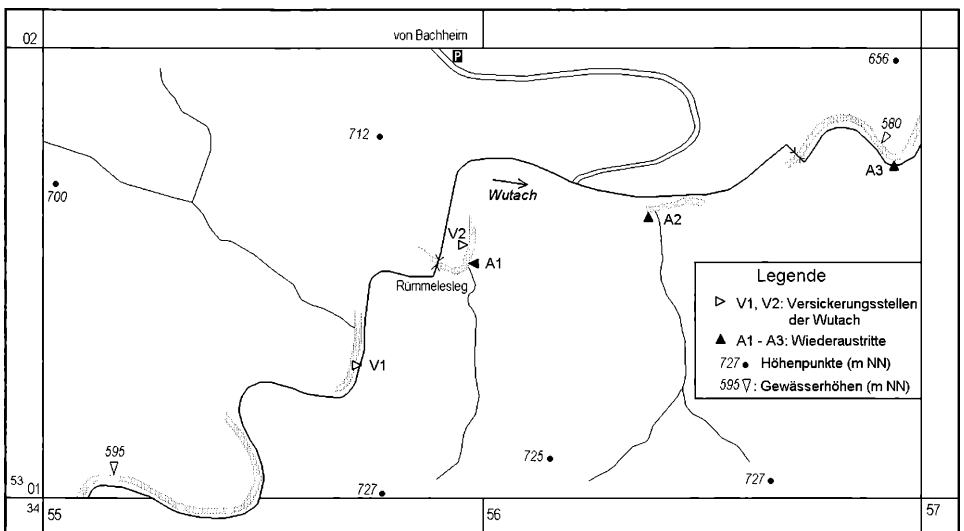
Mα: Weißjura α (Impressamergel)

Mβ: Weißjura β (Wohlgeschichtete Kalke)

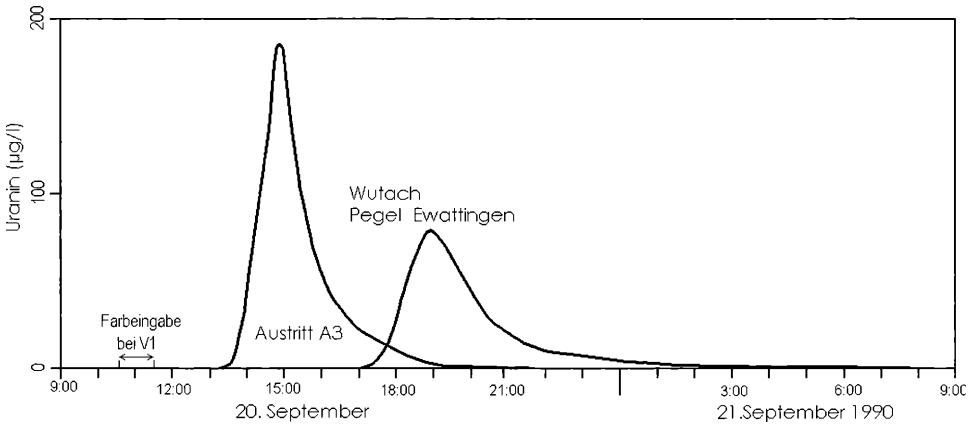
In diesem Aufsatz geht es ausschließlich um Untersuchungen über unterirdische Wasserläufe im Muschelkalkgebiet am Wutachknie (Abb. 1). Nördlich und südlich der Muschelkalkschlucht erstrecken sich Muschelkalkhochländer, auf denen mehrere Bachläufe in Trockenzeiten ohne Wasserführung sind. Auch in der Wutachschlucht gibt es Versickerungsstellen im Oberen Muschelkalk, die jedoch selten trocken fallen. Zwischen Stallegg und der Gauchacheinmündung beträgt das Gefälle in der Wutachschlucht 0,6% (SCHWARZMANN 1971). Der z.T. stark verkarstete Obere Muschelkalk zeigt auf den Hochflächen Erdfälle und neigt zur Höhlenbildung; folglich sind die Hochflächen wasserarm. Auch die Wutach selbst verliert an zwei Stellen Wasser und kann bei starker Trockenheit auf einer Flussstrecke von immerhin 1900 m trocken fallen (BAUER 1993). Ansätze zur Untersuchung über das Schicksal der versickernden Wässer werden hier behandelt.

#### 4. Versickerungen und Wiederaustritte in der Muschelkalk-Wutachschlucht

Im mittleren Teil der im Oberen Muschelkalk fließenden Wutach befinden sich zwei Versickerungs- und drei Wiederaustrittsstellen (Abb. 3). Die Obere Versickerung V1 befindet sich am rechten Flussufer eines Prallhangs; einige Meter darüber führt der Wanderweg, von dem man bei Niedrigwasser das Einfließen des Wutachwassers in den Untergrund gut beobachten kann (Abb. 5). Zur Vorbereitung der Exkursion G für die 109. Tagung 1989 des Oberrheinischen Geologischen Vereins haben WURM et al. (1989: 138) hier am 5. November 1988 einen Färbversuch mit Uranin bei Niedrigwasser unternommen. Nach 5 Stunden war an der Austrittsstelle A3 die Farbe erstmals sichtbar. Weitere Beobachtungen oder Farbmessungen liegen nicht vor.



**Abb. 3:** Muschelkalk-Wutachschlucht, mittlerer Teil. Der Wanderweg führt an 2 Versickerungsstellen und 3 Wiederaustritten vorbei.



**Abb. 4:** Farbdurchgangskurven beim Färbversuch vom 20. September 1990 (verändert nach BAUER 1993). LGRB-M-Nr. 1270.

Zwei Jahre später, am 20. September 1990, hat BAUER (1993) an derselben Stelle zwischen 10:34 und 11:35 Uhr 1 kg Uranin eingespeist. Seine Farbmessungen führte er an der untersten Wiederaustrittsstelle A3 und am Pegel Ewattingen bei der Wutachmühle durch (Abb. 4). Zur Zeit des Versuchs war die Wiederaustrittsstelle A2 fast trocken. Die gesamte Flussstrecke zwischen V1 und A3 war praktisch trocken (mündl. Mitt. Dr. M. BAUER).

Nach der Einspeisung war bei A3 das Wasser um 14:00 Uhr sichtbar grün gefärbt. BAUER (1993:70) ermittelte für die 1350 m in Luftlinie gemessene unterirdische Fließstrecke folgende Werte:

Gefälle 9,5 m = 7,0‰

Mittlere Verweilzeit: 5,1 Stunden

Mittlere Abstandsgeschwindigkeit: 0,074 m/s = 266 m/h

Längendispersion  $D_L$ : 1,19 m<sup>2</sup>/s, Dispersivität  $\alpha_L$ : 16,03 m.

Die Versickerungsstelle V1, in die das Wasser der Wutach in W-O-Klüfte einfließt, zeigt Abb. 5. Die Einsickerung V2 beim Rümmelesteg ist in Abb. 6 zu sehen. Ältere Aufnahmen hat SCHNARRENBARGER (1926) sowohl von der Versickerungsstelle V2 als auch von der Wiederaustrittsstelle A3 gemacht. SCHNARRENBARGER berichtet 1926 von Färbversuchen, die im Winter 1923/24 durchgeführt worden sind, dass „sämtliches Wasser, das unterhalb des Rümmelestegs verschwindet, an der Hauptaustrittsstelle [A3] wieder zutage kommt“ Über die Fließzeiten liegen keine Angaben vor.

Vom Rümmelesteg aus ist nahezu das gesamte Profil des Oberen Muschelkalks abgeschlossen. Am Fuß der Felsenwand ist eine große Öffnung vorhanden (V2), in der „sehr oft das ganze Wasser der Wutach völlig in dem durchlässigen Kalk an der Grenze zwischen mittlerem und oberem Muschelkalk versickert“ (SCHWENKEL 1951). Die Wiederaustrittsstelle A1 liegt etwa 50 m oberhalb der Einsickerungsstelle V2 (Abb. 6).

Die Quelle A2 befindet sich am Fuß einer Felsenwand am gegenüberliegenden Ufer vom Wanderweg. Sie ist nur bei Niedrigwasser zu erreichen, deshalb können Wasserproben bei Markierversuchen nur in dieser Zeit entnommen werden. Einen Ausweg bietet der Einsatz von Probennahmeautomaten und/oder Lichtleiterfluorimetern. Etwa 500 m flussabwärts quert



**Abb. 5:** Obere Versickerungsstelle der Wutach (V1). Foto: W. KÄSS, 29. Oktober 1997.

der Wanderweg über einen Steg zum rechten Flussufer. Nach einer Talbiegung kommt man zur Hauptaustrittsstelle A3 (Abb. 7). Unmittelbar unter dem Gehsteig tritt die Quellgruppe an N–S-streichenden Klüften aus. Die Schüttung liegt zwischen 50 und 300 l/s. BAUER (1993: 68) gibt für die Austrittsstellen A2 + A3 eine Schüttung von mehreren 100 l/s bis maximal 2–3 m<sup>3</sup>/s an.

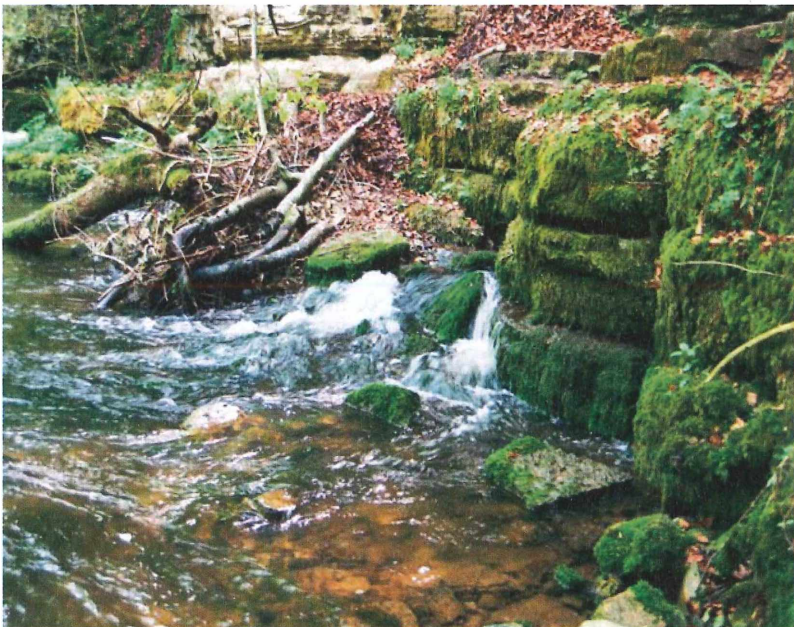
Der 12. Internationale Kongress für Speläologie der Internationalen Union für Speläologie (UIS) fand 1997 in La Chaux-de-Fonds (Schweiz) statt. Eine der Exkursionen wurde vom Landesverband für Höhlen- und Karstforschung Baden-Württemberg zwischen Ostalb und Rheinfall durchgeführt. Auf dieser Exkursion war auch eine Wanderung durch den unteren Teil der Wutachschlucht mit Besichtigung der Versickerungs- und Wiederaustrittsstellen im Programm. Zur Vorbereitung der Exkursion wurde am 22. Juli 1997 ein Markierversuch durchgeführt. Geplant waren zwei zeitgleiche Einspeisungen an der oberen Versickerung V1 und jener am Rümmelesteg V2. An letzterer Stelle sollten 30 g vorgelöstes Sulforhodamin B eingegeben werden, was jedoch wegen Überflutung der Schlucklöcher



Markierungsversuche im Muschelkalk des Wutachknies (Lkr. Waldshut, Baden-Württemberg)



**Abb. 6:** Die Wutach beim Rümmelesteg. Am Fuß der Felswand mit dem nahezu gesamten Oberen Muschelkalk versickert die Wutach manchmal vollkommen (V2). Von rechts kommt das Wasser der ersten Wiederaustrittsstelle A1. Foto: W. KÄSS, 22. Juli 1997.



**Abb. 7:** Die Haupt-Wiederaustrittsstelle A3. Foto: W. KÄSS, 9. Mai 2009.

nicht möglich war. Zur Versuchszeit herrschte ein kleines Hochwasser. Der größte Teil des Markierungsmittels wäre mit Sicherheit mit der Wutach am Schluckloch vorbei geflossen. So wurden um 9:00 Uhr an der Versickerungsstelle V1 20 g vorgelöstes Uranin quantitativ in den Untergrund eingespült. An den Wiederaustrittsstellen A2 und A3 wurden regelmäßig Wasserproben entnommen, während an der schwer zugänglichen obersten Quelle A1 nur Stichproben abgefüllt werden konnten (Abb. 8 oben). Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, dass nach 70 Minuten in der Quelle A1 das Farbmaximum bereits überschritten war. Die Wiederaustrittsstelle A2 hatte nach 1 Stunde und 40 Minuten ihr Farbmaximum erreicht und erst als dort die Farbkonzentrationen weit unter die Sichtbarkeitsgrenze von 5–10 µg/l gefallen waren, begann bei A3 der Farbanstieg, der jedoch nicht die Farbintensität wie in A2 erreichte (Abb. 8 unten). Daten zum Versuch, der in der Datensammlung des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg unter M 1117 gespeichert ist, sind in Tabelle 1 aufgelistet.

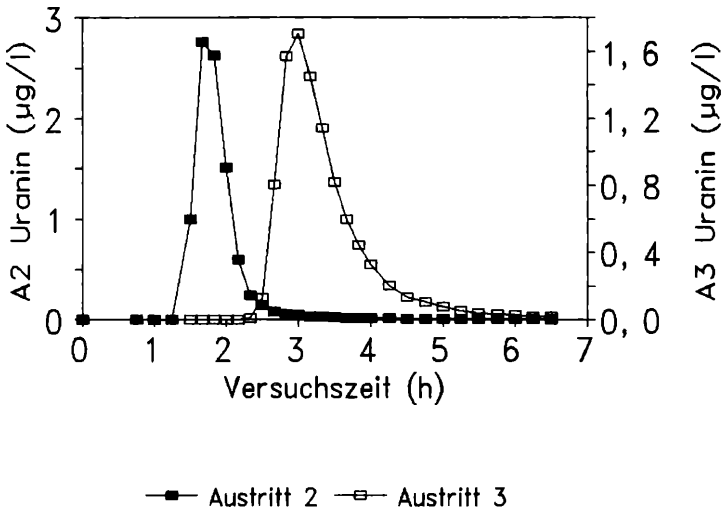
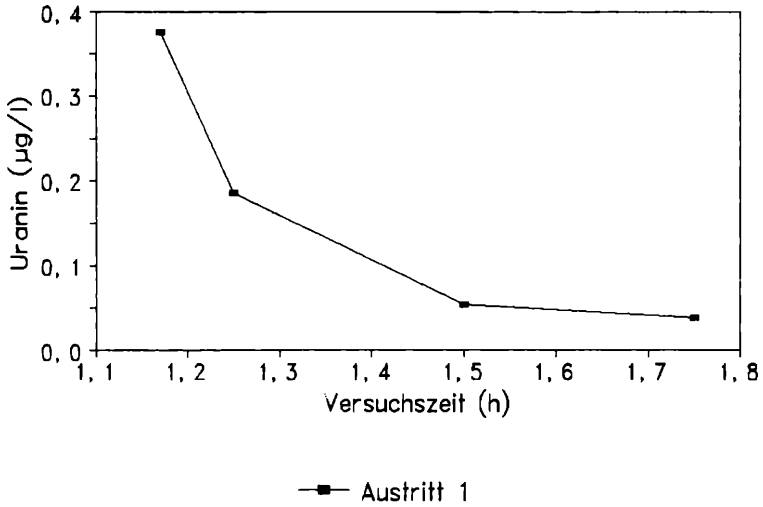
Am 8. August 1998 besuchte die 15-köpfige Gruppe der UIS-Exkursion „Karstlandschaften in Südwestdeutschland“ die Muschelkalkschlucht der Wutach. Aus diesem Anlass ist ein weiterer Färbversuch gestartet worden. Die Einspeisung von 30 g Uranin in wässriger Lösung erfolgte wiederum wie beim Versuch vom 22. Juli in die obere Versickerungsstelle V1 um 11:25 Uhr. Gegenüber dem Vorversuch war die Wasserführung der Wutach zurückgegangen. Beprobte wurden alle 3 Wiederaustrittsstellen:

A1 von 11:25 – 14:05 Uhr,	25 Beprobungen,
A2 von 12:12 – 14:27 Uhr,	Registrierung mit dem Lichtleiterfluorimeter alle 10 Sekunden; zur Kalibrierung 3 Einzelmessungen,
A3 von 12:25 – 15:55 Uhr,	18 Beprobungen.

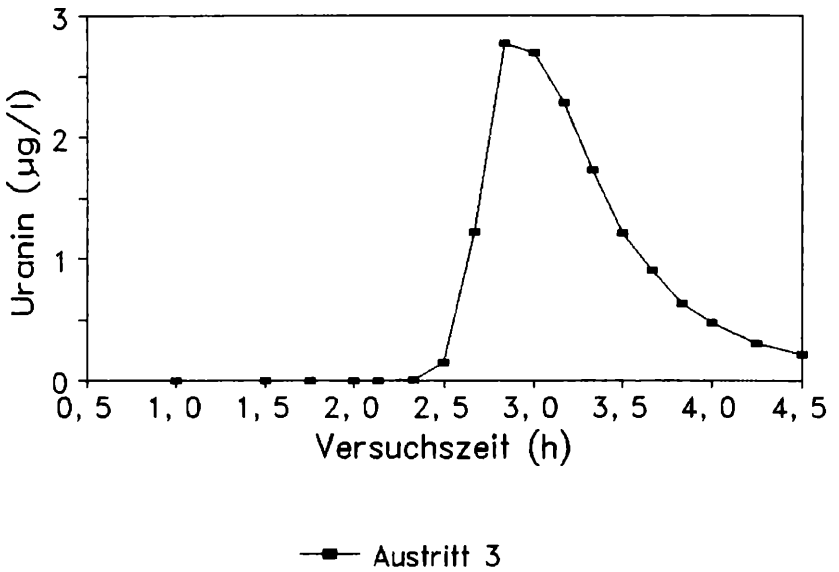
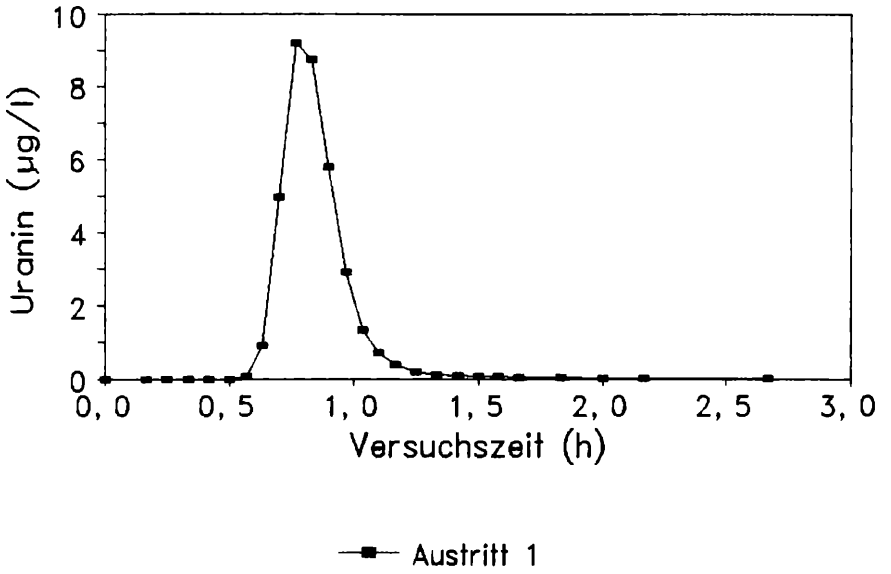
In die Austrittsstelle A2 wurde die Sonde eines Lichtleiterfluorimeters (LLF) eingehängt und das 50 m lange Lichtleiterkabel zum nördlichen Uferende gelegt. Die Registrierung ist nach der Methode BARCZEWSKI (BARCZEWSKI 1990, SCHMID & BARCZEWSKI 1995) erfolgt. Die Vorführung vor Ort während des Farbdurchgangs stieß bei den Exkursionsteilnehmern auf großes Interesse. Herr SCHMID zeigte später während einer Rast bei der Wutachmühle auf dem Laptop die registrierte Durchgangskurve. Da das Lichtleiterfluorimeter lediglich relative Intensitäten misst, wurden um 13:07, 13:24 und 14:20 Uhr Wasserproben gezogen, um die wahre Uraninkonzentration zu ermitteln. Alle diese Uraninbestimmungen aus den Wiederaustrittsstellen vom 22. Juli und 8. August sind im Privatlabor KÄSS in Umkirch durchgeführt worden. In Abb. 10 finden sich die originalen und die korrigierten Durchgangskurven, die bei der Austrittsstelle A2 zu beobachten waren. Die bei den beiden anderen Messstellen A1 und A3 ermittelten Farbkonzentrationen zeigt Abb. 9. In der Tabelle 2 sind die aus den Durchgangskurven errechneten Daten enthalten. Beim Vergleich der beiden Färbversuche vom 22. Juli und vom 8. August 1997 ist zu erkennen, dass die Abstandsgeschwindigkeiten V1–A2 wohl infolge der geringeren Wasserführung der Wutach etwas abgenommen haben. Demgegenüber waren diese Werte für die Fließstrecke A1–V3 etwa gleich groß. Bemerkenswert sind die Wiederfindungsraten für das Markierungsmittel Uranin, die für beide Versuche sowohl für A2 als auch für A3 nahezu gleich sind (M-Nr. 1271).

Im Vergleich zu Markierversuchen im Muschelkalkkarst im Raum Villingen-Schwenningen sind die Abstandsgeschwindigkeiten bei den Versuchen im Wutachtal deutlich höher (GRIMM 2004). Ursache der höheren Geschwindigkeiten ist wahrscheinlich die kräftige Kalklösung des relativ weichen und in großen Mengen anfallenden Wutachwassers.

Markierversuche im Muschelkalk des Wutachknies (Lkr. Waldshut, Baden-Württemberg)



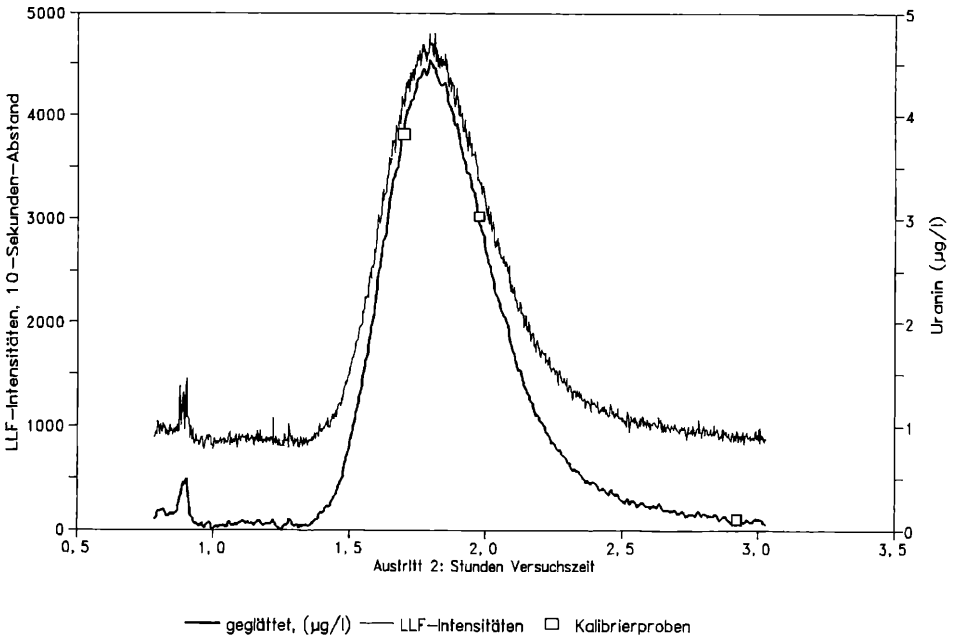
**Abb. 8:** Durchgangskurven zum Färbversuch am 22. Juli 1997.  
Oben: Austrittsstelle A1 am Rümmelesteg,  
Unten: Austrittsstellen A2 und A3.



**Abb. 9:** Durchgangskurven zum Färbversuch am 8. August 1997.

Oben: Austrittsstelle A1,

Unten: Austrittsstelle A3.



**Abb. 10:** Durchgangskurve zum Färbversuch am 8. August 1997 für die Austrittsstelle A2. Messsystem: Lichtleiterfluorimeter des Instituts für Wasserbau der Universität Stuttgart. Obere Kurve: Intensitäten, Messintervall 10 s. Untere Kurve: Kalibriert zu 3 Zeiten und 6fach geglättet. *Anmerkung:* Der Peak zwischen 0,5 und 1 Stunde Versuchszeit ist auf Luft- und Lichteinwirkung bei verbessertem Anbringen der Sonde zurückzuführen.

## 5. Karsterscheinungen auf dem Löffinger Muschelkalk-Hochland

Der verkarstungsfähige Obere Muschelkalk auf den Hochflächen nördlich und südlich der Wutach erleidet Einbrüche und gibt Anlass zu Bachversickerungen. Ein spektakulärer Erdfall ereignete sich 1300 m nordöstlich Göschweiler am 10. Januar 1954 unter dumpfem Grollen. Der Rosshagschacht war ursprünglich 38 m tief und hatte einen Durchmesser von 10 m (SAUER 1954), heute 16–18 m. Weitere Erdfälle liegen zwischen Göschweiler und Reiselfingen sowie Karstwannen südwestlich Bachheim, z.B. das „Bärenloch“

Dass der Muschelkalk – und hier besonders der Obere Muschelkalk – stark verkarstet ist, beweisen zahlreiche Höhlenvorkommen, die durch die Eintiefung der Wutach freigelegt worden sind (BURGATH 1971).

Vor allem sind es die Bachversickerungen im Oberen Muschelkalk, die weiterhin die Verkarstungen bestätigen. Unterhalb Dittishausen liegt die Mauchach oft trocken. MAY (1983) vermutete den Wiederaustritt des versickerten Mauchachwassers im Tränkebach bei Bachheim und schlug zur Lösung dieser Frage Markierungsversuche vor.

Die Wasserführung des Tränkebachs beträgt in seinem Mittellauf 100 l/s, nimmt jedoch gegen Bachheim ständig ab. Die meiste Zeit ist der Bachlauf von oberhalb Bachheim bis zur Tränkebachschlucht trocken. PAUL (1971b: 176) vermutet den Wiederaustritt des Tränkebachwassers in die Talfüllung des Wutachtals 2 km südlich, denn sichtbare Wasseraustritts-

stellen sind dort nicht vorhanden. Die Bachheimer sind andererseits davon überzeugt, dass das versickerte Tränkebachwasser im Hirschgraben, so wird der obere Teil des Hasengrabens genannt, also etwas mehr als 1 km südlich der Versickerungen wieder heraus kommt (GREINER 1937: 112).

Zwischen dem Kaltenbrunnen östlich Unadingen und 1 km unterhalb der Guggenmühle ist die Gauchach im Sommer meist trocken. Um die Mühle in Gang zu halten, ist oberhalb des Kaltenbrunnens die Gauchach in einen Kanal abgeleitet worden, der zur Guggenmühle führt. Erst ab einer Verwerfung erscheint dann wieder Wasser im Flussbett (GREINER 1937: 111).

## **6. Karsterscheinungen im Bonndorfer Muschelkalk-Hochland**

Auch das Bonndorfer Muschelkalk-Hochland zeigt eine deutliche Verkarstung. SCHALCH berichtet 1906 von einem Erdfall im Gewann Stumpfen bei Ewatingen, der im Jahr 1903 stattgefunden hat. Karstwannen findet man im Gewann Buckleten zwischen Bonndorf und Münchingen (HUTH & JUNKER 2004) sowie im Gewann Ried westlich Ewatingen (Abb. 1).

Bachversickerungen sind im Bonndorfer Muschelkalk-Hochland viel seltener als im Löffinger Muschelkalk-Hochland, weil sich die Bäche bereits durch den Oberen Muschelkalk bis zum relativ gering durchlässigen Mittleren und Unteren Muschelkalk eingetieft haben.

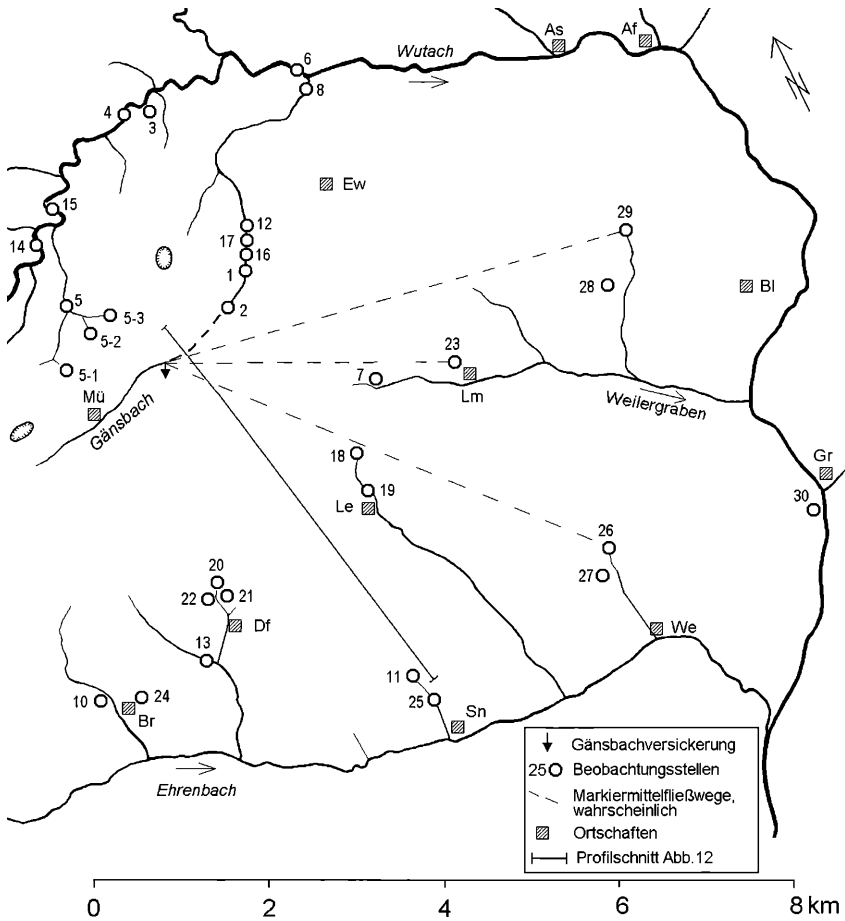
## **7. Markierversuch 1998/99 Gänsbachversickerung bei Münchingen**

Etwa 700 m westsüdwestlich Münchingen entspringt der Gänsbach durch Quellaustritte aus feuchten Wiesen und aus Dränagen. Der mittlere Gänsbachabfluss in Münchingen liegt bei 3–5 l/s (BAßLER 1999) (Abb. 11). Beim Eintritt in das Ortsgebiet ist der Bach kanalisiert und wird z.T. unterirdisch durch das Dorf geleitet. Rd. 900 m weiter talab versickert der Gänsbach, der hier die Gewässergüteklasse III–IV aufweist, in ein Schluckloch im Oberen Muschelkalk. Etwa 1200 m unterhalb der Versickerungsstelle tritt im Gänsbachtal eine Quelle aus Hangschutt, vermutlich im Grenzbereich Oberer/Unterer Muschelkalk, aus (Nr. 2 in Abb. 11). Die Schüttung allein dieser Quelle ist im Schnitt höher als die des Gänsbaches bei der Versickerungsstelle.

Zur Klärung, wo das versickerte Gänsbachwasser wieder an das Tageslicht kommt, wurde 1998 ein Markierversuch durchgeführt (BAßLER 1999). Am 1. Dezember 1998, 9:40 Uhr sind 3 kg Uranin in Lösung in den Gänsbach eingeschüttet worden. Nach wenigen Metern war das grüngefärbte Wasser im Untergrund verschwunden. Im weiteren Verlauf des Gänsbachtals befinden sich mehrere Quellen im Talgrund, darunter die Schuttquelle und die Gänsweiherquellen der früheren Wasserversorgung Ewatingen. Es war anzunehmen, dass das Markierungsmittel dort wieder erscheint. Daher begann 1 Stunde nach Einspeisung an diesen Quellen die Beprobung in dichter zeitlicher Folge. Wegen des Ausbleibens der Farbe im Gänsbachtal wurde die Anzahl der Beobachtungsstellen erweitert (Tabelle 3) (M-Nr. 658).

Die wichtigsten Muschelkalkquellen der Wasserversorgungen Dillendorf, Wutach und von mehreren Teilorten der Stadt Stühlingen, die im Schichtfallen tiefer als die Gänsbachversickerung liegen, wurden im Rahmen der Überarbeitung der Wasserschutzgebiete in die Beprobung einbezogen.

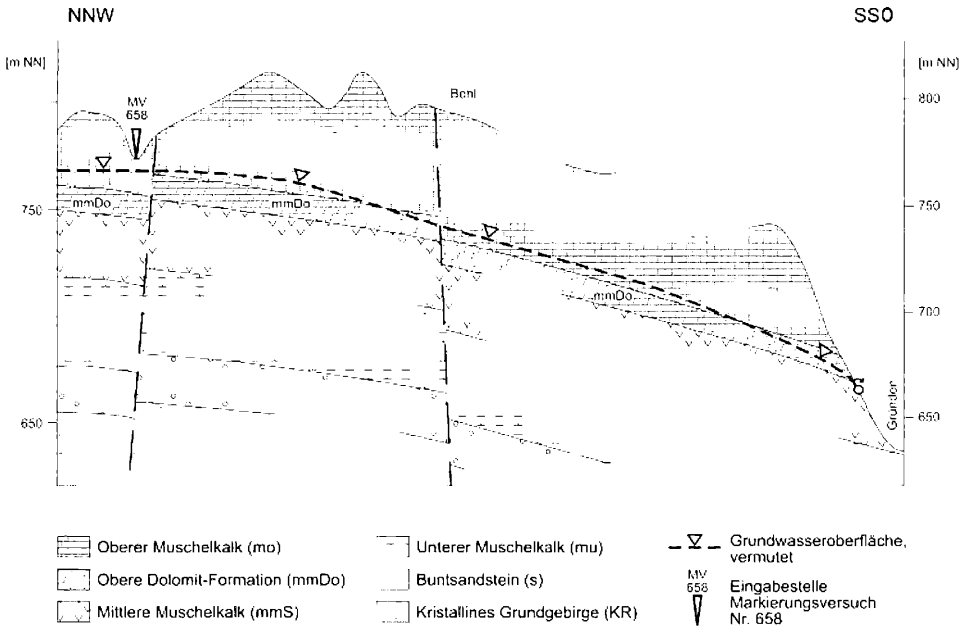
Markierungsversuche im Muschelkalk des Wutachknies (Lkr. Waldshut, Baden-Württemberg)



**Abb. 11:** Plan mit Eingabestelle und Beobachtungsstellen für den Färbversuch Gänsbachversickerungen am 1. Dezember 1998. Die Ovale westlich und nordöstlich von Münchingen bezeichnen Erd-senkungen (Karstwannen).

Die Probenuntersuchungen im erweiterten Probenahme-Umfeld – Muschelkalkquellen im Bonndorfer Muschelkalk-Hochland – erbrachten ebenfalls keine signifikanten Ergebnisse, um Durchgangskurven aufstellen zu können. Lediglich in 13 der 33 Messstellen waren Uraninspuren vorhanden (Tabelle 4). Diese Spuren des eingegebenen Farbstoffes lagen in extrem niedrigen Konzentrationen, nämlich im Nanogramm/Liter-Bereich. Die höchste Uraninkonzentration lag bei 25 ng/l. Auch die Kontinuität des spurenhafte Auftretens war meist nicht gegeben. In den Versuchsreihen finden sich zwischen den Spuren zeitliche Messwerte unter der Nachweisgrenze von 1 ng/l oder Minimalwerte.

Davon weichen einige Muschelkalkquellen im Osten und Südosten ab. Farbstoffnachweise im niedrigen Spurenbereich mehrmals nacheinander tauchten in Muschelkalkquellen der Wasserversorgung der Stadt Stühlingen auf, die im Schichtfallen am Südwestrand des Bonndorfer Muschelkalk-Hochlandes entspringen (Beobachtungsstellen 23, 26, 29; Tab. 4,



**Abb. 12:** Hydrogeologischer Schnitt von der Gänsbachversickerung zur Grubenrainquelle (Beobachtungsstelle 11); 5fach überhöht.

Abb. 11 und 12). Bis zum Auftreten der ersten Uraninspuren im Frühjahr 1999 waren alle vorhergehenden Befunde negativ. Der einmalige Nachweis einer geringen Uraninspur im Wasser der Dorfbachquelle der Wutacher Teilgemeinde Lembach (19) hat keine Aussagekraft. Ebenso kann der einmalige Nachweis in der Grubenrainquelle (11) nicht überbewertet werden.

Ein Zusammenhang zwischen der Gänsbachversickerung und den sehr geringen Farbstoffspuren im Wasser des Wutachaustritts A3 (3) und der Wutach (4) kann nicht belegt werden, weil sich im Einzugsgebiet der Wutach mehrere Kläranlagen befinden und solche Fließgewässer oft Uraninspuren als Hintergrundbelastung führen. Die Markierstoffspuren des Bächleins im Immenloch (5) können ebenfalls auf Grund der Lage unterhalb der Ortschaft Münchingen, die damals noch nicht an eine kommunale Kläranlage angeschlossen war, eher auf eine Hintergrundbelastung als auf die Farbstoffeingabe zurückgeführt werden. Ein nur zweimaliger Spurennachweis im Gänsbach (1) ist ebenfalls eher als Hintergrundbelastung zu deuten.

## 8. Ergebnisse

Im Muschelkalk an der Wutach gibt es mehrere Stellen, an denen Bach- oder Flusswasser in den verkarsteten Untergrund versickert. Die Wutach selbst hat zwei Versickerungsstellen, an denen seit 1923/24 mehrere Färbversuche durchgeführt wurden. Nur die Versuche in den neunziger Jahren, die vom oberen Schluckloch ausgeführt worden sind, konnten quantitativ ausgewertet werden.



Die 3 Bachversickerungen im Löffinger Muschelkalk-Hochland verlieren Wasser an bisher unbekanntem Wiederaustritten. Es gibt dafür mehrere, allerdings spekulative Vermutungen.

Im Bonndorfer Muschelkalk-Hochland ist nur die Münchinger Gänsbachversickerung bekannt. Der im Dezember 1998 eingeleitete Markierungsversuch blieb ohne den erwarteten massiven Wiederaustritt des eingegebenen Markierungsmittels. Während der zweijährigen Beobachtungszeit zeigten sich Farbstoffspuren nahezu rings um die Eingabestelle. Die Spurennachweise im Einzugsgebiet der Wutach sind offensichtlich Hintergrundbelastungen; bei einigen Muschelkalkquellen im Bonndorfer Muschelkalk-Hochland hingegen stellen diese echte Farbstoffspuren dar. Beobachtungsstellen waren so angelegt, dass nirgends und zu keiner Zeit ein massiver Wiederaustritt unbemerkt vorgekommen wäre. Etwa 1 km unterhalb der Einsickerung kreuzt der Südrand des „Bonndorfer Grabens“ das Gänsbachtal, wo der Obere Muschelkalk gegen Unterjura verworfen ist. Diese Barriere ist wohl dafür verantwortlich, dass das eingesickerte Gänsbachwasser gestaut und seitlich abgelenkt wird.

Weiterhin muss mit einer tiefgründigen und weit fortgeschrittenen Verkarstung des Oberen Muschelkalks, also mit großem Karstvolumen gerechnet werden. Ein Hinweis dafür sind die Karstwannen im Raum Ewattingen und Münchingen. Die Folgen dieser Zustände sind die starken Verdünnungen und lang hingezogenen Wiederaustritte. Denkbar ist auch ein Absinken des Grundwassers an Störungen mit stark verdünnten Austritten in die Vorfluter Untere Wutach und/oder Hochrhein oder bei weiteren Muschelkalkquellen im Raum Stühlingen-Wutöschingen. Ein mikrobiologischer Abbau des Uranins, wie BAßLER in Erwägung zieht, ist nach den vorliegenden Voraussetzungen unwahrscheinlich (KÄSS 2004).

Markierungsversuche im Oberen Muschelkalk ohne massive Wiederaustritte sind in Südwestdeutschland selten. Im Raum Stühlingen fanden 1996 und 1997 einige Markierungsversuche im Muschelkalk ohne Wiederaustritte statt, wie z.B. die Versuche 1073 und 1074 in Blumegg sowie 1075 und 1111 in Unterwangen. Den Berichterstattern ist weiterhin ein Fall bei Sinsheim-Ehrstädt/Rhein-Neckar-Kreis bekannt. Westlich des Stadtteils wurde in eine Bachversickerung Uranin eingegeben; der Farbstoff konnte in keiner der zahlreichen Beobachtungsstellen – nicht einmal in Spuren – wieder gefunden werden.

## Danksagung

Herrn Diplomhydrologen Joachim BAßLER sei gedankt für seinen Einsatz beim Markierungsversuch beim Gänsbach sowie für seine Auswertung der Markierungsversuche im Wutachtal im Juli und August 1997. Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau beim Regierungspräsidium Freiburg stellte die Markierungsmittel dankenswerterweise zur Verfügung.

## Angeführte Schriften

- BARCZEWSKI, B. (1990): Optische Methoden zur in-situ Tracerkonzentrationsmessung in Strömungen - Wasserwirtschaft, **80** (11): 553-561
- BAßLER, J. (1999): Geohydrologische Untersuchungen zwischen Wutach, Bonndorf und Stühlingen -Diplomarbeit (Mskr.), 64 S., 19 Abb., 17 Tab., Freiburg i.Br.
- BAUER, M. (1993): Wasserhaushalt, aktueller und holozäner Lösungsabtrag im Wutachgebiet (Südschwarzwald) - Tübinger geowiss. Abh., **C14**: 130 S., 48 Abb., Tübingen

- BURGATH, K. (1971): Die Karsthöhlen der mittleren Wutachschlucht - In: Die Wutach: 195-207, 6 Abb., Freiburg i.Br.
- GREINER, C. (1937): Geomorphologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der oberen Wutach - Bad. geogr. Abh., **17**: 1-122, 48 Abb., 3 Taf., Freiburg i.Br. (Selbstverlag Bad. Landesver. Naturkde. u. Naturschutz)
- HUTH, T & B. JUNKER (2004): Geotouristische Karte von Baden-Württemberg 1:200 000. Schwarzwald und Umgebung - Erläuterungen mit 440 S., 225 Abb., 1 Kt., Freiburg i.Br.
- KÄSS, W. (2004): Geohydrologische Markierungstechnik - Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 9, 2. Aufl., 557 S., 239 Abb., 43 Tab., 8 Farbtafeln, Berlin-Stuttgart (Gebr. Borntraeger)
- LIEHL, E. (1971): Morphologie des Wutachgebietes - In: Die Wutach: 1-30, 3 Taf., Freiburg i.Br. (Selbstverlag Bad. Landesver. Naturkde. u. Naturschutz)
- MAY, G. (1983): Die Besiedlung des Interstitials der Mauchach, eines periodischen Baches im Muschelkalk der Baar - Diplomarbeit (Mskr.), 104 S., Freiburg i.Br.
- PAUL, W. (1971a): Erd- und Landschaftsgeschichte des Wutachgebiets - In: Die Wutach: 31-35, 1 Tab., Freiburg i.Br. (Selbstverlag Bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz). - (1971b) Von der spätjurassischen (frühkretazischen ?) Landwerdung bis zur Gegenwart: Portlandium (Valendis ?) bis Holozän - In: Die Wutach: 135-194, 4 Abb., 6 Taf., Freiburg (Selbstverlag Bad. Landesver. Naturkde. u. Naturschutz)
- SAUER, K. (1954): Pleistozänes und holozänes geologisches Geschehen aus dem Wutachgebiet - Mitt. bad. Landesver. Naturkde. u. Naturschutz, N.F. **6**(2): 81-84, 1 Abb., Freiburg i.Br.
- SCHALCH, F. (1906): Erläuterungen zum Blatt Bonndorf, heute Blatt Löffingen Nr. 8116. Unveränderter Nachdruck 1984, 48 S., Stuttgart
- SCHMID, G. & B. BARCZEWSKI (1995): Development and application of a fibre optic fluorimeter for *in situ* tracer concentration measurements in groundwater and soil IAHS-Publication No **229**: Tracer technologies for Hydrological Systems, S. 13-20
- SCHNARRENBERGER, K. (1926): Die Wutachschlucht - Monatsbl. bad. Schwarzwaldver., **XXIX**(9): 102-106, 8 Abb., (10): 115-118, 5 Abb., Freiburg i.Br.
- SCHWARZMANN, H. (1971): Hydrographie des Wutachgebietes - In: Die Wutach: 221-226, 4 Abb., Freiburg i.Br. (Selbstverlag Bad. Landesver. Naturkde. u. Naturschutz)
- SCHWENKEL, H. (1951): Das Wutachtal im Schwarzwald in höchster Gefahr - Schwäbische Heimat, **1**: 14-19, 6 Abb. [Hrsg.: Schwäbischer Heimatbund]
- WAGNER, G. (1950): Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte - 664 S., zahlr. Abb. u. Taf., Öhringen (Rau)
- WESTPHAL, F. (1989): Feldbergdonau und Wutachschlucht; zur Entwicklung einer jungen Flußlandschaft - (Exkursion L am 31. März 1989) - Jber Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **71**: 189-197, 3 Abb., Stuttgart (Schweizerbart)
- WURM, F., M. FRANZ, W. PAUL & TH. SIMON (1989): Der geologische Bau des Wutachtales zwischen Lottenbach-Mündung und Achdorf (Exkursion G am 30. März 1989) - Jber Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. **71**: 121-148, 13 Abb., Stuttgart (Schweizerbart)

## Markierungsversuche im Muschelkalk des Wutachknies (Lkr. Waldshut, Baden-Württemberg)

## Anhang

**Tab. 1:** Topografische Daten zu den Markierungsversuchen für die Wutachversickerungen und für die Wiederaustrittsstellen sowie zum Färbversuch vom 22. Juli 1997 (z.T. nach BAßLER 1999). Die Mittleren Verweilzeiten und die Mittleren Abstandsgeschwindigkeiten werden für den Zeitpunkt des 50%igen Tracerdurchgangs ermittelt (LGRB M-Nr. 1117).

	R 34..	H 53..	mNN
V1 Obere Versickerungsstelle	55 725	01 290	588,5
V2 Versickerungsstelle beim Rümmelesteg	55 980	01 510	585
A1 Wiederaustritt beim Rümmelesteg	55 960	01 500	586
A2 Wiederaustritt beim Punkt 586,9	56 370	01 650	582
A3 Wiederaustritt beim Elzbeergraben	56 940	01 730	579
Werte für	A2	A3	
Schüttung (l/s)	50 (geschätzt)	150 (geschätzt)	
Mittlere Verweilzeit (h)	1,83	3,17	
Mittlere Abstandsgeschwindigkeit (m/h)	404	410	
Dispersionskoeffizient $D_1$ ( $m^2/s$ )	0,4877	0,886	
Dispersivität $\alpha_1$ (m)	4,575	7,869	
Wiedererhalt (%)	1,4	4,54	

**Tab. 2:** Daten zum Markierungsversuch am 8. August 1997 (z.T. nach BAßLER 1999) (LGRB M-Nr. 1271).

Werte für	A1	A2	A3
Schüttung (l/s)	50 (geschätzt)	50 (geschätzt)	150 (geschätzt)
Mittlere Verweilzeit (h)	0,81	1,95	3,10
Mittlere Abstandsgeschwindigkeit (m/h)	395	379	419
Dispersionskoeffizient $D_1$ ( $m^2/s$ )	0,208	0,364	0,774
Dispersivität $\alpha_1$ (m)	2,04	4,44	6,59
Wiedererhalt (%)	7,95	1,44	4,44

**Tab. 3:** Beobachtungsstellen zum Markierversuch 01.12.1998 (erweitert nach BAßLER). Die Auflistung der Farbspuren erfolgt in der Tabelle 4. (LGRB M-Nr. 658).

Nr.	Namen der Beobachtungsstellen	Entf. (m)	Q (l/s)	Entnahmen von – bis	Probenzahl	Farbspuren
<b>GÄNSBACHTAL</b>						
1	Gänsbach oberhalb Gänsweiherquellen	1700	2	01.12.98 – 22.02.99	40	+
2	Schuttquelle im Gänsbachtal	1000	5	01.12.98 – 02.12.99	36	–
16	QF Gänsweiherquelle, neu	1800	2	01.12.98 – 02.02.99	30	
17	QF Gänsweiherquelle, alt	1900	4	01.12.98 – 02.02.99	30	–
12	Gänsbach am PWK	2000	3,5	05.12.98	1	–
8	Gänsbach vor Einmündung	3900	10	03.12.98 – 02.02.99	12	–
<b>WUTACHTAL</b>						
5	Immenloch, Zusammenfluss	1250	1	01.02.98 – 30.04.99	31	+
5-1	Immenloch beim Guggesberg	1100	<1	16.12.98 – 22.02.99	8	+
5-2	Immenloch-Südost	1000	<1	16.12.98 – 22.02.99	8	+
5-3	Immenloch-Ost	1000	<1	16.12.98 – 22.02.99	8	+
14	Wutach, oberhalb Immenlochtal	1900	5000	08.01.99	1	–
15	Wutach, oberhalb Rümmelesteg	2150	5000	08.01.99	1	–
4	Wutach, oberhalb A3	3000	5000	01.12.98 – 23.01.99	15	+
3	Wiederaustritt A3	2950	150	01.12.98 – 10.06.99	17	+
6	Wutach, bei der Wutachmühle	3950	5000	01.12.98 – 02.02.99	15	+
<b>EINZUGSGEBIET EHRENBACH</b>						
10	Brunnadern, kleiner Bach	4100	3	09.12.98 – 02.02.99	9	–
24	Brunnadern, QF Ob-den-Häusern-Quelle	4000	10	01.12.99 – 02.02.99	24	–
13	Dillendorf, Talbach beim Burgrain	3600	15	09.12.98 – 02.02.99	9	–
22	Dillendorf, QF Büchlequelle	2350	3	01.12.98 – 02.02.99	21	–
20	Dillendorf, QF Oberwiesenquelle	2300	2	01.12.98 – 02.02.99	21	–
21	Dillendorf, QFF Waasen 1+2	2350	3	01.12.98 – 02.02.99	21	–
25	Schwaningen, Bach Gewann Gründen	4400	10	02.12.98 – 15.11.2000	29	–
11	Schwaningen, Grubenrainquelle	5000	10	09.12.98 – 02.02.99	9	+
18	Lembach, QF Grundquelle	2600	3,5	01.12.98 – 02.02.99	21	–
19	Lembach, QF Dorfbachquelle	2800	17	01.12.98 – 15.12.2000	43	+
26	Weizen, QF Klausenquelle	5100	6	01.12.98 – 07.11.2000	37	+
27	Weizen, QF Schambachquelle	5500	8	01.12.98 – 02.02.99	19	–
<b>EINZUGSGEBIET WEILERGRABEN-WUTACH</b>						
7	Lausheim, Lausheimer Bach	2800	1	01.12.98 – 12.08.99	27	–
23	Lausheim, QF Landtalenquelle	3600	4,5	01.12.98 – 07.11.2000	41	+
28	Lausheim, QFF Oberletzquellen 1+2	5550	2	01.12.98 – 26.01.99	28	–
29	Lausheim, QFF Nußbachquellen 4+5	5700	8	01.12.98 – 07.11.2000	46	+
30	Grimmelshofen, Rübenreutequellen 1+2	8000	2,2	03.12.98 – 08.01.99	10	–
Alle Quelfassungen (QF) haben eine Grundwasser (GW)-Nummer der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW).						

## Markierversuche im Muschelkalk des Wutachknies (Lkr. Waldshut, Baden-Württemberg)

**Tab. 4:** Uraninspuren in den 13 betroffenen Beobachtungsstellen. Vor dem 11. Dezember waren alle Befunde negativ. Angaben in Nanogramm/Liter (ng/l), – : nicht beprobt.

Tag	Gänsbach oberh. Weiherquellen	Immenloch	Immenloch bei Guggesberg	Immenloch Südost	Immenloch Ost	Wutach oberh. A 3	Wiederaustritt A3	Wutach bei der Wutachmühle	Schwaninger, Grubenrainqu.	Lembach, Dorfbachquelle	Weizen, Klausenquelle	Lausheim, Landtalenquelle	Lausheim, Nussbachquelle
Tag	1	5	5-1	5-2	5-3	4	3	6	11	19	26	23	29
11.12.1998	0	0	–	–	–	0	0	0	0	0	0	0	0
14.12.1998	0	15	–	–	–	0	0	5	0	0	0	0	0
16.12.1998	0	10	0	15	15	5	5	–	–	–	–	–	0
18.12.1998	0	10	0	20	15	5	5	5	0	0	0	0	0
23.12.1998	0	2	12	10	10	9	–	0	0	0	0	0	0
08.01.1999	0	2	3	4	1	10	10	0	0	0	0	0	–
16.01.1999	13	1	1	2	6	1	4	1	0	0	0	0	–
23.01.1999	0	5	2	10	7	16	10	0	0	0	0	0	–
02.02.1999	13	8	13	7	7	–	–	11	0	0	0	0	–
22.02.1999	0	–	25	18	20	–	–	–	–	–	–	–	–
16.03.1999		0					0		–	0	–		–
18.03.1999		–					–		–	–	0	0	3
10.04.1999		–					–		–	–	3	0	0
26.04.1999		–					–		–	0	–	–	–
30.04.1999		–					0		–	–	–	–	–
10.05.1999		–					–		–	–	0	0	0
28.05.1999		–					–		–	0	–	–	–
10.06.1999		0					0		–	–	0	6	0
02.07.1999									–	0	–	–	–
15.07.1999									–	0	–	–	–
12.08.1999									–	2	–	–	–
17.08.1999									–	–	0	3	10
01.09.1999									–	0	–	–	–
17.09.1999									–	–	9	0	5
22.09.1999									–	0	–	–	–
17.10.1999									–	–	12	4	9
25.10.1999									–	0	–	–	–
17.11.1999									–	–	7	7	2
24.11.1999									–	0	–	–	–
02.12.1999									–	0	–	–	–

## Bernhard Grimm &amp; Werner Käb

Fortsetzung Tab. 4

	Gränsbach oberh. Weiherquellen	Immenloch	Immenloch bei Guggesberg	Immenloch Südost	Immenloch Ost	Wutach oberh. A 3	Wiederaustritt A3	Wutach bei der Wutachmühle	Schwaningen, Grubenrainqu.	Lembach, Dorfbachquelle	Weizen, Klausenquelle	Lausheim, Landtalenquelle	Lausheim, Nussbachquelle
Tag	1	5	5-1	5-2	5-3	4	3	6	11	19	26	23	29
21.01.2000									0	0	-	-	-
07.02.2000									-	-	0	3	0
21.02.2000									0	0	-	-	-
07.03.2000									-	-	0	4	0
14.03.2000									0	0	-	-	-
07.04.2000									-	-	0	0	0
15.04.2000									0	0	-	-	-
02.05.2000									0	0	-	-	-
07.05.2000									-	-	0	0	0
08.06.2000									0	0	0	0	0
02.07.2000									0	0	-	-	-
07.07.2000									-	-	0	0	0
31.07.2000									-	0	-	-	-
07.08.2000									20	-	0	0	0
07.09.2000									-	-	0	0	0
14.09.2000									0	0	-	-	-
07.10.2000									-	-	0	0	0
26.10.2000									-	0	-	-	-
03.11.2000									0	0	-	-	-
07.11.2000									-	-	0	0	0
15.11.2000									-	-	-	-	-
15.12.2000									0	0	-	-	-

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [99](#)

Autor(en)/Author(s): Grimm Bernhard, Käß Werner

Artikel/Article: [Markierungsversuche im Muschelkalk des Wutachknies \(Lkr. Waldshut, Baden Württemberg\) 1-22](#)