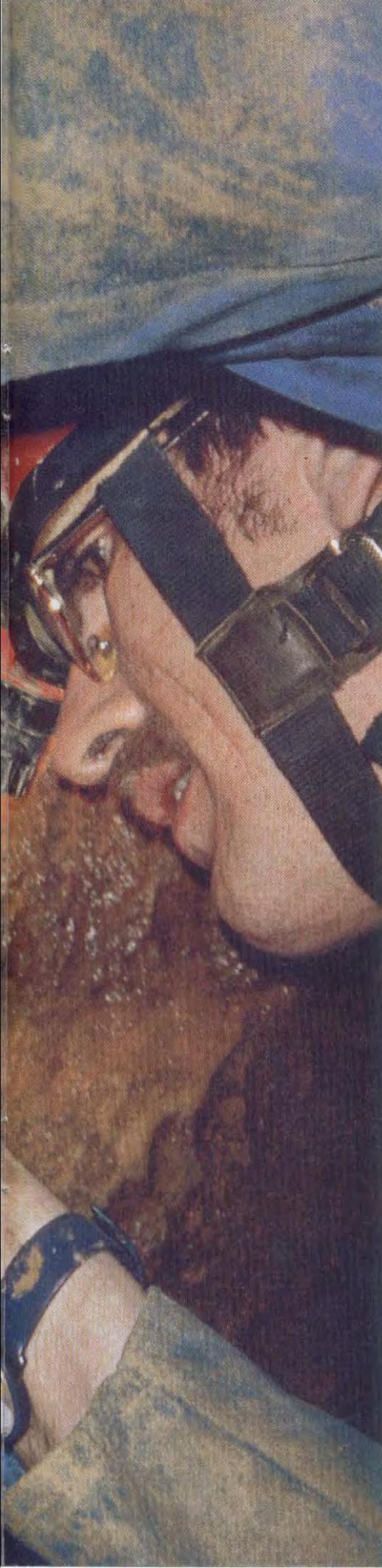


# Bakterien im Karst





*Es gibt so vielerlei an Saft  
den schlimmen Durst zu stillen.*

*Im Wein ist Wahrheit,  
im Bier ist Kraft.*

*Im Wasser sind Bazillen.*

*Alte Hydrologenweisheit*

**M**ikroben im Grundwasser zählen nicht zu den Freunden des Brunnenbesitzers. Ob großes Pumpwerk, kleine Wassergenossenschaft oder Hausquelleneigner, jeder ärgert sich über Bakterien in seinem kostbaren Nass. Werden gar noch Fäkalkeime als Anzeiger für mögliche Krankheitserreger festgestellt, wie das Darmbakterium *Escherichia coli* oder Enterokokken, dann reagieren die Behörden mit großer Strenge und es heißt: Reinigen oder die Quelle abdrehen!

Nun, das scheinen ja alles nur Probleme der übernutzten Ballungszentren zu sein. Karstwasser gilt zwar als anfällig für mikrobielle Belastung, aber im einsamen Waldgebiet von Sengsen- und Hintergebirge haben wir uns eigentlich den Nachweis der „Reinheit“ erwartet, als wir mit dem Karstquellen-Monitoring begannen.

Umso größer war dann die Überraschung, als alljährlich, vor allem im Sommer und Herbst, die meisten der geprüften Quellen eine hygienische Beeinträchtigung aufwiesen. Nach dem Lebensmittelkodex wären dann viele Quellen im Nationalpark nicht als Trinkwasser geeignet. Eigentlich traurig für ein Naturschutzgebiet, in dem kristallklare Quellen und Bäche ein ganz wesentliches Element sind...

**D**och sind Kleinstlebewesen im Wasser immer gleich zu setzen mit Schmutz? Bakterien gelten doch auch in vielen Fällen als Reinigungsmaschinen, zum Beispiel in Tropfkörpern von biologischen Kläranlagen. Was verbirgt sich hinter den Begriffen „Gesamtkeimzahl“, „Koloniebildende Einheiten / Colony Forming Units“ (KBE / CFU)? Zeugt ein Coli-Bakterium tatsächlich von

*Großes Bild: Eine „Bakterienfalle“ wird in der Rettenbachhöhle eingerichtet. Nach einigen Wochen wird der Nährboden ausgewertet.*

*Rechts: Bakterienkolonien auf dem Nährboden. So kann man die Mikroorganismen im Labor zählen.*

Text: Harald Haseke u.a.  
Fotos: Benjamin Menne  
Roland Mayr

der direkten Verbindung vom Kuhfladen zur nächsten Quelle? Haben sich Organismengruppen aus dem Bodenmilieu eventuell dem Leben im unterirdischen Wasserleitungsnetz der Kalkberge angepasst? Groß ist die Überraschung, als wir im Rahmen des Nationalpark Karstforschungs-Programmes nach Literatur suchen. Es existieren kaum Erkenntnisse über unterirdische Mikroorganismen und ihre Wege im Wasser!

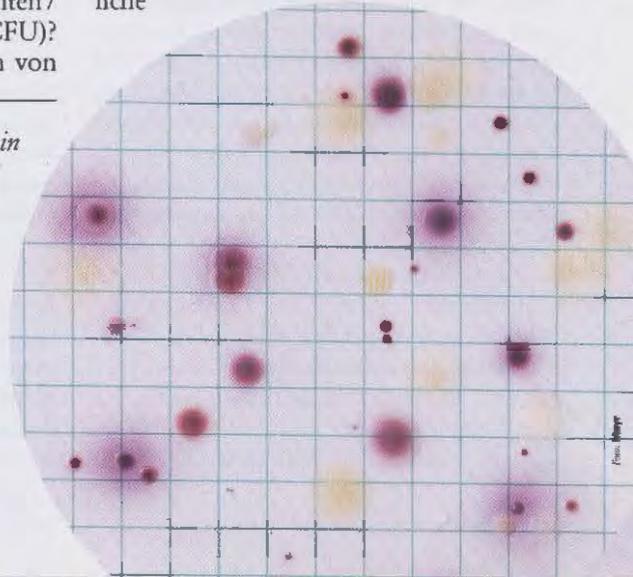
**M**ikrobiologen nahmen sich der Sache an, krochen durch lehmige Höhlensysteme und griffen ins gewitterbraune Wasser. Vieles war neu: Mühsam wurden die Mikroben auf mageren Nährböden bei niedrigeren Temperaturen angezüchtet, Sammel- und Abstrichmethoden vom unterirdischen Substrat erprobt. Mit genetischen Fingerprints wurde versucht, bestimmte Gruppen von Bodenbakterien zu identifizieren.

Die Erkenntnisse halten wir zum Teil für revolutionär. In Fachkreisen werden sie unter dem Titel „Neue Wege in der Karstwasserforschung“ gehandelt. Eine Tagung des österreichischen Wasser- und Abfallverbandes wird sich im Herbst 1998 in Windischgarsten diesem Thema widmen. Hier zwei Experten:

*Dr. Susanne Schmidt,  
Institut für Hygiene, Graz*

### **Die Wasserqualität in den Karstquellen des Nationalparks**

**D**as Grundprinzip der Trinkwasserhygiene stammt aus der Antike. Waren auch die krankmachenden Ursachen noch nicht bekannt, so bestätigte sich doch die Bedeutung des guten Trinkwassers durch Erfahrungen. Hippokrates, einer der bedeutendsten Ärzte des Altertums, beschäftigte sich intensiv mit den „Hygieneaspekten“ von Luft, Wasser und Umgebung. Leider geriet im Laufe der Jahrhunderte vieles in Vergessenheit und schreckliche



Ausbrüche von Infektionskrankheiten, wie Typhus, Paratyphus und Ruhr dauerten bis ins letzte Jahrhundert an.

Heute ist bei der Trinkwasseruntersuchung die mikrobiologische Qualität ganz wesentlich: Über 90 Prozent der trinkwasserbedingten Gesundheitsrisiken sind auf Kleinstlebewesen zurückzuführen. Krankheitsauslösende Bakterien können auch im dünnbesiedelten Bergland ins Quellwasser kommen und zur Infektion führen: Aus der Alm- und Weidewirtschaft, aus Jagdvergnügen und Wild-einständen, aus Abwässern touristisch erschlossener Gebiete, aus dem Pumpwasser von Schneekanonen. Die meisten dieser Bakterien werden sich im Wasser bzw. im Boden nicht vermehren, jedoch konnten wir mittlerweile feststellen, dass sie über lange Zeiträume im artfremden Milieu überleben können.

In der mikrobiologischen Trinkwasseruntersuchung werden sogenannte Indikatorkeime untersucht. Es sind Bakterien, die im Verdauungstrakt von Warmblütern leben und mit den Fäkalien ausgeschieden werden. Dazu zählen *Escherichia coli*, coliforme Bakterien und Enterokokken. Sie selbst sind nicht schädlich, sondern lebensnotwendig, und man sieht ihnen auch nicht an, ob sie aus dem Plumpsklo einer Berghütte, aus der Losung von Rotwild oder aus den quellnahen Umtrieben einer Ente stammen.

**B**eim Karstquellen-Monitoring rund um den Nationalpark fanden wir folgendes:

Von den 39 beprobten Ursprüngen rund um den Nationalpark können nur drei Quellen als bakteriologisch einwandfrei gelten. Alle anderen Wässer zeigen eine deutliche Verkeimung, zumeist in der wärmeren Jahreszeit. Uns wurde bald klar, dass sich die Quellen in ihrer Mikrobiologie deutlich unterscheiden. Trotzdem gibt's eine gewisse Regelmäßigkeit. Während in den Wintermonaten eine geringe Zahl von „Koloniebildenden Einheiten“ und fast keine Indikatorkeime nachzuweisen sind, erhöht sich die Anzahl der Mikroben im Karstwasser explosiv zum Sommer hin. Dies steht im deutlichen Gegensatz zur Wasserphysik und Wasserchemie der Quellen, die sehr „saubere“ Werte zeigen und übers Jahr ausgeglichen verlaufen.

Karstquellen, deren Wasser aus tiefen Karströhren oder aus Felsgebieten stammt, zeigen geringe oder keine Keimbelastung, das bleibt auch übers Jahr gleich. Beispiele: Einige Talquellen im Hintergebirge und in den Mollner Bergen. Ein anderes Bild zeigen Quellen,

die nah an der Oberfläche liegen und deren Einzugsgebiet genutzt wird, wie am Feichtau- und Ebenforstplateau oder am östlichen Warscheneck. Hier wird um ein Vielfaches mehr an Keimen der Darmflora eingeschleust und es sind hohe Schwankungen übers Jahr erkennbar.

**U**nd das passiert bei starken Niederschlägen oder Schneeschmelze: Die Keime werden durch eine höhere Niederschlagsmenge erst vom Substrat losgelöst und dann vom nachkommenden Niederschlag verdünnt. Die Bakterientrift entspricht aber nicht immer der Ganglinie der Schüttung: Ein Zeichen dafür, dass ein großer Anteil der mikrobiologischen Wesen nicht frei im Wasser schwebt, sondern an Sedimente oder an im Wasser treibende Partikel geheftet ist. Dabei werden sowohl organische als auch mineralische Bestandteile von den Mikroorganismen als „Fahrzeuge“ benutzt. Der Vergleich der Steyrerquelle in der Mollner Innerbreitenau und der Rettenbachquelle bei Windischgarsten bewies: Die weitaus stärker keimbelastete Steyrerquelle führte auch mehr organisches Material als die Rettenbachquelle, ihr Wasser ist auch stärker getrübt.

Von da war es nur ein kleiner Schritt zur Vermutung, dass auch hygienisch relevante Mikroben an Kluft- und Höhlenwänden fixiert sein könnten. Die Untersuchungen zeigten, dass tatsächlich Darmbakterien im „Biofilm“ unterirdischer Lebensgemeinschaften enthalten sind! Colibakterien können im Kaltwasser über 200 Tage überdauern. Daher muss nicht jeder Nachweis auch eine „aktuelle“ Verschmutzung anzeigen.

*Dipl.-Biologe Benjamin Menne,  
Büro für Ingenieurbiologie und  
Umweltanalytik, Mühlacker/Deutschland*  
**Mikrowelt im Untergrund**

**W**enige Millimeter groß ist die kleine Flocke, durchsichtig und unscheinbar. Mit der Pipette habe ich sie vorsichtig auf den Objektträger gesetzt und zum Mikroskopieren vorbereitet. Langsam schalte ich die Vergrößerung hoch und stelle scharf. Vor meinen Augen wird das Bild Stück für Stück deutlicher. Da ist die eine Seite der Flocke: Kleine Stückchen Stein zeigen, dass es die Seite ist, mit der die Flocke in der Rettenbachhöhle am Felsen haftete. In einem dichten Gel, das die Bakterien ausgeschieden haben, liegen stäbchenförmige Zellen eingebettet. Eine violett gefärbte Pilzhyphe ist zu sehen. Und da, auf der anderen Seite, jener die dem Karstwasser zugewandt war, da bewegt sich

etwas! Auf der anderen Seite des Films sitzen korkenzieherförmige Bakterienzellen, mit ihrem hinteren Ende im Gel der Flocke verankert. Wie winzige Rührer strudeln sie Wasser und Nährstoffe auf den „Biofilm“ – die dünne Haut aus Lebewesen an den Höhlenwänden – zu.

Es sind nur wenige Quadratmillimeter, die ich da durch die tausendfach vergrößernden Linsen des Mikroskops sehe. Im Vergleich dazu: Die Hunderte von Quadratkilometern, die riesigen inneren Oberflächen der Karstberge, hier im Nationalpark, in den Alpen. Ein Lebensraum, gewaltig groß und doch wissen wir fast nichts über das, was sich dort abspielt!

Wasser durchsickert das Gestein, rinnt die Klüfte hinab. Unhörbar rinnt es im Dunkel der Gebirgskörper der Schwerkraft folgend, um irgendwann in den Karst-



*Ein Fadenwurm „weidet“ am Biofilm: Ein bislang völlig unbekannter Lebensraum unter Tag im Karsthöhlensystem.*



quellen zu Tage zu treten... Was hier im Mikroskop zu sehen war, ist ein im Karst des Sengengebirges gewachsener Biofilm. Im Laufe der Forschungen im Nationalpark fanden wir ganz unterschiedliche Lebensgemeinschaften von Mikroben, die alle im eiskalten Dunkel zu Hause sind. Unter dem Mikroskop sind solche Unterschiede sichtbar, wie sie im Großen zwischen einem tropischen Regenwald und einer nordischen Tundra zu erkennen sind. Der Nachweis von Biofilmen im Karst war jedoch nicht ganz überraschend. Schon zuvor war erkannt worden, dass sich Bodenbakterien an das Leben „unter Tage“ anpassen können.

**S**eit mehr als einem Jahrzehnt erforsche ich die Verbreitung von Myxobakterien in Höhlen. Diese Bakterien leben normalerweise im Boden und auch im Verdauungstrakt einiger Tiere. In den Böden der Oberfläche liegt eine andere Artenzusammensetzung vor als in den Klüften und Höhlen. In den obersten hundert Metern Gestein sind in den Höhlen stets mehr Myxobakterien zu finden als oberirdisch. Je tiefer man in die Höhlensysteme hinabsteigt, um so deutlicher ändert sich die Zusammensetzung und Häufigkeit der Arten. Laboruntersuchungen bewiesen, dass sich bestimmte Arten, nämlich gerade die, welche in der Tiefe häufiger sind, hervorragend an die Kälte unter Tage angepasst haben. Sie wachsen munter und bilden ihre wunderschönen Fruchtkörper. Bei diesen Temperaturen halten ihre oberirdisch lebenden Artgenossen schon längst „Winterschlaf“.



Schließlich kommt es im Bereich des Karstwasserspiegels nochmals zu einer grundlegenden Veränderung der mikrobiellen Lebensgemeinschaften. Diese „vertikale Zonierung“ fanden wir auch im Sengengebirge. Sie zeigt, dass die Mikroben unter Tage aktiv sind. Die alten Vorstellungen von der rein passiven Bakterienvertriftung gerieten so kräftig ins Wanken.

**W**o aber leben sie? Auf den Kluftwänden und in den Lehmen und Sanden, die es reichlich im Karst-Innern gibt. Die Tatsache, dass Mikroorganismen auf den Kluftflächen leben, hat weitreichende Konsequenzen sowohl für Themen, die mehr den Wissenschaftler interessieren – zum Beispiel den Prozess der Verkarstung –, als auch für alle, die gerne gesundes Wasser aus einer Quelle genießen möchten. Es wird klar, dass nicht alle Bakterien, die wir in den Quellen finden, von Vorgängen auf der Erdoberfläche stammen, sondern viele von ihnen ganz natürlich im Karst gewachsen sind und sich vermehrt haben. Von „Verschmutzung“ kann da keine Rede sein. Möchte man also von einer Karstquelle trinken, so muss man noch mehr von ihr wissen, als uns Gesamtkeimzahlen und Indikatorkeime sagen können.

Die im Karst vorhandenen Lebensgemeinschaften von Mikroben nennen wir heute die „sessile Mikrobiozönose“. Bei Hochwasser, aber auch wenn die Biofilme zu dick werden oder ihre eigene Unterlage angeätzt haben, werden sie mit der Wasserwelle aus dem Karst gespült und an den Quellen messbar. Da unter Tage der „Sommer“ ins oberirdische Frühjahr zu fallen scheint, kommen gerade dann, wenn unter Tage alle Biofilme so richtig entwickelt sind, die Hochwässer der Schneeschmelze und die Sommergewitter und schaffen Platz für neues Wachstum, neues Leben – so wie es in der Natur eben nötig ist.

So gesehen sind die Mikroben im Brunnenwasser auch Zeichen eines natürlichen und gesunden Vorganges. Dass auch unerwünschte Bakterien in den Biofilmen festgehalten sein können, wie zum Beispiel das oben erwähnte Darmbakterium *E.coli*, zeigt umso mehr, wie wichtig es ist, die Einzugsgebiete der Quellen zu

*Myxobakterien (Strahlenpilze): Diese „Säugetiere unter den Bakterien“, hochorganisierte Mikroorganismen, schließen sich zu Tausenden Individuen zusammen und bilden komplizierte „Fruchtkörper“ aus.*

schützen. Die Bakterien werden nicht einfach nur durch den Karst durchgeschwemmt, sondern einige bleiben drin – und kommen irgendwann, den natürlichen Gesetzen folgend, wieder ans Tageslicht.

### Kleine Wasserqualitäts-Kunde

In Österreich wird das Lebensmittel Wasser nach den Anforderungen des Österreichischen Lebensmittelbuches, Kapitel B1, beurteilt.

„Trinkwasser muss frei von solchen Bakterien, Viren und Parasiten sein, die durch Verschlucken eine Erkrankung des Menschen verursachen können. Da deren Nachweis langwierig und nicht immer sicher ist, wird Trinkwasser routinemäßig nur auf das Vorhandensein von sogenannten Indikatorkeimen überprüft“, ÖLMB B1 Pt. 9.

Die Anforderungen gelten als erfüllt, wenn die nachstehend angeführten Richtzahlen und zulässigen Höchstkonzentrationen eingehalten werden:

- Gesamtkeimzahl (KBE/ml) bei 22 °C ..... 100
- Gesamtkeimzahl (KBE/ml) bei 37 °C ..... 10
- *Escherichia coli* ... nicht nachweisbar in 100 ml
- Coliforme Bakterien ... nicht nachweisbar in 100 ml
- Enterokokken ... nicht nachweisbar in 100 ml

KBE/ml: Koloniebildende Einheiten pro Milliliter.

*Dr. Susanne Schmidt ist dem Nationalpark Kalkalpen seit 1992 verbunden und führt alljährlich die bakteriologisch-hygienischen Trinkwasseranalysen an unseren Quellwässern durch, seit 1995 auch im Rahmen eigenständiger Forschungsbeiträge.*

*Dipl.-Biologe Benjamin Menne zählt zu den führenden Karst-Mikrobiologen in Mitteleuropa. Wir konnten ihn 1996 für die Nationalpark Forschung gewinnen, wo seine Untersuchungen wegweisende neue Theorien zur Karstentwicklung und Mikrobenfrucht eröffnet haben.*