

Projekt Karstprogramm 1603

1997

Endbericht des Teilprojektes 7.5.1./1997

“Mikrobiologische Beprobung:
Seuchenhygienische Zeigerorganismen im Quellwasser,
Analyse und Auswertung”

Susanne Schmidt

Graz, im November 1997

Die vorliegende Arbeit wurde vom Verein Nationalpark Kalkalpen beauftragt und aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt und des Landes Oberösterreich finanziert.

Kurzfassung:

Mit Ende 1997 geht die erste Projektphase des Karstprogrammes ins große Finale über. Die hydrologischen Untersuchungen erstreckten sich auch in diesem Jahr auf Quellen, die folgenden geographischen Einheiten zuzuordnen sind: Reichraminger Hintergebirge, Sengsengebirge, Haller Mauern, Bosruck, Warscheneck, Mollner Becken und Beckenvorland.

Die vorliegenden mikrobiologischen Daten stammen von folgenden Meßterminen:

- | | | |
|---|--|-----------------|
| ❶ | “Winterbeprobung” (Monitoring an 33 Quellen) | 25.-27.02. 1997 |
| ❷ | “Spätwinterbeprobung” (Intensivkampagne an 3+8 Quellen | 14.-18.04.1997 |
| ❸ | “Frühling-Schneeschnmelze” (Monitoring an 38 Quellen) | 13.-15.05.1997 |
| ❹ | “Schafskälte-Frontdurchgang” (Intensivkampagne an 3+9 Qu.) | 5.-11.07.1997 |
| ❺ | “Sommerliches Trockenwetter” (Monitoring an 39 Quellen) | 19.-21.08.1997 |
| ❻ | “Spezialkampagne Rettenbachhöhle” (am 2.Februar; 17.April und 10.Juli 1997) | |
| ❼ | “Spezialkampagne Maulaufloch” | 20.09.1997 |

Die mikrobiologische Untersuchung dieser Arbeit bezog sich schwerpunktmäßig auf die hygienisch-epidemiologische-Identifikation und Zuordnung der Mikroben nach seuchenhygienischen Parametern, deren Analysen mit mikrobiologischen Methoden für die Trinkwasseruntersuchungen durchgeführt wurden.

Interessant waren die Ergebnisse der mikrobiologischen Analysen während der Monitoring-Touren: Es konnten bereits hohe Keimzahlen während der “Wintermessung” im Februar nachgewiesen werden, was in einer verfrüht einsetzenden Schneeschnmelze begründet sein dürfte. Stärkste Fäkalkontamination trat bei Quellen auf, die dem “Grünkarst” zuzuordnen sind auf. Untersuchungsergebnisse der beiden anderen Monitoring-Touren zeigten keine besonderen Abweichungen zu Ergebnissen mit den vorjährigen Untersuchungen: im Mai geringe Kontamination und eine eindeutige mikrobiologische Steigerung der Nachweise mit Mikroben der physiologischen Fäkalflora bis zum Sommer hin.

Ergebnisse der Intensivkampagnen zeigen sehr deutlich die unterschiedliche Dynamik der Outputs, während verschiedener Ereignisse an verschiedenen Quellen: Auch eine sehr stabile Quelle, wie die Quelle am Großweissenbach (Weis) zeigte sich mit deutlichem Kontaminationsgrad nach einem Hochwasserereigniss.

Gesamt betrachtet würden nur sehr wenige der untersuchten Quellen ganzjährig den Qualitätsanforderungen für Trinkwasser (lt. ÖLMB B1 Pt.9) entsprechen; das wären etwa 20% aller untersuchten Quellen. Die am meist kontaminierten Quellen entstammen aus den Alm und Waldweidegebieten.

Aus den bisher gewonnenen mikrobiologischen Datenmaterialien kann man bereits sehr gut die Ganglinien der Kontamination mit Fäkalbakterien an den Quellen beobachten, die durch verschiedene Einflüsse geprägt werden. Die Bedeutung der Schutzwürdigkeit diverser Quellen kann durch unsere Beobachtungen hervorgehoben und dokumentiert werden, (Verordnungstext (Nationalparkgesetz 1997) im I.Abschnitt §2).

Weiterausführende Interpretationen mit anderen Fachrichtungen sind für den Schlußbericht 1998 des Nationalpark-Karst-Programmes vorgesehen.

Abstract:

Microbiological analysis of springwater in the NP-Kalkalpen will be finished in 1997. The microbial samples have been collected 3-times this year (Monitoring) and at two drought campaigns (Steyern Quelle, Hintere Rettenbachquelle und Quelle am Großweißenbach). Samples have been collected from different areas: Reichraminger Hintergebirge, Sengsengebirge, Haller Mauern, Bosruck, Warscheneck, Mollner Becken und Beckenvorland.

The investigations of the springwater were practicabled with microbial-methods of drinkwater analysis.

The results of this year represent the different microbiological situations in reference of the quantity and quality during different times a year, and of the dependence from the upper surface (the risk of contamination from the surface(anthropogen influence). Differences to the results of the last years could be found: The most occurence of "Fäkalbakterien" will be shown in February, because of the early melting of snow. These were mostly springs of the so called:"Grünkarst"-areas.

Only a few of all investigated springs, would be able to use for drinking water (ÖLMB B1 Pt.9) (only 20%).

The microbial results are discussed in reference to protection and safety of the springs.

In relation with other work-groups, these investigations will be discussed at the great report of 1998 (Nationalpark-Karstprogramm-Endbericht).

Inhaltsangabe:

Kurzfassung:.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
1. Einleitung	5
2. Beobachtungsgebiet und Meßtermine	7
3. Ergebnisse 1997.....	11
3.1. Mikrobiologische Nachweise während der Monitoring-Touren	11
3.2. Verteilung der CFU (colony-forming-units) im Jahresverlauf 1997:.....	11
3.3. Interpretation der Keimführung der regional differenzierten Quellen während der Monitoring-Touren 1997	12
3.4. Einteilung der Quellen nach ihrem Einzugsbereich	25
3.5. Intensivbeprobung	28
3.6. Mikrobiologie der Rettenbachhöhle	34
3.7. Erstbeprobung der Maulauflochhöhle	35
4. Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse:.....	36
5. Literaturverzeichnis	39

1. Einleitung

Alles, was wir unserer Umwelt an negativen, künstlichen Belastungen und Eingriffen antun, fällt, grob sichtbar oder heimtückisch verborgen, irgendwie und irgendwann bedrohlich wieder auf uns selbst zurück. Wenn wir auf der einen Seite unseren Boden direkt oder indirekt (z.B. aus der Luft oder Niederschlägen) laufend verunreinigen, wenn viele unserer Quellen und Bäche kontaminiert sind, dann brauchen wir uns wirklich nicht zu wundern, daß die Reinhaltung unserer Trinkwasserreservoirs vordringlichste und ungemein schwierige Aufgabe jedes Umweltschutzprogrammes ist. Ob ich in diesem Zusammenhang das Wort "Umweltschutz" oder "Hygiene" gebrauche, ist weitgehend gleichgültig, wenn der Gesundheitsschutz des Menschen als vorderste Aufgabe gestellt wird.

Quellwasser gilt im allgemeinen als gutes Trinkwasser, jedoch sind auch hier Einschränkungen nötig. Noch vor Jahren bevor man sich intensiver mit der bakteriologischen Untersuchung von Quellen beschäftigte, war es eine allgemein verbreitete Meinung, daß Quellen keimfreies, gutes Wasser erwarten lassen. Quellen im Karstgebiet, also im zerrissenen Felsboden, können von weit her völlig unfiltriertes, unreines Wasser bringen und somit ungenießbar sein.

Lange Zeit hielt man daran fest, daß im Karst der Input auch dem Output quantitativ nachhängen müßte. Durch intensive Forschung auf dem Gebiet der Karstmikrobiologie nähert man sich Bereichen, die mikrobiologischen Prozesse in der sogenannten Black-Box beschreiben könnte (MENNE, 1996).

Die unterschiedliche Dynamik der aus den Quellen austretenden Bakterien, konnte durch die 4-jährige Projektphase intensiv beobachtet werden. Von Seiten der hygienisch-bakteriologischen Untersuchung ist es für eine gute Interpretation wichtig zu wissen, wo die Einzugsbereiche der Quellen liegen, bzw. ist es gut äußere Gegebenheiten (z.B. Wiesendüngung, Almwirtschaften, Wildfütterungen), die das Quellwasser in schlechtem Sinne beeinflussen, ausfindig machen zu können. Das dies nicht ganz so einfach ist, zeigen

auch Markierungsversuche, die in diesem Gebiet bereits durchgeführt worden sind (HASEKE,1997). Eine Trendanalyse hinsichtlich des Kontaminationsgrades an den Quellen, zeigt sich in einer möglichen Zuordnung der von uns untersuchten Quellen, in die unterschiedlich ausgeprägten Erscheinungsformen der Karstregion “Nördliche Kalkalpen”.

Von Seiten der mikrobiologischen Forschung sucht man intensiver nach Überlebensmöglichkeiten für fakultativ pathogene Keime im Karstmilieu. Gerade dieser Bereich hat für seuchenhygienische Belange äußerste Wichtigkeit.

Die verschiedenen Strategien der Mikroorganismen (denkt man dabei auch an die Resistenzentwicklung gegenüber antibiotisch wirksamen Substanzen), die sich über einen immens langen Zeitraum entwickeln konnten, spielen eine wichtige Rolle für wechselseitige Beziehungen zwischen den Lebewesen bei Quellen und Gewässer im allgemeinen. Ein beträchtlicher Teil der Bakterien lebt zeitweise oder ständig auf der Oberfläche oder im Inneren von Pflanzen und Tieren. Diese Beziehungen können je nach Art und Ort entsprechende Ökosysteme beeinflussen. Sie können harmlose Kommensalen oder nützliche Symbionten oder auch unter bestimmten Bedingungen zu schädlichen Feinden werden. Über die Fähigkeit so mancher Bakterienarten, ihr Wachstum auf Lebensräume bzw. Nahrungsangebote anzupassen, die außerhalb ihrer idealen Wachstums- und Lebensbedingungen liegen, läßt die Frage offen, wie Mikroorganismen in einem relativ nährstoffarmen Milieu, welches auch im Karstquellenmilieu vorherrscht, Strategien entwickeln können um zu überleben. Vor allem auch pathogene Keime können längere Verweilzeiten im Karst haben. Bekannt ist E.coli, der sich besonders gut an andere Lebensbedingungen anpassen kann. Er kann lange “Hungerstrecken” außerhalb von seinem ursprünglicher Aufenthaltsort im Darm überleben und sich darüberhinaus auch bei sehr viel niedrigeren Temperaturen vermehren.

2. Beobachtungsgebiet und Meßtermine

Die vorliegenden mikrobiologischen Messungen fanden an folgenden Terminen statt:

1. "Winter"	25.-27.02.1997
Normalbeprobung, 33 Quellen	
2. "Spätwinter"	14.-18.04.1997
Intensivkampagne, 3 + 8 Quellen	
3. "Frühling - Schneeschmelze"	13.-15.05.1997
Normalbeprobung, 38 Quellen	
4. "Schafskälte"-Frontdurchgang"	5.-11.07.1997
Intensivkampagne, 3 + 9 Quellen	
5. "Sommerliches Trockenwetter"	19.-21.08.1997
Normalbeprobung, 39 Quellen	
6. "Spezialkampagne Rettenbachhöhle"	1. Höhlenfahrt 28.02.1997
	2. Höhlenfahrt 17.04.1997
	3. Höhlenfahrt 10.07.1997
7. "Spezialkampagne Maulaufloch"	20.09.1997

Das Gebiet nennt die größere geographische Einheit, zu der die Quelle gehört:

BO =Bosruck

HA =Hallermauern

MO =Mollner Berge und Becken / Vorland

RH =Reichraminger Hintergebirge

SG =Sengsengebirge

TO Totes Gebirge

WA =Warscheneck

33-138-1-CE	Rotkreuzkapelle	ROK	HA/RH
33-138-2-	Quelle S Laussabaueralm	LABA	HA
33-138-7-A	Quelle unter Sagmauer	SAG	RH
33-138-13	Quelle westlich Unterlaussa	LAUS	RH
34-02-1-ABC	Ameisbachquelle	AMQ	RH
34-02-3-ECB	Geiernesthüttenquelle	GEIER-	RH
34-02-3-GB	Haselhöhle (Goldloch)	GOLD	RH
34-02-3-J	Haselquelle 3	HAS3	RH
34-02-4-1-ACA	Sitzenbachquelle	SIQ	RH
34-02-4-2-DBC	Ahorntalquelle	AHO	RH
34-02-4-2-F	Jörglalmquelle	JÖA	RH
34-02-4-2-I	Jörglgraben Klammquellen	JÖQ	RH
34-09-C	Predigtstuhlquelle Nord	PREDN	RH
34-09-E	Würfling-Siphonhöhle	LILA	RH

34-16-1-OA	Quelle im Großweißenbach	WEIS	RH
35-20-BBB	Rettenbachhöhle (BBA Teufelskirche)	VRQ	SG
35-27-AB	Riegeln Quelle (Staudamm Klaus)	RIEG	MO
35-28-DAA	Quelle Geigengrub	EFF	MO
35-34-1-ACB	Feichtauerseequelle	FEIS	SG
35-34-1-D	Sonntagmauerquelle	SONN	SG
35-34-2-CA	Kaltwasserquelle	KALT	SG
35-34-7-BA	Paltental Karstquelle	PALT	MO
35-34-7-DA	TWQ Ramsau	RAMS	MO
35-43-AB	Rinnende Mauer	RIM	MO
36-01-	Teichl-Ursprung	TEIU	WA
36-06-4-ABA	Dambach-Urprung	DAMU	BO
36-06-6-CD	Rohol Quelle Rosenau	ROSE	RH
36-08-1-A	Piessling Ursprung	PIES	WA
36-12-1-HA	Fischbachquelle	FIQ	SG
36-02-2-BA	Rettenbachhöhle	REH	SG
36-12-2-BDA	Hintere Rettenbachquelle	HRQ	SG
36-17-DDA	Quelle östlich St.Pankraz	ROHR	SG
37-03-JB	Krahalmquellen Nord	KRA	SG
37-04-E	Quelle bei der Umkehrhütte	BLÖ	SG
37-04-KB	Hochsattelquelle	HOCH	SG

37-09-AB	Maulaufloch	MAUL	RH
37-09-HB	Reutersteinquelle	REUT	SG
37-12-AB	Steyernquelle	STEY	SG
37-14-3-A	Welchauquelle	WEL	MO
37-19-ABB	Köhlerschmiedequelle	KÖHL	MO
37-21-M	Wunderluckenquelle	WULU	MO

3. Ergebnisse 1997

3.1. Mikrobiologische Nachweise während der Monitoring-Touren

Tab.1: Anzahl der nachgewiesenen Bakterien vom 25.-27.2.1997

Tab.2: Anzahl der nachgewiesenen Bakterien vom 13.-15.5.1997

Tab.3: Anzahl der nachgewiesenen Bakterien vom 19.-21.8.1997

3.2. Verteilung der CFU (colony-forming-units) im Jahresverlauf 1997:

Diagramm ohne Zuordnung der Meßwerte zu den einzelnen Quellen; es sind 3 Jahreszeitenkampagnen dargestellt, wobei jede für sich aufgrund der Größensortierung der Werte eine Kurve darstellt; y-Achse zeigt die Anzahl der Colony-forming units /ml Probenvolumen (bei 22°C).

3.3. Interpretation der Keimführung der regional differenzierten Quellen während der Monitoring-Touren 1997

Quellen aus dem Gebiet des Sengsengebirges

STEYRFLUSS UND PALTENBACH

35-20-BB

Vordere Rettenbachquelle- Teufelskirche / VRQ (SG)

Die milde Wetterlage während der Meßzeit (föhnig, Tauwetter) hatte bereits eine Schneeschmelze hervorgerufen, wobei der Höchstkeimgehalt dieses Jahres gemessen werden konnte.

Im Mai gab es trotz fröhsommerlicher Temperatur eine KBE von 24 und einen zu vernachlässigenden Anteil an Coliformen.

Im August konnte nach beginnenden Regen eine erhöhte Keimbelastung gemessen werden: 169 KBE, 14 E.coli und 2 Enterokokken.

35-28-DA

Quelle Geigengrub (Effertsbach Reservoir) / EFF (MO)

Auch an dieser Quelle war die Keimbelastung während der Wintermessung im Feber höher als im Mai. So lag der Wert für die KBE im Feber bei 86 mit einem coliformen Keim, während im Mai nur 63 KBE gemessen werden konnten, jedoch mit einer erhöhten Anzahl von Indikatorkeimen (4 Coliforme). Im August sank die Gesamtkeimzahl auf einen relativ niedrigen Stand für diese jahreszeitliche Messung. Größer war der Nachweis je 100ml Probenvolumen für fakultativ Pathogene: von 10 Coliformen waren 6 species aus der Familie der E.coli. Es gab auch einen Nachweis mit Enterokokken.

35-34-1-AC

Feichtauseequelle / FEIS (SG)

Diese Quelle wurde in diesem Jahr bereits beim Ersttermin beprobt. In diesen Höhen lag noch entsprechend viel Schnee, daher war auch der Einfluß auf die KBE noch geringer. Keine coliformen Keime bei einer KBE von 129. Im Mai war keine erhöhte Keimanzahl im See, jedoch Nachweise mit Coliformen. Eine weitaus geringere Anzahl an KBE und an Indikatorkeimen war im August zu verzeichnen. Die geringe KBE von 65 und nur einem coliformen Bakterium war außergewöhnlich für diese Jahreszeit an dieser Probenstelle.

35-34-1-D

Sonntagmauerquelle / SONN (SG)

Die Quelle SONN war zu allen Terminen in ihrem Keimgehalt stark erhöht. Ein rasanter Anstieg war bereits bei unserer ersten Messung zu erkennen: 2300 KBE, ein absoluter Spitzenwert aller gemessenen Quellen in diesem Jahr. Während der Schneeschmelze sank die Gesamtkeimzahl auf 790, ein im Durchschnitt aber immer noch hoher Wert. Im August erhöhte sich mit der KBE auch der Nachweis an physiologisch gewichtigen Keimen (125 Keime der specie E.coli, 60 Coliforme und 8 Enterokokken).

35-34-2-C

Kaltwasserquelle / KALT (SG)

Ein zu erwartendes Ergebnis dieser Quelle- absolut einwandfrei.

35-34-7-D

Paltental Karstquelle / PALT (MO)

Die Gesamtkeimzahl war an dieser Quelle nur im Feber erhöht mit 186 KBE, aber keinem Fäkalnachweis. Im August war bei niedriger KBE *Escherichia coli* nachweisbar, sowie *Enterokokkus faecalis*.

35-34-7-K

Trinkwasserquelle Ramsau / RAMS (MO)

Zur Wintertour zeigte die RAMS noch winterliche Verhältnisse bezüglich ihrer Keimzahlen, die nur 66 KBE betrugen. Zum Maitermin war bei noch geringerer KBE von 11 auch kein Indikatorkeim nachweisbar. Im August blieb die Gesamtkeimzahl ebenso niedrig, jedoch konnten Fäkalkeime gefunden werden. 3 Coliforme, 1 *E.coli* und 2 Enterokokken waren darunter.

STEYR IM MOLLNER BECKEN (VORBERGE)

35-43-A

Rinnende Mauer / RIM (MO)

Die Quelle lag mit einer KBE von 83 bereits bei der Wintermessung weit höher als im Vorjahr, wobei auch 5 Coliforme gemessen wurden. Auch während der im Mai abgehaltenen Probenabnahme waren mehr KBE bei 22°C nachweisbar, jedoch wurden auf Selektivnährmedien bei 42°C weniger Keime isoliert als im Feber. Im August gab es auch an dieser Quelle eine für diese Jahreszeit etwas ungewöhnlich niedrige KBE von nur 4 Keimen, jedoch 2 Coliforme.

DAMBACH UND TEICHLFLUSS

36-01-**

Teichl Ursprung / TEIU (WA)

Diese Blocktümpelquelle wird seit Oktober 1996 im Monitoring beprobt. Ihre mikrobiologischen Werte sind im Vergleich zum Vorjahr ebenso erhöht, vor allem im Bereich der Fäkalindikation. Im Feber befanden sich unter 166 KBE 20 Coliforme und 2 E.coli. Im Mai waren unter 173 KBE, 65 Coliforme und 3 E.coli. Zum Augusttermin stieg dieser Wert um ein Vielfaches an: KBE von 860, 45 Coliforme, 90 E.coli und 15 Enterokokken.

36-06-4-A Dambach Ursprung / DAMU (BO)

Auch in diesem Jahr gab es keine erhöhten Werte und Nachweise von Fäkalindikation, lediglich im August waren 3 Coliforme nachweisbar.

36-06-6-CD

Roholquelle Rosenau / ROSE (RH)

In diesem Jahr lag die KBE nur im Feber geringfügig über dem Grenzwert von 100/ml. Fäkalkeime waren nur wenige nachweisbar: im Feber ein E.coli und im August 3 Coliforme und 1 E.coli.

36-08-1-A

Piessling Ursprung / PIES (WA)

Im Feber konnte nur 1 E.coli nachgewiesen werden bei einer CFU von 115. Im Mai wurden bereits 4 Coliforme/100ml gezählt. Zum Augusttermin ergab die Untersuchung eine Gesamtkeimzahl von 180 KBE/ml Probenwasser, 16 E.coli und 2 Enterokokken. Die Keimbelastung war in diesem Jahr geringer.

36-12-1-HA

Fischbachquelle / FIQ (SG)

Diese an und für sich recht saubere Quelle hatte nur im Feber Fäkalkeime: 3 Coliforme und 1 E.coli. Die Gesamtkeimzahl betrug 121/ml Probenvolumen. Im Mai konnten keine Keime nachgewiesen werden und im August waren es 18 KBE.

36-12-2-B

Hintere Rettenbachquelle / HRQ (SG)

Diese Quelle wurde auch heuer wieder zusätzlich bei Intensivkampagnen beprobt. Aus den Ergebnissen dieser Kampagnen kann man den Rhythmus der Quelle besser beschreiben. Die Werte der ersten Monitoringtour im Winter betrugen 130 KBE, jedoch keine Nachweise von Indikatoren. Im Mai waren bei geringerer KBE von 78 5 E.coli zu finden. Der Augusttermin ergab eine nochmals geringere KBE mit nur 63 Keimen/ml, war aber dafür mit 3 Enterokokken und 5 E.coli etwas kontaminierter als im Mai.

36-17-D

Quelle St. Pankraz / ROHR (SG)

Hier konnten immer nur KBE/ml unter dem Grenzwert von 100/ml gefunden werden.
Keine Indikation mit Fäkalkeimen.

KRUMME STEYRLING - SENGEN-UND HINTERGEBIRGE

37-03-JB

Krahlalmquelle / KRA (SG)

Auffallend der hohe Kontaminationsgrad im Feber. Bei einer KBE von 439/ml konnten auch 79 Coliforme, 19 E.coli und 4 Enterokokken gezüchtet werden. Im Mai sank die KBE auf 270 und die Indikation mit Coliforme auf 4 und bei E.coli auf 6/100ml. Sehr weit runter fielen die Werte für den Augusttermin: KBE von nur mehr 12 und 3 Coliforme.

37-04-E

Quelle bei der Umkehrhütte/Blöttenbachquelle / BLÖQ (SG)

Im August lag diese Quelle wieder trocken. Für die beiden Beprobungen im Feber und Mai gab es für letztere geringere Keimzahlen. Im Feber konnte eine KBE von 162, sowie 7 Coliforme, 3 E.coli und 4 Enterokokken gefunden werden. Im Mai nur mehr eine KBE von 119/ml.

37-04-KB

Hochsattelquelle / HOCH (SG)

Die Quelle war im Gegensatz zu vorjährigen Beprobungen stärker kontaminiert: bei unserer ersten Messung waren unter 183 KBE 83 Coliforme, 4 E.coli und 8 Enterokokken. Im weiteren Verlauf sanken die Werte wieder unter die Nachweisgrenze.

37-09-AB

Maulaufloch / MAUL (RH)

Bereits in den Vorjahren waren an dieser Quelle starke jahreszeitliche Schwankungen festzustellen. Im Feber spuckte das Maulaufloch bereits beachtliche Mengen an Keimen aus. 1390 KBE/ml Wasser und darunter 50 E.coli/100ml, 14 Enterokokken und 7 Coliforme sind gemessen worden. Im Mai ging dieser Wert zurück auf 195 KBE/ml. Jedoch kamen im August wieder große Mengen Keimfrachten mit: KBE unzählbar, Coliforme 1600, E.coli 830 und Enterokokken mit 140 Keimen/100ml, das sind absolute Spitzenwerte in diesem Jahr.

37-09-D

Reutersteinquelle / REUT (SG)

Die Reutersteinquelle war im Feber höher kontaminiert als im Mai; im August lag sie trocken. Beim Ersttermin gab es 207 KBE, 75 Coliforme, 13 E.coli und 6 Enterokokken. Im Mai gab es nur eine KBE von 145.

37-12-AA

Steyern Quelle / STEY (SG)

Auch an dieser Quelle, die von uns auch während der Intensivkampagnen untersucht wurde, ergeben die mikrobiologischen Untersuchungen der Wintermessung sehr hohe Werte. Im Feber gab es eine KBE von 1100 Keimen/ml, eine für diese Zeit hohe Belastung. Grund dafür könnte die eintretende Schneeschmelze in höheren Lagen sein. Sowohl im Feber als auch im Mai waren unter den gefundenen Keimen eine geringe Anzahl an physiologisch bedeutsamen Keimen, während es im August bei einer KBE von 530/ml bedeutend höhere Werte an gefundenen Fäkalkeimen gab. Der Nachweis für Coliforme lag bei 41/100ml, für E.coli bei 80/100ml und für Enterokokken bei 4/100ml.

37-14-3-A

Welchauquelle / WEL (MO)

Ein leichter Rückgang der KBE im Mai von 194 Keime /ml auf 135 Keime /ml, bei geringer Belastung mit Coliformen. Im August spitzte sich die Keimsituation bereits zu: Unter 480 Keimen /ml auf Gelatine lag der Züchtungserfolg für Coliforme bei 97, für E.coli bei 57 und für Enterokokken bei 12 Keimen /100ml.

37-19-A

Köhlerschmiedequelle / KÖHL (MO)

An dieser Quelle gab es während der Winterbeprobung Probleme mit der Probennahme durch eine im Vorjahr durchgeführte Straßen-und Brückensanierung. Im Mai führte diese Tiefenwasserquelle kaum Keimfrachten mit. Bei einer KBE von 15 sind 6 Nachweise mit Coliformen aufgefallen; da aber auch Enterokokken nachweisbar waren, schließe ich eine

diffuse Kontamination aus der angrenzenden Nachbarlandwirtschaft nicht aus. Auch im August war eine geringe Spur an Fäkaleintrag bemerkbar, bei einer KBE von 136.

37-20-N

Wunderlucke / WULU (MO)

In den letzten Jahren war die mikrobielle Belastung geringer, vor allem im Winter. 87 KBE konnten während der ersten Tour gemessen werden, sowie 4 Coliforme. Im Mai waren es 111 Keime mit 3 Coliformen und einem E.coli. Die niedrigste KBE lag im Sommer vor mit 33/ml, aber höherer fäkaler Kontamination: 15 Coliforme, 6 E.coli und 3 Enterokokken.

LAUSSABACH- HINTERGEBIRGE

33-138-13-A

Laussaquelle LAUS (RH)

Bereits in den Wintermonaten verfrachtete diese Quelle Fäkalkeime, mit 1060 KBE, 10 Coliformen und 51 E.coli - Bakterien. Im Mai gab es nur 2 KBE- Nachweise. Erst bei unserer Sommermessung gab es bei sehr geringer KBE von 5 höhere Werte für Coliforme (36) und E.coli (4) und einem Enterokokken.

34-02-1-AB

Ameisbachquelle AMQ (RH)

Zur Schneeschmelze war die AMQ gering belastet: 80 KBE und kein Nachweis von Fäkalkeimen. Im August lag die Gesamtkeimzahl bei 15, jedoch waren darunter 6 Coliforme und 1 E.coli.

34-02-3-G

Haselhöhle, Goldloch GOLD (RH)

Für diese Quelle, die sehr schwer erreichbar ist, gibt es nur Ergebnisse für die August-Tour. Es gab eine mikrobielle Belastung bei einer KBE von 24/ml mit 1 E.coli und 1 Enterokokken.

34-02-3-J

Haselquelle 3 HAS3 (RH)

An dieser Quelle gab es im Feber Keimfrachten von: KBE bei 99/ml und 3 E.coli/100ml. Vom August gibt es mikrobielle Werte mit 11 KBE/ml, 1 Coliformen, 2 E.coli und 3 Coliformen.

34-02-4-AC

Sitzenbachquelle SIQ (RH)

Daß diese Quelle in den letzten Jahren aufgrund mikrobiologischer Werte als kritisch eingestuft worden ist, bewahrheitete sich auch wieder 1997, obwohl die Werte nicht so

hoch wie in den beiden Vorjahren waren. Im Mai war die SIQ noch etwas niedriger im Keimgehalt mit 83 KBE; im August lagen die Keimfrachten bei 160/ml Probenwasser und die Coliformenanzahl bei 15/100ml; für E.coli-Bakterien lag der Wert bei 29 und für Enterokokken bei 81.

34-02-4-2-DB

Ahorntalquelle AHO (RH)

Die Werte für KBE lagen bei allen Monitoring-Touren unter der Nachweisgrenze.

34-02-4-2-F

Jörglalm Quelle / JÖA (RH)

Keine Besserung der Wasserqualität dieser verseuchten, durch Schlägerungen, Abwässer und Wildfütterungen schwer beeinträchtigten Quelle in diesem Untersuchungsjahr. Im Winter gab es eine unzählbare KBE, sowie 43 Coliformen Keimen und 21 E.coli. Die Situation war im Mai entspannter: bei einer KBE von 136 gab es keine Coliforme, E.coli oder Enterokokken. Die Verkeimung erhöhte sich während unserer Messung im August wieder auf unzählbare KBE-Werte, und 65 Coliforme, 89 E.coli und 4 Enterokokken.

34-02-4-2-I

Jörgelgrabenklammquelle / JÖQ (RH)

Kontamination an dieser Quelle war nur im Feber nachweisbar: bei 140 KBE gab es auch 14 E.coli. Während bei den beiden anderen Messungen die KBE unter 100 KBE/ml blieben.

34-09-B+C

Predigtstuhlquelle Nord / PRED-N (RH)

Schon im Feber sehr hohe Keimfrachten nachweisbar: 590 KBE, 131 Coliforme, 58 E.coli und 17 Enterokokken. Im Mai gingen diese Werte auf 79 KBE, 3 Coliforme und einem Enterokokken zurück. Während der Augustmessung konnten 250 Gesamtkeime, 15 Coliforme, 9 E.coli und 1 Enterokokken nachgewiesen werden.

33-138-1-CE

Rotkreuz Heilquelle / ROK (RH)

Die Werte lagen während der beiden ersten Meßtermine unter der Grenze von 100KBE/ml bei 22°C, nur im August gab es leichte Kontamination mit 3 Coliformen.

33-138-2-

Laussabauernalm / LABA

Keine Verkeimung nachweisbar!

33-138-1-CE

Quelle westlich Sagmauer / SAG (RH)

An der Quelle SAG gab es bei allen drei Beprobungen Keimbelastungen: im Feber gab es eine KBE von 890/ml, 2 Coliforme, 4 E.coli und 1 Enterokokken. Im Mai 194 KBE, 1 Coliforme und 3 E.coli. Deutlich stärker belastet war die Quelle im August: 370 KBE, 15 Coliforme, 103 E.coli und 7 Enterokokken.

35-27-A

"Riegeln Quellen" / RIEG

Bei geringer KBE gab es auch keinen Fäkalnachweis.

TEICHL

34-16-1-0

Quelle am Großweißenbach / WEIS (RH)

Auch in diesem Jahr keine mikrobiologische Verunreinigung! Diesmal wurde auch diese Quelle für Intensivkampagnen beprobt.

34-02-3-ECB

Geiernesthüttenquelle / GEIER (RH)

Im Winter konnte diese Quelle nicht beprobt werden; im Mai ergaben die Messungen 93 KBE. Im August konnte zwar eine niedrigere KBE gemessen werden (31) dafür aber 5 Coliforme und 4 E.coli.

3.4. Einteilung der Quellen nach ihrem Einzugsbereich

1. Quellen aus dem Bereich, wo felsiger Karst vorherrscht
2. Quellen aus bewaldeten Karstgebieten
3. Quellen, deren Einzugsgebiete mit Grünflächen bedeckt sind; zum Teil aus fruchtbaren Weideböden bestehen (dicke Braunlehmdecken)

Quellen aus dem Bereich, wo felsiger Karst vorherrscht

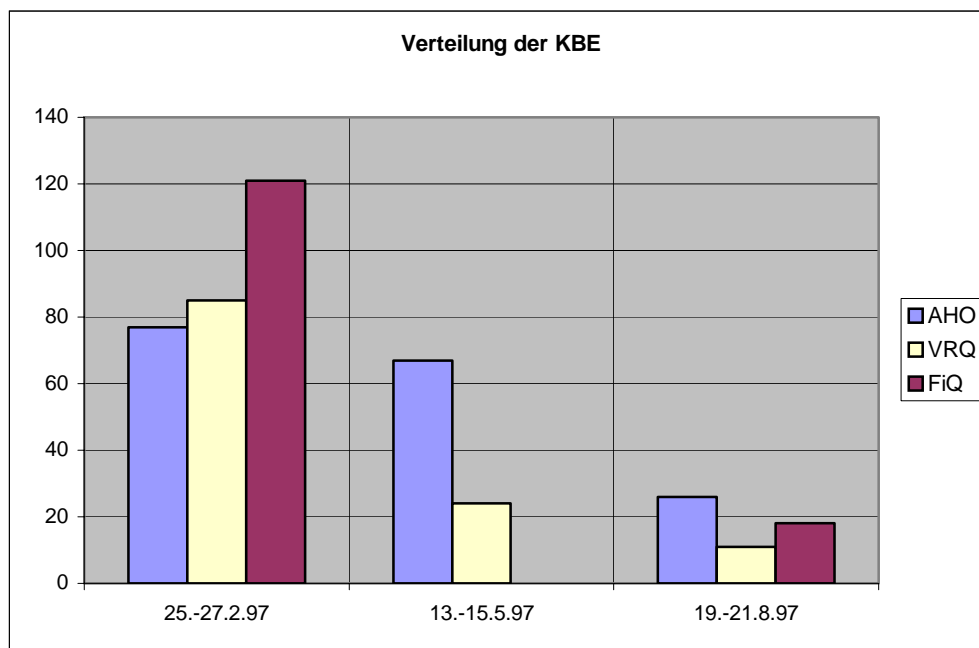


Abb.1: Verteilung der Koloniebildenden Einheiten

Abb.1-3: Quellen aus dem Bereich, wo felsiger Karst vorherrscht

(AHO=Ahorntalquelle;FIQ=Fischbachquelle;VRQ=Vordere Rettenbachquelle)

Abb.2: Verteilung von Coliformen

Abb.3: Verteilung von Escherichia coli

Quellen aus bewaldeten Karstgebieten

Abb.4: Verteilung der Koloniebildenden Einheiten

Abb.5: Verteilung von Coliformen

Abb.6: Verteilung von Escherichia coli

Abb.7: Verteilung der Enterokokken

Abb.4-7: Quellen aus bewaldeten Karstgebieten

(EFF=Quelle Geigenhub; KRA=Krahalmquellen Nord; WEL= Welchauquelle)

Quellen, deren Einzugsgebiete mit Grünflächen bedeckt sind; zum Teil aus fruchtbaren Weideböden bestehen (dicke Braunlehmdecken)

Abb.8:Verteilung der Koloniebildenden Einheiten

(LAUS=Quelle westlich Unterlaussa; PIES=Piesling-Ursprung;RIM=Rinnende Wand;STEY=Steyern Quelle; SONN=Sonntagmauerquelle;WULU=Wunderluckenquelle)

Abb.9: Verteilung von Coliformen

Abb. 10:Verteilung von Escherichia coli

Abb.11: Verteilung der Enterokokken

Abb. 8-11: Quellen, deren Einzugsgebiete mit Grünflächen bedeckt sind; zum Teil aus fruchtbaren Weideböden bestehen (dicke Braunlehmdecken)

Abb. 12: Verteilung der KBE in den verschiedenen Einzugsgebieten:

Abb.13: Verteilung der Koloniebildenden Einheiten

Abb.14: Verteilung von *Escherichia coli* in den verschiedenen Einzugsgebieten

Abb.15: Verteilung von Enterokokken in den unterschiedlichen Einzugsgebieten

(Quellabkürzungen-siehe vorige Abbildungen)

3.5. Intensivbeprobung

Für die Fragestellung des Karstprogrammes haben sich die durchgeführten Intensivkampagnen als durchaus interessant herauskristallisiert. Die Beprobung der organischen Fracht auf mikrobiologische Nachweise zeigt einen hohen Stellenwert, weil sie über die hydrochemischen Parameter hinaus Rückschlüsse auf Art und ökologischen Zustand der Einzugsgebiete erlauben.

Die Messungen erfolgten am bisher für die Beprobung genutzten Austritt ID 258, Nr.HRQ4 der Hinteren Rettenbachquelle (HRQ), an der Fassung der Steyernquelle (STEY) und zum Erstenmal an der Quelle im Großweißenbach (WEIS) des Reichraminger Hintergebirges.

Die erste Messung wurde zur Zeit der Schneeschmelze durchgeführt: 14.4-18.4 1997;

Die zweite Ereigniskampagne "Hochwasser" fand im Zeitraum 7.7-11.7.1997 statt; Beobachtungen und Beprobungen erfolgten im "Dreistundenintervall", wobei in der abklingenden Phase auf einen sechs-stündigen Rhythmus gewechselt wurde.

Die Interpretation der gesammelten mikrobiologischen Daten wird im Zuge der gemeinsamen interdisziplinären Auswertung mit den anderen Teilprojekten im Schlußbericht 1998 des Nationalpark-Karstprogrammes erfolgen.

In folgenden Tabellen sind die Werte der zwei Intensivkampagnen an den drei Quellen aufgeschlüsselt.

Ergebnisse der 1. Intensivbeprobung:

Ereigniskampagne vom 14.4.-18.4. 1997 an der Seyernquelle:

**Ereigniskampagne vom 14.4-18.4. 1997 an der Hinteren
Rettenbachquelle:**

Ereigniskampagne vom 14.4-18.4.1997 an der Weißenbachquelle:

Ergebnisse der 2. Intensivbeprobung:

Ereigniskampagne vom 5.7-11.7.1997 an der Steyernquelle:

Ereigniskampagne vom 5.7-11.7.1997 an der Hinteren Rettenbachquelle:

Ereigniskampagne vom 5.7-11.7.1997 an der Weißenbachquelle:

3.6. Mikrobiologie der Rettenbachhöhle

Die gesammelten mikrobiologischen Ergebnisse stammen von drei Befahrungen der Rettenbachhöhle und die Interpretation wird im Schlußbericht 1998 des Nationalpark-Karstprogrammes erscheinen.

Probenabnahme am 28.2.1997

Probennahme am 17.4.1997

Probennahme am 10.7.1997

Als möglicher Aufenthaltsort von E.coli usw. wird auch die Höhlenwand angenommen. In einem quantitativen Versuchsansatz von Proben aus der Rettenbachhöhle konnten folgende Ergebnisse gewonnen werden:

- 1.: Bodenprobenabstrich- Vordernsee: (4cm²):** kein Wachstum von E.coli oder coliformen Keimen nachweisbar;
- 2. Probenabstrich von der Decke beim Vordernsee (2cm²):** kein Wachstum nachweisbar
- 3. Probenabstrich an der Wasserlinie am Vordersee (2 cm²):** nachweisbar waren hier 17 coliforme Bakterien, sowie ein E.coli.

3.7. Erstbeprobung der Maulauflochhöhle

Am 20. September beprobten wir (B.Menne; M.Zorn, S.Schmidt) erstmals das Maulaufloch auf dessen Mikrobiologie. Wie auch in der Rettenbachhöhle untersuchte ich die anfallenden Proben auf die Gesamtkeimzahl saprophytisch lebender Bakterien (KBE; Coliforme, E. coli und Enterokokken). B.Menne zog Sedimentproben für den Nachweis der Organismengruppe der Myxobakterien. Auch hier wird gemeinsam interpretiert werden.

Folgende mikrobiologische Werte konnten eruiert werden:

Probe	KBE 22°C	KBE37°C	Coliforme	E.coli	Enterokokken
Wasser-unterirdischer Bach	510	84	460	170	35
Siphon-stehender Wasserkörper	47	22	0	0	4
Quelle	930	120	1100	130	43

KBE/ml Probenvolumen; Coliforme,E.coli,Enterokokken/100ml Probenvolumen;

4. Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse:

Karst-Monitoring 1997: Beobachtungen der mikrobiologischen Aktivität an den Quellen während der Monitoring-Touren :

Interessant waren die Ergebnisse des Monitorings I vom 25.02.-27.02.1997: Es konnte eine weitaus höhere Gesamtkeimzahl gemessen werden, als in den Jahren zuvor. Obwohl die Wochen zuvor sehr tiefe Temperaturen zu verzeichnen waren, wurde es zum Zeitpunkt unserer Kampagne etwas föhnig und eine leichte Schneeschmelze setzte ein. An einigen Quellen waren auch durchaus hohe Werte fäkaler Kontamination zu verzeichnen. Es waren vorherrschend diejenigen Quellen, deren Einzugsgebiete dem Grünkarst zuzuordnen sind: LAUS;STEY;SONN;JOEA;PRED; möglicherweise liegt die Ursache dieser höheren Kontaminationsrate im Wildkot begründet, da es sich um relativ frische Kontamination handeln mußte, waren auch ein erheblicher Anteil der nachgewiesenen Keime aus der Gruppe der Enterokokken, vorherrschend Enterokokkus faecalis.

Im Mai ergab sich eine Situation, wie auch schon in den Jahren zuvor: die meisten Quellen hatten eine noch geringe Gesamtkeimzahl und Fäkalnachweis.

Bis zum Sommer zeigt die Ganglinie für Gesamtkeimzahl wieder eine deutliche Steigerung, jedoch in Bezug auf Fäkalkontamination kann hier kein Sommerhoch festgestellt werden. Hier haben sicherlich die Witterungsbedingungen mitgespielt, denn es gab über den Sommer hindurch ständig Auswaschungen und somit eine gute natürliche mikrobielle Verdünnungsreihe. Einige kritische Quellen hatten trotz dieser Umstände erhöhte Kontamination: JOEA; LAUS; LILA; MAUL;PRED; SAG; SIQ; SONN; STEY; TEIU; VRQ; WEL; WULU;

Bei einigen Quellen gab es sichtbar im Winter eine höhere Fäkalkontamination, als im Sommer: FIQ; HOCH; JOEQ; KRA ...

Wie schon erwähnt sind unsere Monitoring-Touren in einer sich zeitlich ähnlichen Reihung abgehalten worden.

Monitoring	1994	1995	1996	1997
1.	6.-8.April	2.-4.März	23.-27.Jänner	25.-27.Februar
2.	15.-17.Mai	9.-11.Mai	2.-4.Mai	13.-15.Mai
3.	10.-12.August	26.-27.Juni	10.-13.Juli	19.-21.August
4.	17.-18. Oktober	17.-19.August	22.-25.Oktober	-----

Genauere Betrachtungen der Ergebnisse ergeben qualitative und quantitative Unterschiede an den einzelnen Quellen. Große Unterschiede zeigen sich in der jahreszeitlichen Dynamik, bzw. in der Abhängigkeit mit der Witterung. Nur ganz wenige der beurteilten Quellen würden ganzjährig und unabhängig von der Schüttung einer Qualitätsanforderung entsprechen. Bei diesen handelt es sich um die Quellen (KALT; WEIS; FIQ). Über 80% der Quellen könnten nicht ganzjährig den Anforderungen einer Trinkwasserqualität entsprechen; vor allem Quellen, die aus Alm- und Waldweidegebieten kommen, müssen als permanent stark belastet eingestuft werden: MAUL; SONN; PIES; JOEA; STEY;

Intensivkampagnen 1997:

Ergebnisse der Intensivkampagne I zeigen sehr stabile Werte für die Quelle WEIS. Diese Werte änderten sich jedoch bei Intensivkampagne II, während eines Hochwasserereignisses. Hier gab es unglaublich hohe Konzentrationen von Fäkalkeimen, während die Gesamtkeimzahl saprophytischer Bakterien bei 22°C auf Gelantine nicht beeindruckten. An dieser sehr stabilen und bezüglich ihrer Keimfrachten vorbildlichen Quelle, schließe ich eine diffuse Kontamination aus dem Umfeld des Quellbereiches durch den starken Regen nicht aus. Auch an der HRQ und STEY waren die Kontaminationsgrade noch nie so hoch, wie zu diesem Ereignis vom 7.7.-11.7.1997. Eine ausführliche Interpretation der Intensivkampagnen, sowie der Rettenbachhöhle ist im Rahmen einer

gemeinsamen interdisziplinären Auswertung für den Schlußbericht 1998 des Nationalpark-Karstprogrammes geplant.

5. Literaturverzeichnis

HASEKE, H. (1996a): TP 1603-13./95: Nationalpark-Karstprogramm Fortschreibung 1996.2. Zwischenbericht, Stand:21.02.1996.-Salzburg-Molln,Februar 1996.

HASEKE, H. et al. (1996d): TP 1603-7.1.&7.2./96: Forschungsprojekt Karstquellen-Monitoring und Ereigniskampagne 1996. – 73 S.,Beilagen. Unveröff. Studie i.A.des Nationalparkes Kalkalpen, Molln-Salzburg, Dezember 1996.

MENNE, B. (1996a): Myxobakterien in der Rettenbachhöhle. Eine karstmikrobiologische Studie. - 19. S., unveröff. Studie i.A. des Nationalparkes Kalkalpen, Mühlacker (BRD) August 1996.

MENNE, B. (1996b): Carbonatolyse und Biokonservierung als Mechanismen der Verkarstung und Speläogenese. - Manuskript vor Veröffentl., Mühlacker 1996.

MENNE, B. (1996): Manganhaltige Ablagerungen in der Rettenbachhöhle (Kat.Nr. 1651/1, OÖ) und ihre Zusammenhänge mit mikrobiologischen Prozessen.- Die Höhle 47(3):69-74. Wien 1996.

RHEINHEIMER, G. (1991): Mikrobiologie der Gewässer. 5.Aufl.,Jena:G.Fischer.

SCHMIDT,S. (1996a): Mikrobiologie der Quellen 1995. Teil 1: Verteilung in den Quellen des Monitorings 1995. Graz, Jänner 1996-Teil 2: Konzeptive Weiterentwicklung des Nationalpark-Labors und versuchsweise analytische Behandlung. Graz, Mai 1996.

SCHMIDT, S.(1996b): TP 1603-7.5.1./96, "Mikrobiologische Beprobung, Analyse und Auswertung der Quellgewässer sowie Installation neu angewandter Methodiken für weiterführende mikrobiologische Analysen im Nationalpark-Labor". 60 S.,Abb.,Grafiken und Tabellen.-Unveröff. Studie im Auftrag des Nationalparkes Kalkalpen, Graz, November 1996.