

Erfassung der mikrobiologischen Dynamik von Karstquellen mittels simplifizierter Geländemethoden

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades einer Magistra.

Hygiene-Institut der Karl-Franzens Universität Graz

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des EU-LIFE-Projektes LIFE99NAT/A/5915 im
Nationalpark Kalkalpen, Oberösterreich durchgeführt.

DANKSAGUNG

Mein Dank gilt vor allem folgenden Personen:

Herrn Dr. Mascher, Leiter des Wasserlabors des Hygiene Instituts, der mir diese Diplomarbeit ermöglichte und der mein Interesse für den Bereich Trinkwasser geweckt hatte.

Herrn Dipl. Biol. Benjamin Menne, meinem außeruniversitären Betreuer, für die kompetente Unterstützung während der gesamten Arbeit.

Herrn Ing. Elmar Pröll, Leiter des Nationalpark-Labors, der mir bei allen Versuchen und jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Weiters möchte ich all jenen Personen danken, die mir bei der praktischen Durchführung halfen, wie Lotte Gärtner vom Nationalpark-Labor, Dr. Michael Tausz für die statistischen Überlegungen und andere.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. AUFGABENSTELLUNG	4
2. EINLEITUNG	6
2.1. Nationalpark Kalkalpen	6
2.1.1. Geographische Lage und Geologie, ökologische Aspekte	6
2.1.2. Klima	7
2.1.3. Karstmikrobiologische Forschung im Nationalpark Kalkalpen	8
2.2. Thematischer Teil	9
2.2.1. Die Trinkwasseruntersuchung	9
2.2.2. Koloniezahl – KBE - Koloniebildende Einheiten	10
3. MATERIAL UND METHODE	12
3.1. Das Gebiet und die Quellen im Überblick	12
3.1.1. Quellauswahl	15
3.1.2. Beschreibung der Quellen	16
3.1.2.1. Maulaufloch	16
3.1.2.2. Steyern Quelle	16
3.1.2.3. Hintere Rettenbachquelle	17
3.1.2.4. Vordere Rettenbachquelle	18
3.1.2.5. Riegeln Quellen	18
3.1.2.6. Wunderlucke	19
3.1.2.7. Fotodokumentation	20
3.2. Untersuchungsmethoden für die Koloniezahl	22
3.2.1. Wasserproben	22
3.2.2. Material für das Gußplattenverfahren	23
3.2.3. Material für die Geländemethode mit Petrifilmen	23
3.2.4. Gußplattenverfahren – Labormethode	24

	2
3.2.5. Petrifilme – Geländemethode	24
3.2.6. Anmerkung zur Berechnung bei der statistischen Auswertung	27
3.3. Wichtige offene Fragestellungen und Antwortmethoden im Detail	28
 4. ERGEBNISSE	 31
 4.1. Übersicht	 31
4.2. Exakte Festlegung der Analysemethoden	32
4.3. Methodenabsicherung	35
4.3.1. Korrelationsanalyse, Festlegung eines breakpoints	36
4.3.2. Berechnung der Umrechnungsformel	41
4.3.3. Meßwert-Schwankungen - Verläßlichkeit beider Methoden	44
4.4. Weiterführende statistische Analysen	50
4.4.1. zeitliche Schwankungen	51
4.4.2. räumliche Schwankungen	64
4.5. Ereigniskampagnen: Anwendung der Petrifilme	75
4.5.1. Ereigniskampagne 1 – detailliertere Ausschwemmungskurven	75
4.5.2. Vorversuch für die Ereigniskampagne 2	82
4.5.3. Ereigniskampagne 2 – Zusammensetzung der Biozönose	91
 5. INTERPRETATION	 98
 5.1. Interpretation der exakten Festlegung der Analysemethoden	 98
5.2. Interpretation der Methodenabsicherung	99
5.2.1. Korrelationsanalyse und Festlegung eines breakpoints	99
5.2.2. Berechnung der Umrechnungsformel	101
5.2.3. Meßwert – Schwankungen: Verläßlichkeit beider Methoden	103
5.3. Interpretation der weiterführenden statistischen Analysen	105
5.3.1. Zeitliche Schwankungen	105
5.3.2. Räumliche Schwankungen	106
5.4. Interpretation der Ereigniskampagnen	109
5.4.1. Interpretation der Ereigniskampagne 1 – detailliertere Ausschwemmungskurven	109

	3
5.4.2. Vorversuch für die Ereigniskampagne 2	112
5.4.3. Interpretation der Ereigniskampagne 2 – Zusammensetzung der Biozönose	114
4. ZUSAMMENFASSUNG	117
5. LITERATURVERZEICHNIS	120
6. ANHANG	123
8.1. Petrifilme in der Praxis	123
8.2. Liste der Tabellen, Diagramme und Fotos	125
8.3. Tabellen mit den Rohdaten und Quellpläne (Steyern Quelle, Hintere Rettenbachquelle)	127

1. AUFGABENSTELLUNGSTELLUNG

Trinkwasser wird heute immer mehr als kostbares Gut erkannt. In Österreichs Bergen gibt es noch sauberes klares Quellwasser, wie es vielerorts längst nicht mehr selbstverständlich ist. Um das Wasser qualitativ hochwertig zu erhalten sowie den sensibel auf Umwelteinflüsse reagierenden Wasserkreislauf besser verstehen zu lernen, ist laufende Kontrolle und weiterführende Forschung notwendig. Vor allem in der Karstwasserforschung gibt es erst sehr wenige Studien, die auch nur annähernd die Situation der Mikroben im Karst beschreiben. Eine völlig neue Methode könnte in Zukunft eine viel schnellere sowie einfachere und daher effizientere Begutachtung mikrobiologischer Parameter ermöglichen.

Am Beginn der im Rahmen meiner Diplomarbeit durchgeführten Studie steht ein detaillierter Methodenvergleich zur mikrobiologischen Beurteilung von Wasser nach dem standardisierten Analyseverfahren (Petrischalen) bzw. mit dem 3M Petrifilmsystem Aerobic Count Platten. Die Auswahl der Petrifilme ist durch zwei wesentliche Vorteile, nämlich eine einfachere und viel schnellere Analyseführung sowie die feldtaugliche Anwendung, klar zu favorisieren. Letzteres erlaubt den sofortigen Einsatz fernab von einer Laborinfrastruktur und beides bedingt eine wesentliche Zeitersparnis ohne Kostensteigerung. Längerfristiges Ziel muß es sein, die Petrifilm-Methode in der mikrobiologischen Wasseranalyse als Routine-Instrument zu etablieren.

Erweiternd zum reinen Methodenvergleich beschäftigt sich die Studie mit der Erfassung der mikrobiologischen Dynamik an Karstquellen. Damit verknüpft ist in der Karstwasserforschung eine aktuell wichtige Frage, nämlich wie entwickeln und verhalten sich Bakterien im Untergrund des Karstes.

Zum Methodenvergleich ist anzumerken:

Für die standardisierte mikrobiologische Trinkwasseruntersuchung sind routinemäßig die Bestimmung der Koloniezahl, sowie der Nachweis von *Escherichia coli*, Coliformen und Enterokokken als Kriterien festgesetzt. Vorliegender Methodenvergleich betrifft allerdings nur die KBE. Bei den Indikatorkeimen stellt sich das Problem, daß man für eine

Trinkwasserbeurteilung 100 ml benötigt. Dafür gibt es eigentlich keine realistische – günstige und unaufwendige – Lösungsmöglichkeit. Allerdings ist die Koloniezahl dahingehend bedeutungsvoll, weil sie auf allgemeine Keimfracht an der Quelle hinweist und durch Mehrfachmessungen die Dynamik der mikrobiologischen Fracht dargestellt werden kann.

Wichtige offene Fragestellungen:

- **Nach welcher exakten Methode sollen die Petrifilme angewendet werden, vor allem bezüglich der Inkubationstemperatur?**
- **Kann man die beiden Meßmethoden miteinander vergleichen bzw. kann man eine Methode durch die andere ersetzen?**
- **Wie verlässlich ist jede Methode für sich? Anders ausgedrückt, wie sehr streuen die Meßmethoden?**
- **Welchen realen Schwankungen unterliegen die gewonnenen Meßwerte (zeitlich und räumlich)?**
- **Ein neuer und höchst interessanter Ansatz in der Karstforschung ist, bei einem Hochwasserereignis detailliertere Ausschwemmungskurven durch wesentlich kürzere Meßintervalle zu erhalten.**
- **Eine weitere wissenschaftliche Fragestellung ist es, Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Biozönose zu ziehen.**

2. EINLEITUNG

2.1. Nationalpark Kalkalpen

2.1.1. Geographische Lage und Geologie, ökologische Aspekte

Der Nationalpark Kalkalpen hat eine Größe von 16 500 ha (165 km²) und umfaßt Teile des Reichraminger Hintergebirges sowie das Sengsengebirge. Das Gebiet wurde 1997 zum Nationalpark erklärt, wobei dieser aufgrund guter Management-Pläne auch die internationale IUCN-Anerkennung, (Kategorie II: Nationalpark) erhielt!

Beim heutigen Nationalpark handelt es sich aber erst um den ersten Planungsabschnitt von insgesamt vier. Das Sengsen- und Hintergebirge ist für sich alleine betrachtet noch nicht repräsentativ für die Nördlichen Kalkhochalpen. Weitere, ursprünglich geplante Gebiete sind/waren die Haller Mauern, das Warscheneck, das Tote Gebirge und die steirischen Anteile der genannten Gebirgszüge. Diese zentrale Region der Nördlichen Kalkalpen wird als „alpiner Hochkarst“ bezeichnet und ist eine der größten Karstlandschaften und Trinkwasserreserven Europas.

Das Reichraminger Hintergebirge ist mit seinen ca. 200 km² das größte geschlossene Waldgebiet der Nördlichen Kalkalpen (ohne Siedlungen). Der höchste Berg im Reichraminger Hintergebirge ist der Große Größtenberg mit 1724 Metern. Das Einzugsgebiet der Reichraming (Volksmund: Reichraminger Bach) umfaßt 180 km unverbaute Strecke, es handelt sich um den größten ungestörten Bachverlauf der Ostalpen!

Das Sengsengebirge ist nach Süden hin (Windischgarstener Becken) sanft abfallend, nach Norden hingegen haben wir hier steile Abbrüche (Dolomit, Wettersteinkalk). Der Hohe Nock ist mit 1963 Metern der höchste Gipfel.

Das Sengsengebirge und das südliche Hintergebirge verlaufen als steil gefaltete Ost-West-Kette, vorwiegend aus Wettersteinkalk, zwischen Windischgarsten-Teichtal und Mollner Becken. Hauptsächlich überzieht der wasserlose Grünkarst mit seinen schwarzen Humusböden das Gelände. Im Tal brechen etliche starke Quellen aus dem Fels. Nur in den

höchsten Gipfellagen (z.B. Hoher Nock) sind kleine Bereiche mit freiem Felskarst anzutreffen. (...)

Im Norden wie auch im Südosten schließt sich an die „Sengsengebirgsfalte“ eine reich gegliederte Voralpenlandschaft an, die von der geologischen Einheit der „Reichramingdecke“ mit Dolomiten und Jurakalken geprägt wird. Die Kalkschollen dieser Waldlandschaft sind wiederum stark verkarstet (...). Auch am Rande dieser Kalkschollen gibt es große Karstquellen. Weite Flächen des Hintergebirges um den Reichramingbach nimmt der Hauptdolomit ein. (...) Die unterirdische Entwässerung tritt stark zurück. Sehr kleine Bereiche im Osten des Nationalparks sind schließlich von tonigen und sandigen Gesteinen geprägt, hier gibt es (...) nur mehr oberflächliche Abflüsse (WOLKINGER 1996).

Der von Latschen und Mischwald überwucherte Grünkarrst ist zur Zeit stark im ökologischen Umbruch. Dies zeigt sich durch die Bodenerosion aufgrund von Nutzungen (sog. „Verkarstung“ der Almen) und daß die Quellen notorisch mit Trübstoffen und Keimen belastet sind. Der Mensch beschleunigt die Degeneration der Vegetation, am Ende könnte eine ähnliche Landschaft wie im Toten Gebirge entstehen. Solchen Fragestellungen wird in der Karst-Forschung des Nationalparks nachgegangen.

2.1.2. Klima

Die nördlichen Kalkalpen werden durch subozeanisches Klima charakterisiert. Das Gebiet des Nationalparks befindet sich in der Nordstaulage des Alpennordrandes und wird durch NW-Strömungen vom Atlantik her beeinflusst.

Daraus resultieren:

- hohe Niederschlagsmengen (Sengsengebirge: 1200 – über 2000 mm)
- feuchte Sommer, schneereiche Winter (besonders die Nordseiten)
- milde Temperaturen

2.1.3. Karstmikrobiologische Forschung im Nationalpark Kalkalpen



Foto 1: Probenahme in der Rettenbachhöhle (Quellmonitorung)

Die Kampagnen des „**Karstquellen-Monitoring**“ werden seit 1991 im Gebiet des Nationalparks Kalkalpen / Oberösterreich im allgemeinen vierteljährlich ausgeführt. Sie decken rund 40 größere Quellen aus knapp 800 bekannten ab. An den ausgewählten Quellen werden hydrographische, chemische, physikalische und seit 1994 auch mikrobiologische Parameter untersucht (HASEKE 1999 a).



Foto 2:
Probenahme an der Haselquelle
(Quellmonitoring)

Die „**Ereigniskampagnen**“ laufen seit 1995 und beobachten 2 – 3 ausgewählte Quellen zu bestimmten Witterungsabläufen und in sehr engem Rhythmus - drei- bis sechsstündlich (HASEKE 1999 a).

Das mikrobiologische Monitoring darf nicht nur als eine Art Gewässerüberwachung über Zustand und Veränderungen an möglichen Trinkwasserquellen verstanden werden. Durch Langzeitbeobachtungen können anthropogene bzw. natürliche Einflüsse im Zusammenhang mit Veränderungen in einem sehr sensiblen Gleichgewicht herauskristallisiert werden.

Weiters wurden im Nationalpark Myxobakterien in der Rettenbachhöhle - sessile Mikrobiozönosen in Karstsystemen – untersucht (Studien von Menne).

2.2. Thematischer Teil

2.2.1. Die Trinkwasseruntersuchung

Bei der Trinkwasseruntersuchung werden physikalische bzw. physikalisch-chemische Untersuchungen (z.B. Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, ...), chemische sowie bakteriologische Analysen durchgeführt.

Bakteriologische Untersuchung der Gewässer

Die hygienische Überwachung stützt sich im mikrobiologischen Bereich in der Routine auf folgende Kriterien:

1. den Nachweis von *Escherichia coli* im besonderen
2. den Nachweis von coliformen Keimen im allgemeinen
3. den Nachweis von Enterokokken und
4. die Bestimmung der Koloniezahl (Inkubation bei 22°C und 37°C)

Folgende Richtzahlen und Grenzwerte sind in Österreich gültig:

		Richtzahl	Zulässige Höchstkonzentration (Grenzwert)
Gesamtkeimzahl 22°C	pro ml	100	
Gesamtkeimzahl 37°C	pro ml	10	
<i>Escherichia coli</i>	pro 100 ml		nicht nachweisbar
Coliforme Keime	pro 100 ml		nicht nachweisbar
Enterokokken	pro 100 ml		nicht nachweisbar

Tab.1: Richtzahlen und Grenzwerte für die bakteriologische Trinkwasseruntersuchung

Der Nachweis der Indikatorbakterien (1., 2., 3.) weist auf ein *mögliches* Vorhandensein von Krankheitserregern hin.

Escherichia coli:

E. coli ist der häufigste Erreger bakterieller Infekte des Menschen. Der natürliche Lebensraum des Bakteriums ist der Darmtrakt von Mensch und Tier. Deshalb gilt E. coli als Indikatorkeim für fäkale Verunreinigungen von Wasser und Lebensmitteln (KAYSER 1998).

2.2.2. Koloniezahl – KBE - Koloniebildende Einheiten

Als Koloniezahl wird die Zahl der mit 6 – 8 facher Lupenvergrößerung sichtbaren Kolonien definiert, die sich aus den in 1 ml des zu untersuchenden Wassers befindlichen Bakterien in Plattengußkulturen mit nährstoffreichen, peptonhaltigen Nährböden bei einer Bebrütungstemperatur von $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ und $(36 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ nach (44 ± 4) Stunden Bebrütungsdauer bilden (HÜTTER 1994).

Die hauptsächliche Bedeutung der Koloniezahlbestimmungen liegt in der Feststellung von unerwarteten Veränderungen, basierend auf einer häufigen und langfristigen Überwachung. Jeder plötzliche Anstieg der Koloniezahl kann eine frühe Warnung vor bedenklichen Verunreinigungen sein und erfordert eine sofortige Untersuchung (EUROPÄISCHE NORM ISO 6222 (1999)).

Es sollen bei der Untersuchung diejenigen Keime, die für die seuchenhygienische Beurteilung eines Wassers wichtig sind, erfaßt werden. Es wird im Rahmen der Koloniezahlbestimmung nicht angestrebt, alle übrigen, besonders die langsam wachsenden Keime aus Wasser, Erdboden und eventuell Wasserversorgungsanlagen quantitativ zu erfassen.

Deshalb ist laut HÜTTER (1994) die früher gebräuchliche Bezeichnung Gesamtkeimzahl unzutreffend. Außerdem wird vorausgesetzt, daß jede makroskopisch erkennbare Kolonie von einem einzelnen Keim ausgegangen ist, was durchaus nicht immer zutrifft. Die Bakterien in einer Wasserprobe kommen nicht nur einzeln, sondern auch in Verbänden oder an kleine Schmutzteilchen absorbiert vor.

Es wurde deshalb der Begriff Koloniezahl eingeführt, der im vorhinein darauf hinweist, daß nicht die Gesamtzahl der Keime, sondern nur die innerhalb einer bestimmten Zeit zu Kolonien auswachsenden Bakterien aus dem Wasser bestimmt werden.

Die Koloniezahl ist nicht unbedingt ein Indikator für fäkale Verunreinigungen des Wassers. Sie weist vielmehr auf allgemeine Verunreinigungen durch Bakterien hin. So ist in oberflächennahen Bodenschichten meist eine höhere Koloniezahl zu finden als in tieferen Schichten, vorausgesetzt, daß in diese kein verschmutztes Wasser eindringen konnte.

Die Bebrütungstemperatur von 20°C ist für tiefer im Wasser oder Boden lebende, kälteliebende (*psychrophile*, optimale Temperatur 15 – 20 °C) Bakterien günstig, während bei 37 °C für solche Keime optimale Wachstumsbedingungen herrschen, die sich auf die Körpertemperatur von Warmblütlern eingestellt haben (*mesophile*, optimale Temperatur 20 – 45 °C; *thermophile*, optimale Temperatur > 45°C) und die daher vorwiegend in oberflächennahen Bodenschichten sowie in Oberflächengewässern und Hallenbädern anzutreffen sind. (HÜTTER 1994).

Für die Untersuchung der KBE an den Karstquellen ergab sich eine niedrigere Bebrütungstemperatur als die geeignetere (SCHMIDT 1995).

In der mikrobiologischen Wasseruntersuchung der Nationalparkquellen werden daher die Indikatorbakterien und nur die KBE / 22°C als Parameter herangezogen.

Verhältnis von mikrobiologischen zu chemischen Parametern:

Der erste Satz der Trinkwasserverordnung lautet: **Trinkwasser muß frei sein von Krankheitserregern.**

Die Kontrolle eines Trinkwassers auf Krankheitserreger hat gegenüber den chemischen Parametern Vorrang. Immerhin kann schon ein *einmaliger* Genuß zu einer Infektion führen, wenn das Wasser Erreger übertragbarer Krankheiten enthält. Bei toxischen chemischen Stoffen hingegen wird ein einmaliger Genuß im allgemeinen noch nicht zu einer gesundheitlichen Schädigung führen, sondern erst eine längere Aufnahme entsprechend relevanter Mengen.

3. MATERIAL UND METHODE

3.1. Das Gebiet und die Quellen im Überblick

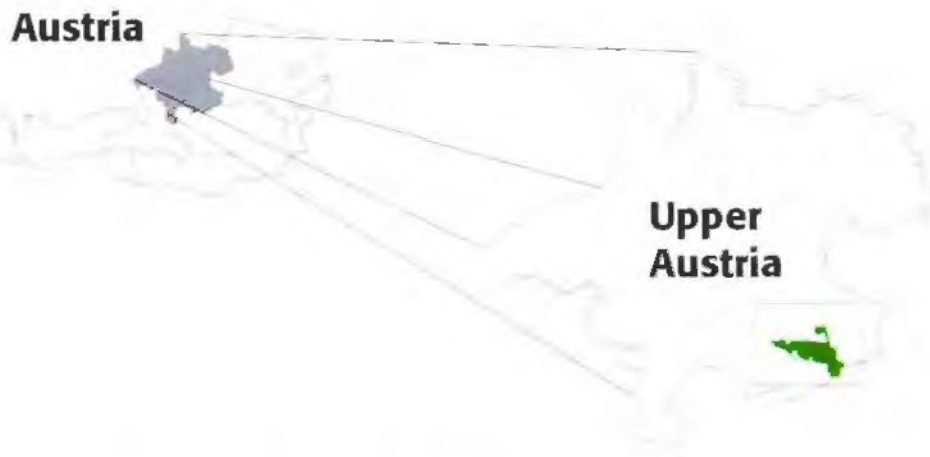


Abb. 1: Nationalpark Kalkalpen in Oberösterreich

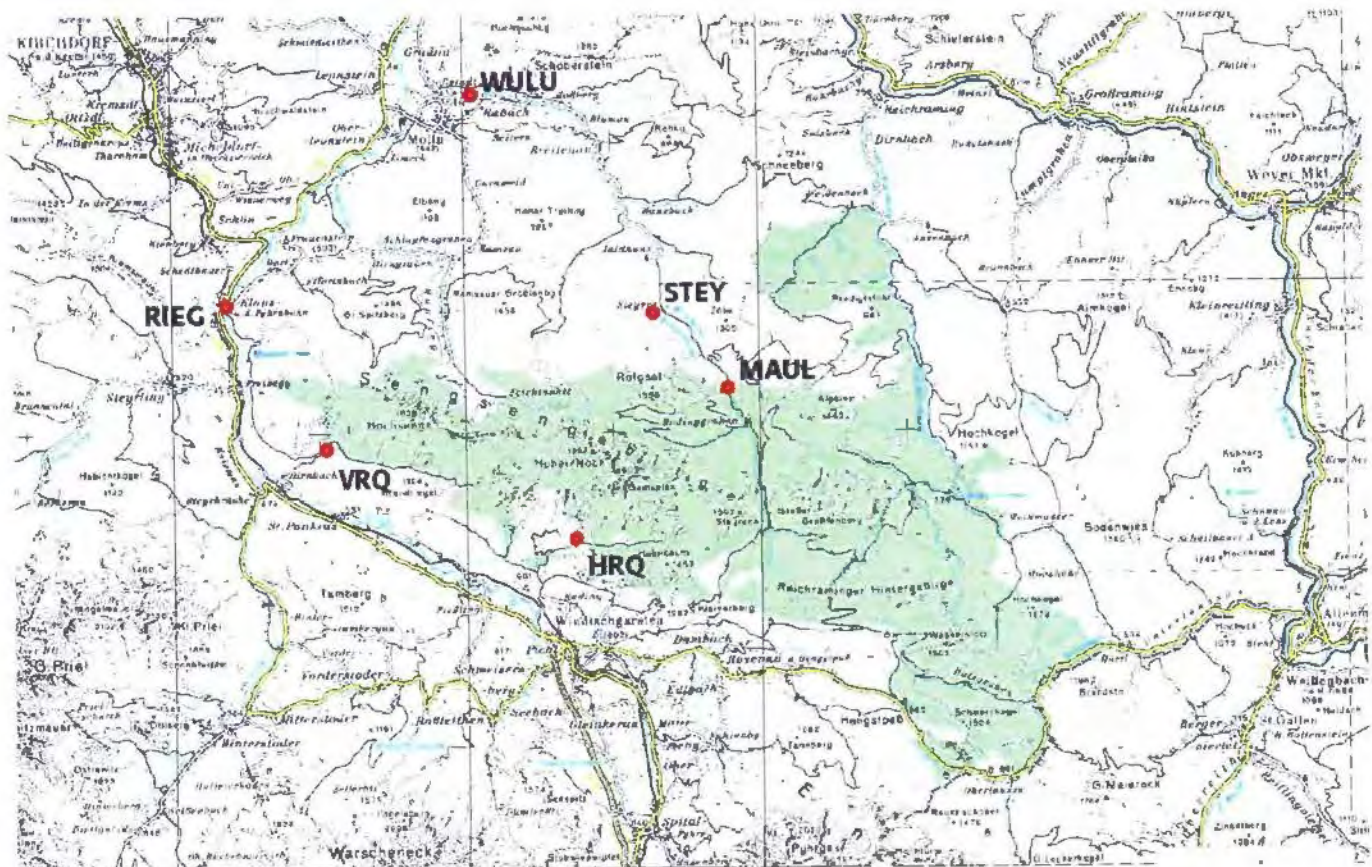


Abb. 2: Nationalpark Kalkalpen

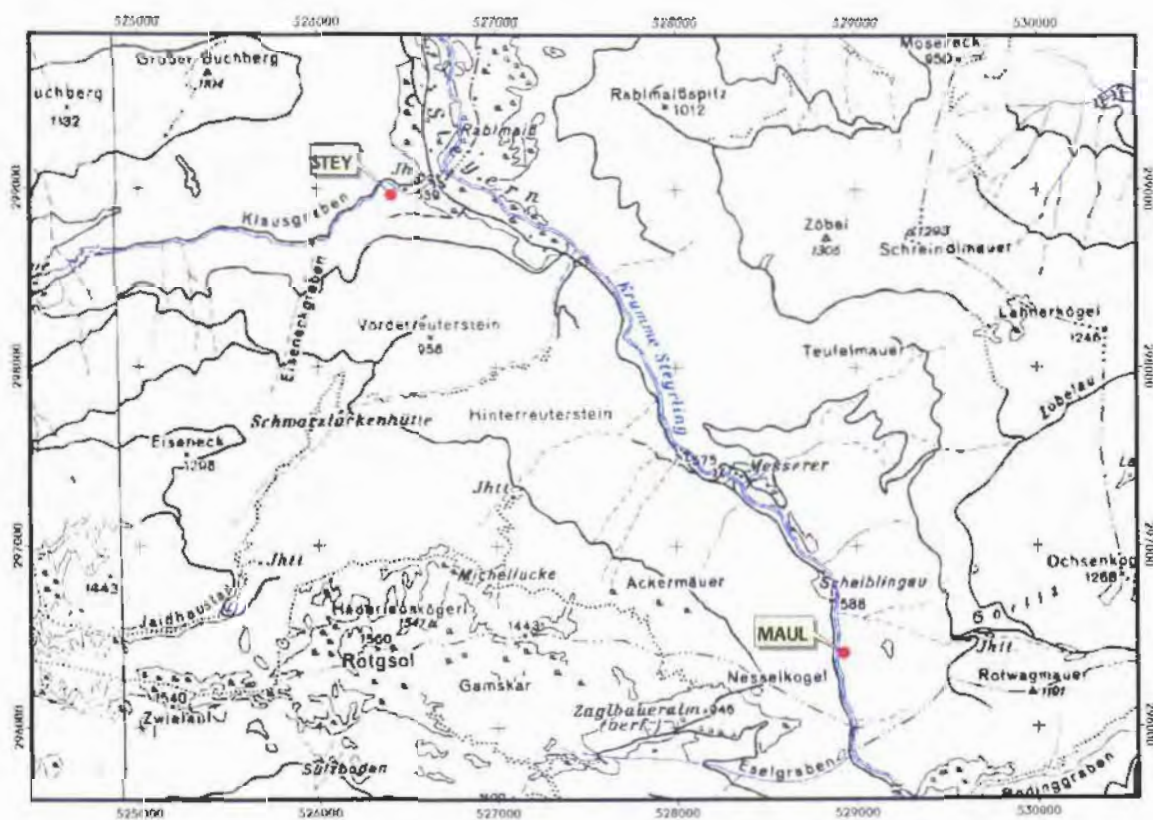


Abb. 3: Steyern Quelle und Maulaufloch

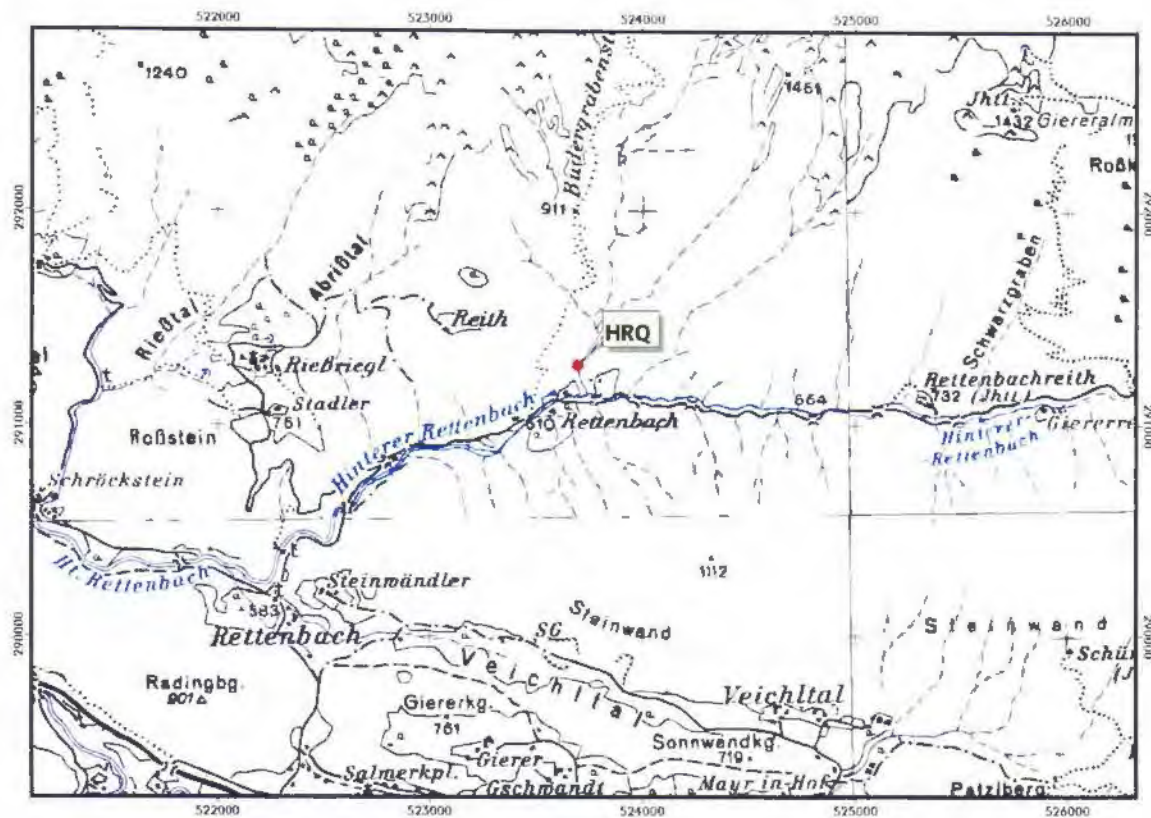


Abb.4: Hintere Rettenbachquelle

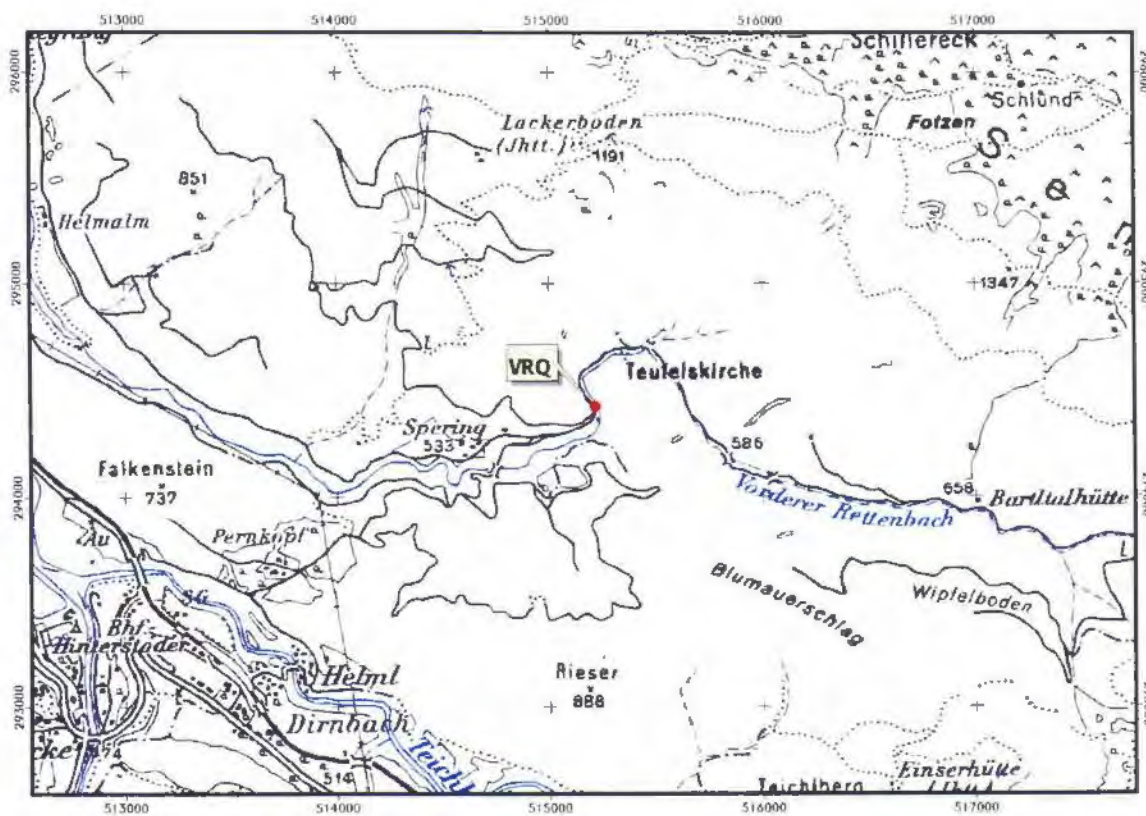


Abb.5: Vordere Rettenbachquelle

3.1.1. Quellauswahl

Die 4 wichtigsten Quellen für diese Diplomarbeit sind folgende:

- Steyern Quelle
- Maulaufloch
- Hintere Rettenbachquelle
- Vordere Rettenbachquelle

Sie haben ihr Einzugsgebiet im Nationalpark Kalkalpen und sind typische Karstquellen. Ich habe gute Gründe, diese 4 Quellen für meine Studie auszuwählen:

Sie sind nicht nur fixer Bestandteil im vierteljährlichen Quell-Monitoring-Programm, sondern sie waren auch in der Vergangenheit schon mehrmals Ziel spezifischer Forschung im Nationalpark Kalkalpen, wie z.B. von Ereigniskampagnen.

Es ist daher umfangreiches Datenmaterial über die mikrobiologischen Verhältnisse vorhanden. Aufgrund dieser Daten und von Erfahrungswerten kann man die Quellen bis zu einem gewissen Grad einschätzen.

Die Steyern Quelle und das Maulaufloch sind sich mikrobiologisch etwas ähnlich. Bei diesen beiden Quellen ist mit höheren Keimfrachten zu rechnen, natürlich abhängig von der Jahreszeit und der hydrologischen Situation. Im Gegensatz dazu zeigen die Hintere und Vordere Rettenbachquelle eher niedrige Keimfrachten.

An drei der betreffenden Quellen sind DKM-Stationen installiert (digitales Karstquellen-Meßnetz des hydrographischen Dienstes; siehe Kap. Zeitliche Schwankungen – hydrologische Situation).

Die Wunderlucke und die Riegeln Quelle werden deshalb ausgewählt, weil sie schnell und einfach mit einem Fahrzeug erreichbar sind und weil auch sie im Rahmen des Quellmonitorings regelmäßig mikrobiologisch analysiert werden.

3.1.2. Beschreibung der Quellen

3.1.2.1. MAULAUFLOCH (MAUL)

Synonyme:	Maulauflochquelle
Lage, Flußgebiet:	Bodinggraben, Krumme Steyrling
Koordinaten (R/H), Seehöhe:	R 528.970, H 296.150, Sh. 595m
Quellart:	Karstquelle, Höhlenquelle
Gestein:	Hierlatzkalk
Nutzung:	keine
Weitere bekannte Nummern:	MAUL, EKW14/15,37M6, 1652/2 (HV)
Österr. Flußverzeichnis Nr.:	37-9-AB
(HASEKE 1994 – 1996)	

Das "Maulaufloch" (37-09-A, Höhlenkataster 1665/9) zeigt zwei Höhlenportale und einige Nebenaustritte. (...) Ein guter Teil des Ebenforstplateaus alimentiert diese echte Karstquelle, an die ein begehbare Höhlengang anschließt (KNOLL 1991).

HASEKE (1994 – 1996) beschreibt das Maulaufloch wie folgt:

Die auffallende Karströhre knapp über der Krummen Steyrling schüttet zwischen 5 und 500 Sekundenliter. Sie entwässert den Waldkarst des Ebenforstplateaus aus einem Hierlatzkalk-Riegel. Bei Hochwasser aktiviert sie eine normalerweise trockenliegende begehbare Höhle als einzigen Übersprung, dies allerdings mit bemerkenswertem Getöse. Es ist dies neben den hydrologischen Fenstern der Rettenbäche, des Krestenbergsschachtes und der Haselhöhle eine der wenigen Stellen, wo Zutritte ins Berginnere erkundet sind.

3.1.2.2. STEYERN QUELLE (STEY)

Synonyme:	Steyern Quelle, Steyrn Quelle, Steyer Quelle
Lage, Flußgebiet:	Buchberg-/Klausgraben, Krumme Steyrling
Koordinaten (R/H), Seehöhe:	R 526.490, H 298.960, Sh. 540m
Quellart:	Karstquelle, Kluftquelle
Gestein:	Opponitzer Kalk
Nutzung:	Stromversorgung (Kleinstkraftwerk Jagdhaus), DKM-Messtation
Österr. Flußverzeichnis Nr.:	37-12-AA/AB
Weitere bekannte Nummern:	STEY, MO-11 (EKW), KG-14 (NPK)
(HASEKE 1994 – 1996)	

Die Riesenquelle am Talausgang des Klausgrabens, gegenüber dem Jagdhaus „In der Steyern“, zählt mit den Rettenbachquellen und den Haselquellen zu den eindrucksvollsten Karstphänomenen des Nationalparkes Ost. Der Quellhorizont ist an einer markanten NNE-SSW laufenden Störung angelegt, die im Klausgraben eine Schuppengrenze kreuzt.

Die Quelle hat mehrere Übersprünge, knapp östlich befindet sich eine mehrstufige moosige Felskaskade von rund 15 Meter Breite, 50 Meter Länge und 25 Meter Höhe, die aus einem tiefen Höhlentor kommt. Bei Hochwasser donnern die Wassermassen mit mehreren Tonnen pro Sekunde aus dem Felstor hervor. Als Herkunft der Verkeimungen kommt das Alm- und Waldweidegebiet der Feichtau in Frage. Auch das Farntal, der Jaidhausgraben und Teile der Klausgrabenflanke dürften zu dieser Quelle entwässern. Die Steyern Quelle wird seit 1991 vierteljährlich im Rahmen des Quellmonitorings untersucht (Mikrobiologie, chemische Wasseranalyse, Feldwerte: pH-Wert usw.) (HASEKE 1994 – 1996).

Bei der Steyern Quelle muß auch auf die Biotopwertigkeit hingewiesen werden, denn eine Moosaufnahme im Jahre 1993 durch F. GRIMS (1993) ergab das „bislang reichste Artenspektrum aller Nationalparkquellen“.

Weiters wurden bereits bei einer faunistisch-ökologischen Erstaufnahme fünf für die Wissenschaft unbekannte Quellschneckenarten gefunden, wovon drei an dieser Quelle in hoher Besiedlungsdichte auftreten (WEIGAND et al. 1996).

3.1.2.3. QUELLEN HINTERER RETTENBACH: TEUFELSLOCH (HRQ)

Synonyme:	Hintere Rettenbachquellen, Fischbachquellen, Quellen im Budergraben; Rettenbachhöhle, Teufelsloch
Lage, Flußgebiet:	Hinterer Rettenbach (Fischbach), Teichl
Koordinaten (R/H), Seehöhe:	R 523.750, H 291.300, Sh. 610-676m
Quellart:	Karstquellen, z.T. verdeckt; Höhlengerinne
Gestein:	Wettersteinkalk
Nutzung:	Fischteiche; DKM-Meßstation, Höhle: Naturdenkmal
Weitere bekannte Nummern:	HRQxx, C2, HIRExx, HRxx, 36M2, 1651/1 (Höhlenkataster), REHxx (Höhle)
Österr. Flußverzeichnis Nr.:	36-12-2-B
(HASEKE 1994 – 1996)	

Die obersten Quellöffnungen sind das „Teufelsloch“ (=Rettenbachhöhle) und ein höhengleich im Budergraben situierter Übersprung (676m). Beide werden nur bei Extremhochwasser aktiv. Der Hintere Rettenbach entspringt bei mittlerer Schüttung unterhalb der Quelhöhle in

einem imposanten, moosigen Flußbett. Bei extremen Niedrigwasser sind nur mehr die Austritte, die den Fischteichen (Meßstelle HRQ-DKM) bei der Brücke zum Forsthaus unmittelbar zufließen, aktiv (610m). Sie schütten bei Niedrigwasser noch 70-100 l/s. Das System hat geschätzte Kapazitäten von 12-15.000 Sekundenlitern. Das Einzugsgebiet umfaßt sicher den zentralen Teil des Sengsengebirges um den Hohen Nock (HASEKE 1994–1996).

3.1.2.4. TEUFELSKIRCHE (QUELLEN VORDERER RETTENBACH) (VRQ)

Synonyme:	Vordere Rettenbachquelle
Lage, Flußgebiet:	Vorderer Rettenbach, Steyr
Koordinaten (R/H), Seehöhe:	R 515.300, H 294.650, Sh. 560m (Messungen bei der üblichen Quellmonitoring-Stelle bei 533m)
Quellart:	Karstquelle, Kluftquellen
Gestein:	Wettersteinkalk
Nutzung:	DKM-Meßstation; Naturdenkmal-Ausflugsziel
Weitere bekannte Nummern:	VRQ, VR, VR2, C4, VORE, 35M1, 1651/2+12 (HV)
Österr. Flußverzeichnis Nr.:	35-20-BB
(HASEKE 1994 – 1996)	

Die Rettenbachquelle ist der einzige Ursprung des Vorderen Rettenbaches und eine der wahren Riesenquellen des Nationalparks Ost: Es handelt sich um eine aufsteigende Felsröhre, bzw. um einen denkmalgeschützten Fels-Torbogen, die „Teufelskirche“. Der Austritt ist durch Felsbrocken verdeckt. Der Niedrigwasseraustritt befindet sich ca. 150 Meter tiefer im mächtigen, moosigen Bachbett (normale Meßposition beim Quellmonitoring und für diese Diplomarbeit, keine separate Nummer), auf Höhe der DKM-Station.

Einzugsgebiet: Es erfolgt die Entwässerung des westlichen/mittleren Sengsengebirges. Die Quelle zeigt bei Höchstwasser sicherlich Spitzenschüttungen von mehreren tausend Litern pro Sekunde.

Weiters muß bei der Vorderen Rettenbachquelle auf eine Besonderheit hingewiesen werden:

Bei Niedrigwasser oszilliert die Schüttung der Rettenbachquelle rhythmisch in einem Taktmaß, das von der jeweiligen Schüttung abhängig ist. Dieses Phänomen entspricht Hebereffekten, die in diesem Ausmaß weltweit sehr selten sind (HASEKE 1994–1996).

3.1.2.5. RIEGELN QUELLEN (RIEG)

Es handelt sich um die Quellen beim Staudamm Klaus, an der Straße bei „Riegeln“.

Die Messung erfolgte an der üblichen Monitoring-Meßstelle:

Synonyme:	Quellen beim Staudamm Klaus
Lage, Flußgebiet:	Steyr
Koordinaten (R/H), Seehöhe(Obere Quellfassung):	R 511.995, H 299.320, Sh. 423 - 475m
Quellart:	Kluftquellen, Sickerquellen
Gestein:	Plattenkalk/Hauptdolomit, Nagelfluh
Nutzung:	Brauch- und Trinkwasser
Weitere bekannte Nummern:	RIEG; ST1A-D
Österr. Flußverzeichnis Nr.:	35-27-AA/AE
(HASEKE 1994 – 1996)	

3.1.2.6.**WUNDERLUCKE (WULU)**

Synonyme:	Wunderluckenquellen
Lage, Flußgebiet:	Krumme Steyrling
Koordinaten (R/H), Seehöhe:	R 520.525, H 306.500, Sh. 405 m
Quellart:	Alluvialquellen
Gestein:	Alluvialschotter, Opponitzer Rauhwaacke
Nutzung:	Fischteiche, Trinkwasserversorgung (Hausbrunnen) der Anrainer
Weitere bekannte Nummern:	WULU, WUQ, KS28, KS29, KS42, KS43, KS44, 37M14, EKW MO-244, EKW MO-246
Österr. Flußverzeichnis Nr.:	37-21-M,N,O,P,Q
(HASEKE 1994 – 1996)	

Die im Juni 1869 eingestürzte Wunderlucke ist der spektakulärste Erdfall im Raum Molln-Leonstein.

„Mitte Juni 1869 ist an der Krummen Steyerling ein Naturereignis, eine Erdsenkung vor sich gegangen. Nach den Augenzeugen vernahm man zwischen 9 und 10 Uhr früh ein schwaches Dröhnen und im selben Moment sank eine Erdfläche von etwa 15 Quadratklafter in die Tiefe, aus welcher eine starke Quelle empor sprudelte. Früher war dort eine kleine muldenartige Vertiefung. Die Versenkung mußte tief gegangen sein, da aus der Quelle sich ein Trichter bildete, der eine Tiefe von 6 – 7 Meter erreichte (...). Die Quelle und der daraus hervorgehende Trichterteich sind als hereinbrechendes Grundwasser von der benachbarten Krummen Steyerling zu betrachten. Nach den Abmessungen des Kooperators betrugen die Dimensionen der Einsenkung: Flächeninhalt 620 Quadratklafter (2230 m²), Tiefe des Teiches 3 – 3,5 Klafter (6 – 7 Meter), Gesamttiefe des Loches 6 Klafter (11,4 m) (...). Bei Hochwasser steigt auch das Wasser im Teich und wird auch trüber, wenn die Steyerling sehr trübe ist. Zum Schlusse heißt es im Bericht, daß das seltene und merkwürdige Naturereignis bereits so manchen Fremden zum Besuche des Mollner Tales ermunterte.“ (GÖTZINGER 1952)

Der Dolinensee wird von Norden her durch einige Quellen angespeist, die zuerst flache Fischteiche zwischen Krummer Steyrling und Wunderlucke bewässern. In der Wunderlucke versinkt das Wasser, sie hat keinen oberirdischen Abfluß.

Die Messung erfolgt an der üblichen Monitoring-Meßstelle: Der Übersprung mündet in den Fischteich.

3.1.2.7. Fotodokumentation



Foto 3: Maulaufloch - unteres kleineres Höhlenportal bei mittlerer Schüttung.



Foto 5: Probenahme bei der Vorderen Rettenbachquelle.



Foto 4: Maulaufloch – höher gelegenes Höhlenportal bei Extremhochwasser.



Foto 6: moosige Felskaskade der imposanten Steyern Quelle – Probenahme an einem Übersprung am orographisch rechten Ufer des Quellsystems.

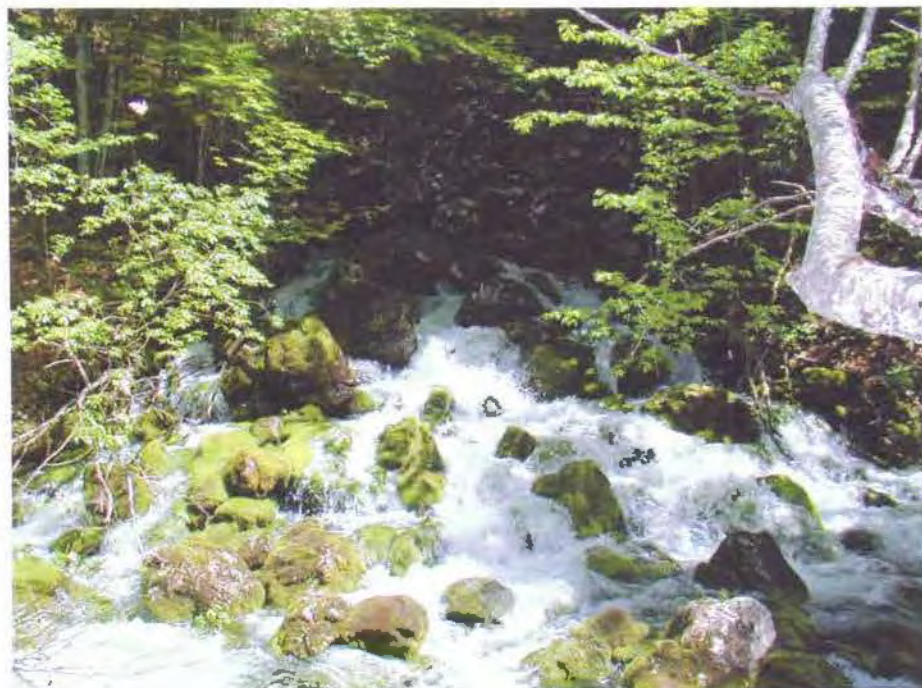


Foto 7: Hintere Rettenbachquelle - einer der zahlreichen Übersprünge.

3.2. Untersuchungsmethoden für die Koloniezahl

3.2.1. Wasserproben

Als erstes erfolgt immer die Probenahme in sterilen 250 ml Glasflaschen. Für eine bestimmte Quelle bzw. deren Übersprung wird jeweils für beide Methoden dieselbe Wasserprobe / Probeflasche verwendet.

Als zweiter Schritt wird die Messung der Feldwerte (Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit, Lufttemperatur), sowie die Schätzung der Schüttung an Ort und Stelle durchgeführt.



Foto 8: Messung der Feldwerte

Danach werden die Petrifilme direkt vor Ort im Gelände angesetzt. Es wird dabei Wasser aus derselben Probeflasche entnommen, die später im Labor für das Gußplattenverfahren verwendet wird. Bei eingebrochener Dunkelheit bzw. vor allem bei Wind und Regen ist manchmal der Ansatz der Petrifilme im Nationalpark-Auto notwendig. Bei den Ereigniskampagnen wird mit Hilfe von Planen ein zeltartiges Feldlabor gebaut, um Schutz vor Wind und Regen zu sichern.

Die Petrifilme werden nach dem Beimpfen in druckfesten Behältern gekühlt aufbewahrt. Pro Behälter dürfen höchstens 20 Petrifilme übereinander gelagert werden.

Der Transport der Wasserproben und der beimpften Petrifilme von den Probestellen ins Nationalparklabor erfolgt in einer sich im Auto befindenden Kühlbox, um eine eventuelle Veränderung der Wasserqualität durch erhöhte Temperatur während des Transportes zu verhindern. Im Winter bzw. bei sehr niedrigen Außentemperaturen ist z.T. eine Kühlbox für den Transport nicht notwendig.

Im Nationalparklabor wird möglichst schnell mit der bakteriologischen Untersuchung der Wasserproben begonnen bzw. werden die angesetzten Petrifilme inkubiert.

3.2.2. Material für das Gußplattenverfahren

- Autoklav
- Glasflaschen a 250 ml, steril
- Petrischalen (Durchmesser ca. 9 cm, steril)
- Automatik-Pipetten (1 ml, 0,1 ml) , sterile Pipettenspitzen
- **Nährmedium:** DEV-Nährgelatine Merck 10691 (für KBE 22°C)
- Wasserbad
- Brutschrank (einstellbar auf 22°C)
- Auszählgerät: 6-8 fache Lupenvergrößerung

3.2.3. Material für die Geländemethode mit Petrifilmen

- Glasflaschen a 250 ml, steril
- Automatik-Pipetten (1 ml, 0,1 ml) , sterile Pipettenspitzen
- Petrifilme
- Stempel für die Petrifilme
- Behälter für die Petrifilme: viereckige Hartplastik-Behälter, stoßfest
- Pinzetten
- Platte mit glatter Oberfläche
- Stimlampe
- Kühltasche
- Brutschränke (einstellbar auf 22°C bzw. 30°C)
- Auszählgerät: 6-8 fache Lupenvergrößerung
- **Trockennährboden** der Petrifilme - Inhalt laut PRODUKTBESCHREIBUNG DER FIRMA NOACK GMBH (siehe Kapitel Literaturverzeichnis): Agar (standardmäßige Nährstoffe), in Kaltwasser lösliches Geliermittel (ca. 15 – 25%), 2,3,5-Triphenyl Tetrazolium Chlorid (Indikator zur leichteren Zählung der Kolonien)

3.2.4. Gußplattenverfahren - Labormethode

Ausführung im Nationalpark-Labor:

Das Gußplattenverfahren wird laut der EUROPÄISCHEN NORM ISO 6222 (1999) durchgeführt: Je 1 ml sowie 0,1 ml der Wasserproben werden mit Hilfe von Automatik-Pipetten mit sterilen Spitzen entnommen und unter geringem seitlichen Anheben des Deckels in je eine sterile Petrischale eingebracht. Die sterile Nährgelatine wird im siedenden Wasserbad verflüssigt (Schmelzpunkt: 28 – 30 °C). Nach dem Abkühlen auf (45 +/- 1)°C werden jeder Petrischale unter sterilen Bedingungen 15 ml der flüssigen Nährgelatine zugesetzt und unter Bewegung in Form einer „8“ mit der Probe vermischt. Die Zeit zwischen der Zugabe der Probe (oder der Verdünnungen) und der Zugabe des geschmolzenen Mediums darf 15 Minuten nicht überschreiten. Das Gemisch muß in waagrechter Lage erstarren. Danach werden die Petrischalen im Brutschrank 48 Stunden lang bei (22 +/- 2)°C inkubiert. Nach dem Herausnehmen aus dem Brutschrank werden die Platten sobald als möglich ausgewertet. Falls dies nicht möglich ist, werden sie bei (5 +/- 3)°C gelagert und innerhalb von 48 Stunden ausgezählt.

Die Anzahl der Kolonien pro Platte wird mittels 6 – 8 facher Lupenvergrößerung ausgezählt und die Anzahl der koloniebildenden Einheiten je 1 ml Probe berechnet (bei den Verdünnungen).

Die Grundregeln sterilen Arbeitens sind immer einzuhalten!

3.2.5. Petrifilme - Geländemethode

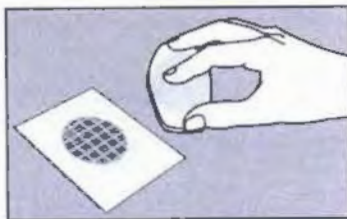
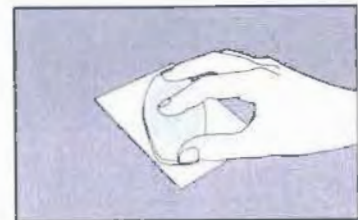
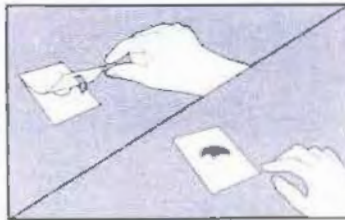
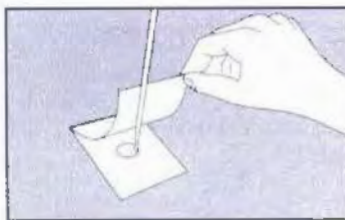
Probenahme und Ansatz im Gelände:

Die Arbeitsweise mit den Petrifilmen erfolgt laut der PRODUKTBESCHREIBUNG DER FIRMA NOACK GMBH (siehe Kapitel Literaturverzeichnis):

An der ausgewählten Quelle bzw. deren Übersprung wird mit einer sterilen Glasflasche die Wasserprobe entnommen. In jedem Fall werden die Flaschen und die Petrifilme vor Ort beschriftet und etwaige Kommentare im Protokoll vermerkt.



Foto 9: Ansatz der Petrifilme an der Quelle Maulaufloch



Incubation



Interpretation

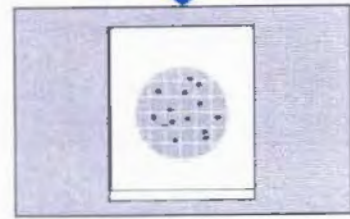


Abb.6: Arbeitsweise mit Petrifilm Aerobic-Count-Platten

Das Petrifilm-System besteht nun aus einer unteren Trägerfolie mit rehydrierbarem Trockennährboden und einer durchsichtigen oberen Deckfolie. Jeweils 1 ml der Wasserprobe wird auf den Petrifilm pipettiert. Dazu wird der Petrifilm auf eine ebene Platte gelegt, die obere Folie zuerst angehoben und nach dem Pipettieren wieder aufgelegt. Der Deckel der Probeflasche und die obere Folie des Petrifilms werden nicht länger als nötig angehoben. Mithilfe eines Stempels wird die Probe auf einer definierten kreisrunden Fläche gleichmäßig verteilt. Nach ca. 1 Minute hat sich das Gel verfestigt und es können bis max. 20 Petrifilme übereinander in schützenden Plastikbehältern zwischengelagert werden. Der Transport erfolgt in einer Kühltasche. Je nach Wetterlage (Regen), wird die Beimpfung manchmal auch im Fahrzeug durchgeführt. Zur Überprüfung der Sterilität der Materialien (Petrifilme, Pipettenspitzen) werden immer Blindproben mit Reinstwasser angesetzt.

Weiteres Verfahren im Labor:

Die Petrifilme werden für 48 Stunden bei $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$ bebrütet und danach auf einer Vergrößerungslampe mit 6 – 8 facher Lupenvergrößerung ausgezählt. Alle roten Kolonien, unabhängig von einer Gasproduktion, werden gezählt.

Interpretationshilfe für die Auswertung:

Übersteigt die Anzahl der Kolonien 250, wird die Auszählung folgendermaßen geschätzt: Der Wachstumsbereich einer Petrifilm-Platte für Aerobe Gesamtkeimzahl liegt bei 20 cm^2 . Durch einen Raster am Trockennährboden wird die Bestimmung erleichtert: Es wird der Wert für ein Quadrat (1 cm^2) bestimmt und dann mit 20 multipliziert bzw. der Wert von 4 Quadraten mit 5 multipliziert.

Einige Bakterienarten verflüssigen das Gel. In diesem Fall werden die Kolonien in den unbeeinträchtigten Quadraten gezählt und hochgerechnet.



Foto 10: Angezüchtete Kolonien auf Petrifilm

3.2.6. Anmerkung zur Berechnung bei der statistischen Auswertung

Falls 1 Wert mit unzählbar beurteilt ist, wird nur der 2. Wert bzw. werden nur die restlichen Werte für die Berechnung des Medians / Mittelwertes herangezogen. Das Ergebnis wäre sonst verfälscht.

Hinweis:

Meine persönlichen Erfahrungen und die Vorteile bezüglich der Arbeitsweise mit Petrifilmen in der Praxis sind im Kapitel „Anhang“ nachzulesen.

3.3. Wichtige offene Fragestellungen und Antwortmethoden im Detail

- **Nach welcher exakten Methode sollen die Petrifilme angewendet werden, vor allem bezüglich der Inkubationstemperatur?**

Für die Nationalpark-Quellen werden routinemäßig die Indikatorkeime, sowie der Parameter KBE, Inkubation bei 22°C, 48 Stunden erhoben. Für die Untersuchung der Koloniezahl an den Karstquellen ist eine niedrigere Bebrütungstemperatur die geeignetere.

Laut Produktbeschreibung sind die Petrifilme bei 30 °C zu bebrüten.

Ich möchte prinzipiell davon ausgehen, bei beiden Methoden dieselbe Inkubationstemperatur zu wählen, damit die gleichen Bakterien wachsen.

Es sollten daher in ersten Versuchen beide Methoden bei 30°C bzw. bei 22°C bebrütet und die Ergebnisse verglichen werden, um Rückschlüsse auf die geeignete Temperatur ziehen zu können. Das Ziel ist es, als ersten Schritt die Arbeitsweise exakt festzulegen.

- **Kann man die beiden Meßmethoden miteinander vergleichen bzw. kann man eine Methode durch die andere ersetzen?**

Ziel ist es herauszufinden, ob zwischen beiden Meßmethoden ein guter Zusammenhang besteht, so daß man eine Methode durch die andere ersetzen kann. In weiterer Folge könnte man mit Hilfe statistischer Überlegungen eine Umrechnungsformel erstellen.

In Zukunft könnte die KBE mit den Petrifilmen gemessen und entsprechend umgerechnet werden.

Für die Karstforschung im Nationalpark würden sich dadurch ganz neue Möglichkeiten eröffnen, vor allem bei der Durchführung von Hochwasser-Ereigniskampagnen.

- **Wie verlässlich ist jede Methode für sich? Anders ausgedrückt, wie sehr streuen die Meßmethoden?**

Es ist für den Wissenschaftler von höchstem Interesse, wie groß der zufällige Fehler einer Messung ist d.h. wie verlässlich die Methode ist. Dieser Fragestellung sollte man bei beiden Meßmethoden nachgehen und dann einen Vergleich anstellen.

- **Welchen realen Schwankungen unterliegen die gewonnenen Meßwerte (zeitlich und räumlich)?**

Zeitliche Schwankungen:

Pro Quelle sollten im 5 Minuten Abstand 4 Datenpunkte mit je 2 bzw. 3 Wiederholungen angesetzt werden. Auf diese Weise erfaßt man annäherungsweise und im Rahmen der determinierten Grundgenauigkeit (siehe oben) die mikrobiologische Fracht. Die Untersuchung ist nur sinnvoll, wenn die hydrologische Situation zur Zeit der Probenahme mehr oder weniger konstant ist.

Räumliche Schwankungen:

Diese Fragestellung erlaubt zahlreiche Versuchsansätze. Die Probenahme sollte annähernd zeitgleich an mehreren Stellen eines Quellsystems erfolgen. Die genaue Dokumentation der Probenahmestellen und der aktuellen hydrologischen Situation ist nötig. Am besten sollten auch diese Versuchsreihen an denselben Quellen stattfinden.

- **Ein neuer und höchst interessanter Ansatz in der Karstforschung ist, bei einem Hochwasserereignis detailliertere Ausschwemmungskurven durch wesentlich kürzere Meßintervalle zu erhalten.**

Für die Verfolgung der mikrobiologischen Fracht an der Quelle bedarf es wesentlich kürzerer Meßintervalle, als das bei den bisherigen Intensivkampagnen im Nationalpark der Fall war. Mit den Petrifilmen sollte es möglich sein, detailliertere Ausschwemmungskurven bei einem Hochwasserereignis zu erhalten. Ideal wäre es, online-Informationen zu gewinnen. Dies liegt methodologisch gesehen noch in der Ferne. Allerdings ist folgende Strategie denkbar: Bei der Ereigniskampagne werden die Proben in kurzen Zeitabständen vor Ort auf Petrifilm angeimpft und zwar jeweils als Doppel-Ansatz. Zum Methodenvergleich werden auch Gußschalen angesetzt.

- **Eine weitere wissenschaftliche Fragestellung ist es, Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Biozönose zu ziehen.**

In Gewässern kann die Mikroflora in *natürliche autochthone* und *transistäre allochthone* Mikroorganismen eingeteilt werden. Die allochthonen Mikroorganismen geraten zufällig oder regelmäßig aus der Umwelt ins Wasser, sie stammen aus dem Boden, der Luft, den tierischen

Ausscheidungen – in ihrem Hauptteil jedoch aus den kommunalen und landwirtschaftlichen Abwässern (DAUBNER 1972).

Obwohl die Keimzahlbestimmung viele Fragen offen läßt, können zusätzliche biozönotische Informationen durch die Variation der Inkubationstemperatur gewonnen werden. Je mehr die Biozönose an das Subterraneum angepaßt ist, desto höher sollte der Anteil an Organismen sein, die auch bei niedrigen Temperaturen wachsen können. Sind viele allochthone Organismen vorhanden, sollte der Anteil an Bakterien mit höherem Temperaturoptimum zunehmen.

Als geeignete Inkubationstemperaturen kommen die mittlere Quelltemperatur, 22°C und 30°C in Frage.

Um vergleichbare Resultate zu erzielen, ist ein Pilotversuch nötig, da man aufgrund der RGT-Regel unterschiedliche Inkubationszeiträume wählen muß. Dazu werden idealerweise an den 4 ausgewählten Quellen 2 bis 5 Ansätze pro Meßpunkt und Temperaturstufe gemacht. Die Petrifilme müssen alle 24 Stunden ausgezählt werden und führen zur Festlegung der endgültigen Inkubationszeiträume für die jeweilige Temperaturstufe.

Basis:

Für die Quellauswahl und verschiedenste Problemstellungen in der praktischen Durchführung dienen als Basis die Daten und unsere Erfahrungswerte aus dem bisherigen mikrobiologischen Monitoring und den Ereigniskampagnen.

Die Koordination und die Arbeit im Gelände erfordert nicht selten Flexibilität und einen gewissen Ideenreichtum. Sämtliche Versuche wurden von Elmar Pröll, Laborleiter im Nationalpark Kalkalpen und mir selbst koordiniert und durchgeführt. Elmar Pröll nimmt seit Jahren, ich selbst seit Juni 1998 an den Monitorings und Ereigniskampagnen teil.

Mikrobiologische Methoden im Nationalpark – Labor:

Die bisherigen Daten beruhen auf Standardmethoden der Wasseranalytik und der Lebensmittelhygiene. Das Datenmaterial wurde im Abstand von Monaten (Monitoring) oder Stunden (Ereigniskampagnen) erhoben.

4. ERGEBNISSE

4.1. Übersicht

	Datum der Probeentnahme:	für:	Quellen:
Versuch 1	13.07.99	Festlegung der Analysemethoden	RIEG, STEY, WULU
Versuch 2	19.07.99	Festlegung der Analysemethoden	WULU
Versuch 3	26.07.99	Meßwert-Schwankungen	STEY, MAUL, VRQ, HRQ
Versuch 4	09.08.99	zeitliche Schwankungen	STEY, HRQ, VRQ
Versuch 5	10.08.99	Ereigniskampagne 1	STEY
Versuch 6	16.08.99	räumliche Schwankungen	alle schüttenden Übersprünge der STEY und HRQ
Versuch 7	28.09.99	Meßwert-Schwankungen	STEY, MAUL, VRQ, HRQ
Versuch 8	14.12.99	zeitliche Schwankungen	STEY, HRQ, VRQ
Versuch 9	27.03.00	Vorversuch für Ereigniskampagne 2	STEY, MAUL, VRQ, HRQ
Versuch 10	10.05.00	räumliche Schwankungen	alle schüttenden Übersprünge der STEY und HRQ
Versuch 11	04. - 05.07.2000	Ereigniskampagne 2	STEY

Tab.2: Übersicht über die Anordnung der einzelnen Versuche

4.1. Übersicht

4.2. Exakte Festlegung der Analysemethoden

4.3. Methodenabsicherung

4.3.1. Korrelationsanalyse, Festlegung eines breakpoints

4.3.2. Berechnung der Umrechnungsformel

4.3.3. Meßwert-Schwankungen - Verlässlichkeit beider Methoden

4.4. Weiterführende statistische Analysen

4.4.1. zeitliche Schwankungen

4.4.2. räumliche Schwankungen

4.5. Ereigniskampagnen: Anwendung der Petrifilme

4.5.1. Ereigniskampagne 1 – detailliertere Ausschwemmungskurven

4.5.2. Vorversuch für die Ereigniskampagne 2

4.5.3. Ereigniskampagne 2 – Zusammensetzung der Biozönose

Die Auflistung aller Einzelergebnisse befindet sich im Kapitel „Anhang“.

4.2. Exakte Festlegung der Analysemethoden

In den ersten beiden Versuche wird die geeignete Inkubationstemperatur festgelegt.

Versuch 1:

Datum der Probenahme: 13.7.1999

Wetterlage: warm, sonnig; 19 – 23 °C Lufttemperatur

Probestellen: RIEG (Riegeln Quelle)

STEY 1 (Steyern Quelle: Quellfassung: Probeentnahme orographisch rechts am Quellaustritt;)

STEY 2 (Probeentnahme in der Mitte des Quellaustrittes)

STEY 3 (Probeentnahme orographisch links am Quellaustritt)

WULU (Wunderlucke)

Laut Produktbeschreibung sind die Petrifilme bei 30°C zu bebrüten. Eine Überlegung wäre, bei beiden Methoden mit 30°C zu inkubieren:

Es erfolgt die Messung der KBE bei 4 verschiedenen Meßmethoden an 5 verschiedenen Meßstellen. Pro Datenpunkt gibt es nur eine Wiederholung.

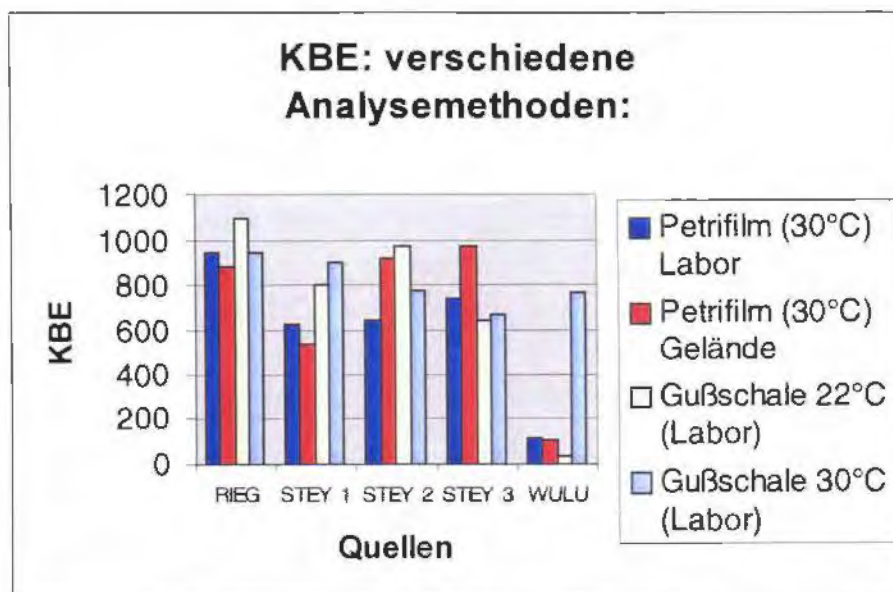


Abb.7: Vergleich verschiedener Analysemethoden für die Koloniezahl – Versuch 1

Da es jeweils nur eine Wiederholung gibt und nur eine Quelle (Wunderlucke) im optimalen Bereich liegt, ist hier eine statistische Auswertung nicht möglich.

Zumindest bei der WULU ist ersichtlich, daß die Methoden nicht bei 30°C verglichen werden sollten. Bei den Gußschalen/ 30°C sind die Koloniezahlen sehr hoch, auch wären viele Gußschalen unzählbar aufgrund der verflüssigenden Keime.

Versuch 2:

Datum der Probenahme: 19.7.1999

Wetterlage: warm, sonnig; 22 °C Lufttemperatur

Probestelle: WULU (Wunderlucke); direkt am Quellaustritt;

In diesem Fall werden aus ein und derselben Wasserprobe je 10 Ansätze gemacht, und zwar jeweils für vier verschiedene Analysemethoden:

1.+2. Analysemethode: Die Petrifilme werden im Gelände angesetzt, gekühlt ins Labor transportiert und bei 22°C bzw. 30°C inkubiert.

3.+4. Analysemethode: Die Gußschalen werden im Labor angesetzt und bei 22°C bzw. 30°C inkubiert.

Für alle Methoden werden auch Blindwerte mit Reinstwasser angesetzt.

Ergebnis der Laborarbeiten: (Details: siehe Tabelle im Kapitel „Anhang“)

Als Ergebnis möchte ich allerdings nur 7 der 10 Ansätze bewerten:

Grundsätzlich sollte man bei Mehrfachwiederholungen aus derselben Wasserprobe möglichst vermeiden, die KBE-Berechnung durch 1 ml bzw. der Verdünnung zu vermischen.

Man würde einen Knick bzw. eine Verfälschung beim Vergleich haben aufgrund des unterschiedlichen Verfahrens, wie man zum Ergebnis kommt.

Im Fall der Methode: Gußschale, Ansatz im Labor bei 30°C wird das KBE – Ergebnis bei 7 Wiederholungen aus dem 0,1 ml – Ansatz, bei 3 Wiederholungen aus dem 1 ml – Ansatz berechnet. Bei den betreffenden 7 Wiederholungen sind jeweils die 1 ml – Ansätze unzählbar (verflüssigende Keime).

Da es sich um einen Vergleich handelt, möchte ich auch für alle 4 Methoden nur die entsprechenden 7 Wiederholungen heranziehen.

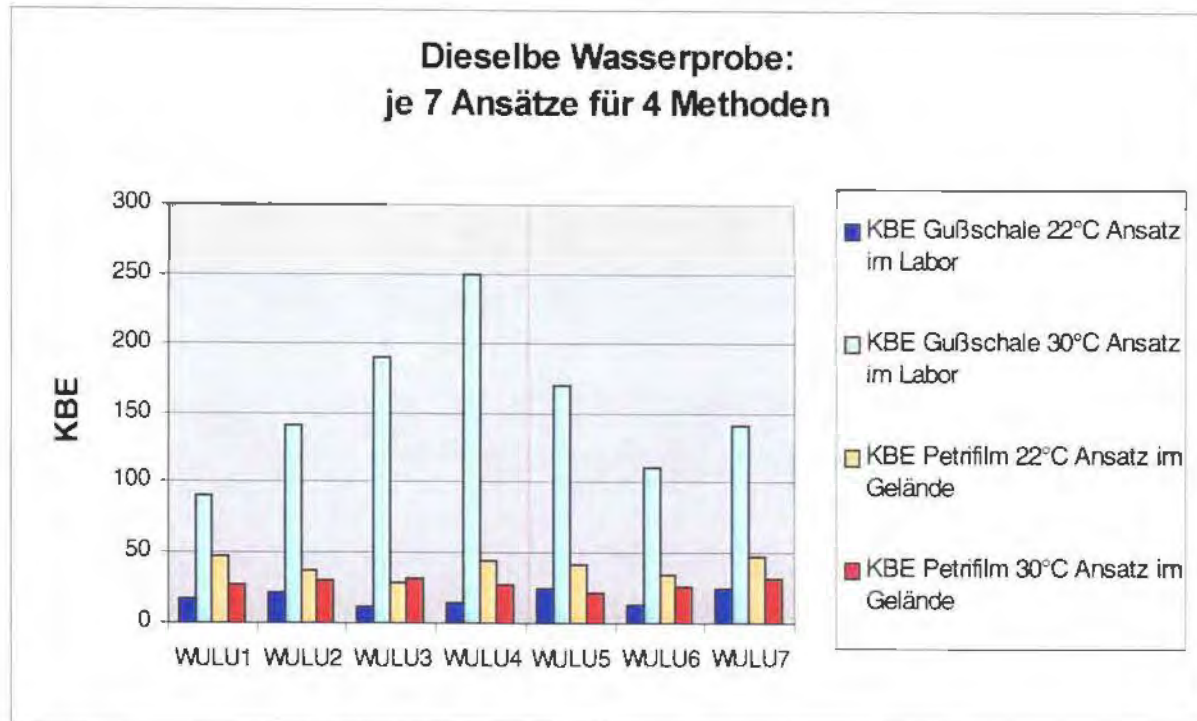
Graphische Darstellung:

Abb.8: Vergleich verschiedener Analysemethoden für die Koloniezahl – Versuch 2

Bei dieser Versuchsanordnung liegen alle KBE – Ergebnisse im optimalen Bereich, d.h. die Koloniezahl ist kleiner als 300. Wie auch beim ersten Versuch ist klar ersichtlich, daß sich 30°C nicht als Inkubationstemperatur eignet. Die KBE – gemessen mit der Methode Gußschale 30°C – ist eindeutig höher als bei den Petrifilmen.

Der Versuch 2 findet mit den entsprechenden 7 Wiederholungen in der weiteren statistischen Auswertung Verwendung.

Ergebnis der verschiedenen Analysemethoden:

Es wird für beide Materialien – Gußschalen und Petrifilme – 22°C als Inkubationstemperatur festgelegt.

Für alle weiteren Versuchsdurchführungen werden die beiden Meßmethoden wie folgt standardisiert:

Labormethode: KBE, Gußschalen, Inkubation bei 22°C und für 48 Stunden.

Geländemethode: KBE, Petrifilme, Inkubation bei 22°C und für 48 Stunden.

4.3. Methodenabsicherung

Ad Punkt 4.3.1. und 4.3.2.:

Alle Berechnungen für die Korrelationsanalyse, die Festlegung eines „breakpoints“ sowie die „linear regression“ und die Berechnung der Umrechnungsformel werden mit dem Computer-Programm STATISTICA durchgeführt.

Für diese Überlegungen werden *alle* Versuchsergebnisse, für welche die KBE mit *beiden* festgelegten Analysemethoden erhoben worden ist, miteinbezogen. D.h. die Werte-Paare aller Versuche, mit Ausnahme des Versuchs 1 (keine Methode: Petrifilm, 22°C, Ansatz Gelände), des Versuchs 9 (keine Gußschalen) sowie jener Werte-Paare, bei denen mindestens ein KBE-Ergebnis unzählbar ist.

4.3.1. Korrelationsanalyse, Festlegung eines breakpoints

In einem ersten Schritt soll mit Hilfe einer Korrelationsanalyse ein eventueller Zusammenhang zwischen der Labor- und der Geländemethode nachgewiesen werden:

KBE1: Petrischalen, 22°C, Ansatz im Labor (Labormethode)

KBE2: Petrifilme, 22°C, Ansatz im Gelände (Geländemethode)

Korrelationsanalyse mit allen Werte-Paaren (ohne unzählbare):

Statistica:

correlation matrix (mit allen Werte-Paaren ohne unzählbare):

alle Paare	Correlations
	Marked correlations are significant at $p < .05000$
	$n=219$ (Casewise deletion of missing data)
	$r=0,76$

scatterplot (Fit: linear):

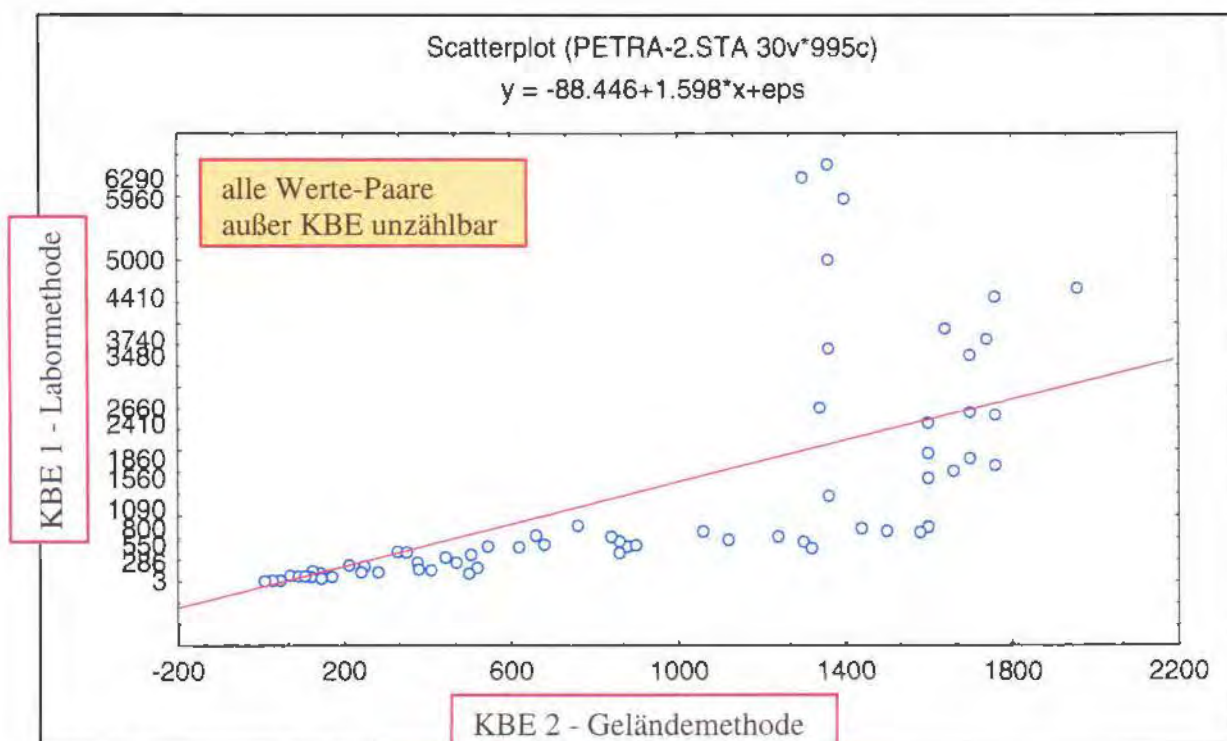


Abb.9: Korrelationsanalyse mit allen Werte - Paaren

Festlegung eines breakpoint:

Die Korrelation zwischen beiden Methoden ist gut, allerdings mit folgender Einschränkung:
Die Meßmethoden korrelieren nur bis zu einem bestimmten Punkt (breakpoint). Rein intuitiv ist beim obigen Diagramm ein guter Zusammenhang bis ca. $KBE1 \leq 1000$ erkennbar.

Es wird daher dieser bestimmte Punkt (=breakpoint) festgelegt:

Es werden weitere Korrelationsanalysen durchgeführt, allerdings für verschiedene KBE-Bereiche (in 100er - Schritten für die KBE Labormethode).

Festlegung des breakpoint:			
Vorgabe im Statistica - Programm:		Correlations Marked correlations are significant at $p < .05000$ <i>n (Casewise deletion of missing data)</i>	
Bereich der KBE	r	n	p
KBE1<= 100	0,7504	142	$p < 0,05000$
KBE1<= 200	0,7850	164	$p < 0,05000$
KBE1<= 300	0,8467	172	$p < 0,05000$
KBE1<= 400	0,8570	173	$p < 0,05000$
KBE1<= 500	0,8489	180	$p < 0,05000$
KBE1<= 600	0,8927	187	$p < 0,05000$
KBE1<= 700	0,9154	193	$p < 0,05000$
KBE1<= 800	0,9335	197	$p < 0,05000$
KBE1<= 900	0,9299	199	$p < 0,05000$
KBE1<= 1000	0,9299	199	$p < 0,05000$
KBE1<= 1100	0,9299	199	$p < 0,05000$
KBE1<= 1200	0,9299	199	$p < 0,05000$
KBE1<= 1300	0,9248	200	$p < 0,05000$
KBE1<= 1400	0,9248	200	$p < 0,05000$
KBE1<= 1500	0,9248	200	$p < 0,05000$
KBE1<= 1700	0,9197	202	$p < 0,05000$
KBE1<= 2000	0,9163	205	$p < 0,05000$
KBE1<= 2500	0,9028	206	$p < 0,05000$
KBE1<=3000	0,8815	209	$p < 0,05000$
alle Werte (außer KBE unzählbar)	0,7639	219	$p < 0,05000$
KBE1....Petrischale, 22°C, Ansatz im Labor			
KBE2....Geländemethode Petrifilm, 22°C			
r..... Korrelationskoeffizient (KBE1, KBE2)			
n..... Anzahl der verglichenen Zahlenpaare			
p..... Irrtumswahrscheinlichkeit			

Tab.3: Festlegung des breakpoints für die Korrelation

Die beste Korrelation erreicht man bei:

KBE1<=800 Correlations
Marked correlations are significant at $p < .05000$
 $n=197$ (Casewise deletion of missing data)
 $r=0,93$

Graphische Darstellung der Ergebnisse:

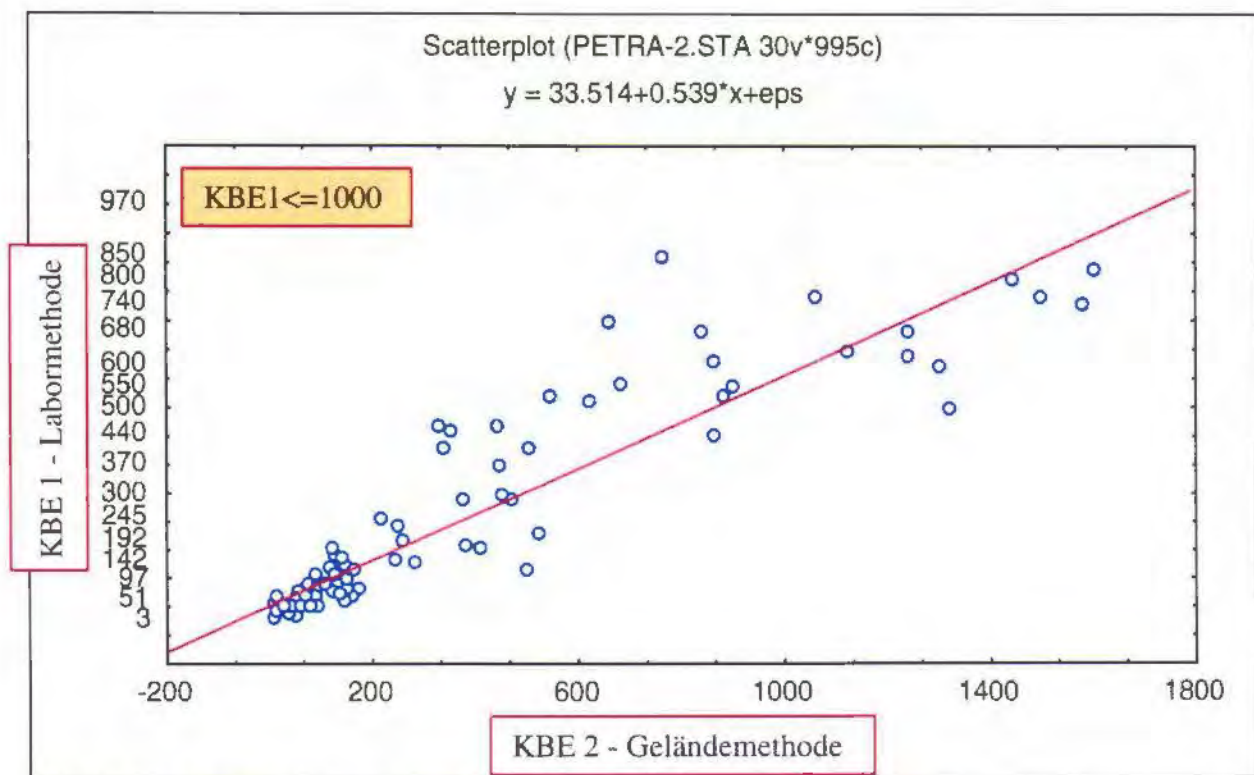


Abb.10: Korrelationsanalyse mit Werten bis KBE1<=1000

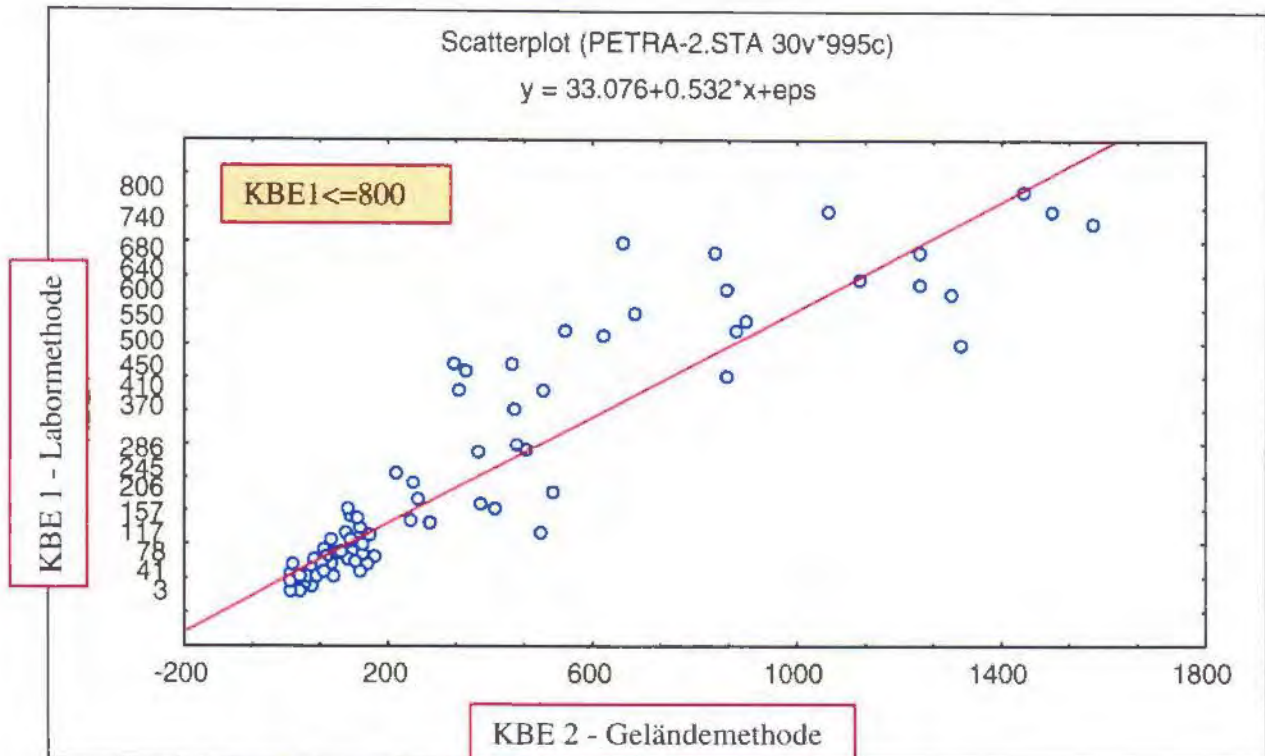


Abb.11: Korrelationsanalyse mit Werten bis KBE1 ≤ 800

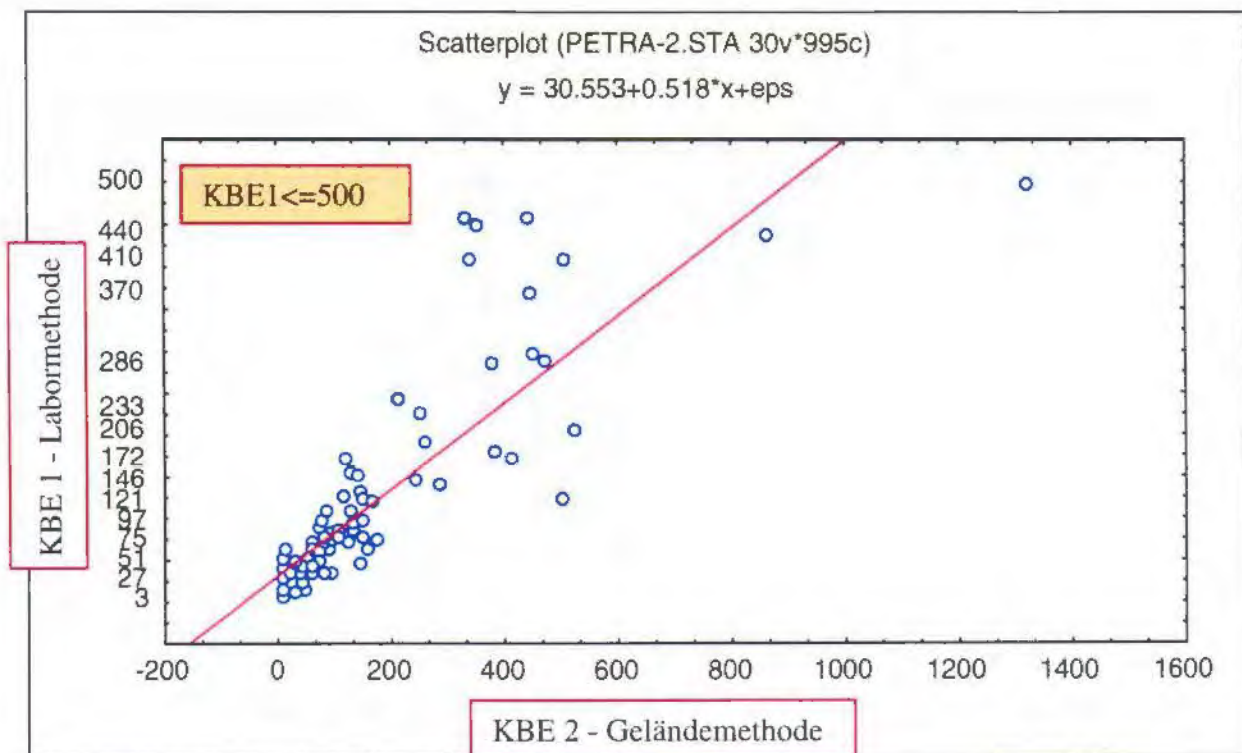


Abb.12: Korrelationsanalyse mit Werten bis KBE1 ≤ 500

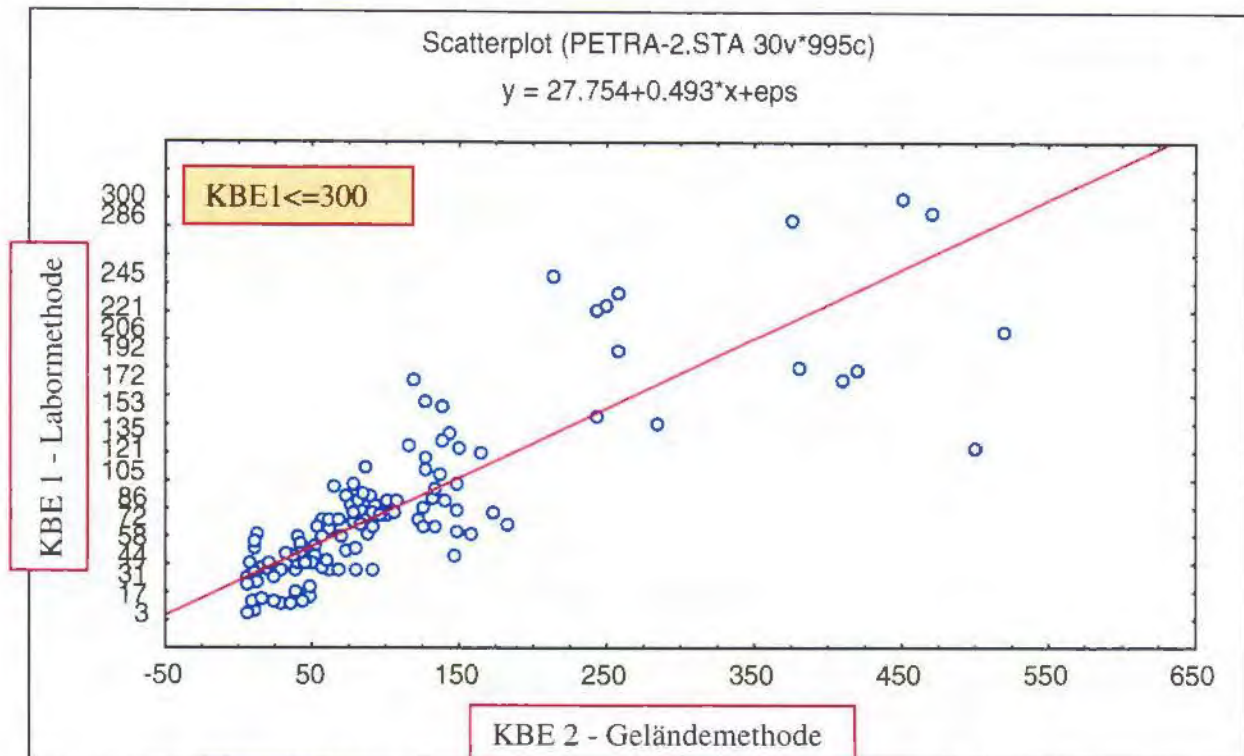


Abb.13: Korrelationsanalyse mit Werten bis KBE1 ≤ 300

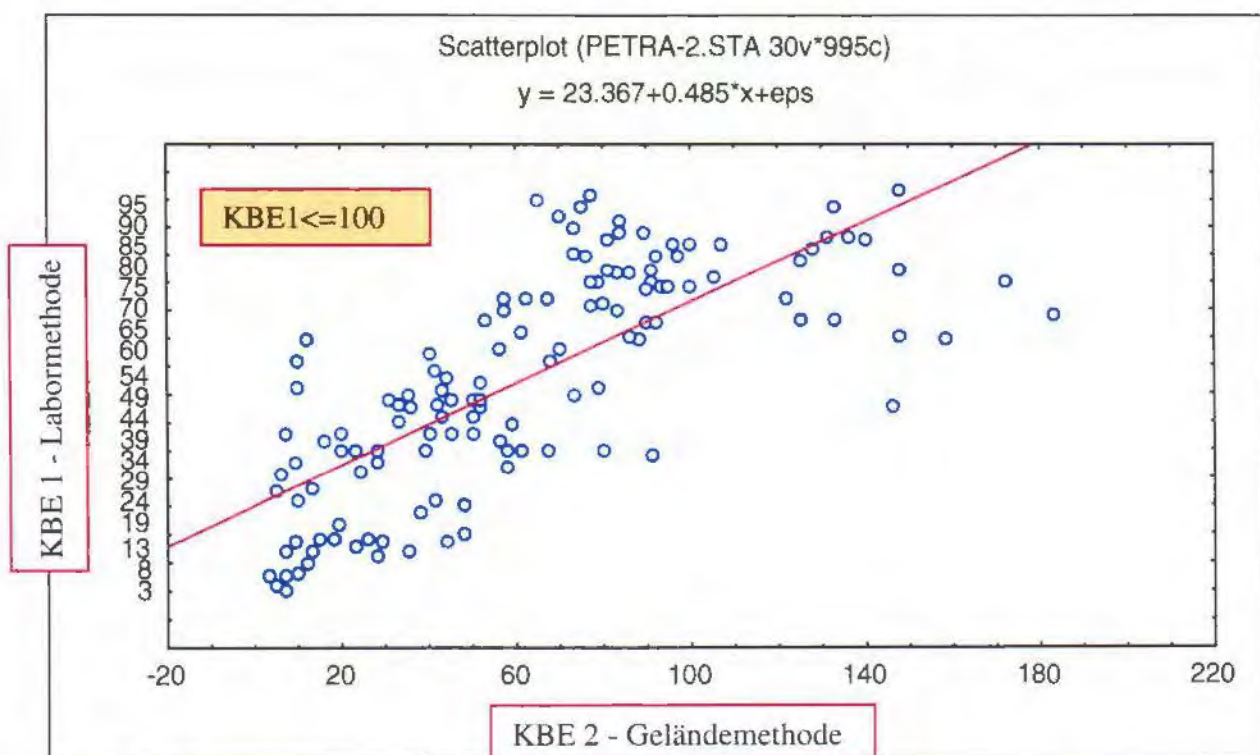


Abb.14: Korrelationsanalyse mit Werten bis KBE1 ≤ 100

4.3.2. Berechnung der Umrechnungsformel

1. Schritt:

Mit den Werte-Paaren des festgelegten Datenbereiches (KBE1, Labormethode ≤ 800) wird die Umrechnungsformel für den Methodenvergleich berechnet:

Statistica: Linear regression, kbe1 ≤ 800 :

Regression Summary for Dependent Variable: KBE1

R= 0.93346275 R²= 0.87135271 Adjusted R²= 0.87069298

F(1,195)=1320.8 p<0.0000 Std.Error of estimate: 64.486

N=197

		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(195)	p-level
Intercept			<u>33.07622</u>	5.407456	6.11678	0.000000
KBE2	<u>0.933463</u>	0.025685	<u>0.53237</u>	0.014649	36.34243	0.000000

Der Zusammenhang zwischen den beiden Meßmethoden ist hoch signifikant (p<0,01%)!!

Die Korrelation ist sehr gut: r=0,93

Die Anzahl der Wiederholungen ist hoch: n= 197

Es resultiert die Umrechnungsformel:

$$\text{KBE1} = 33,08 + 0,53 \cdot \text{KBE2}$$

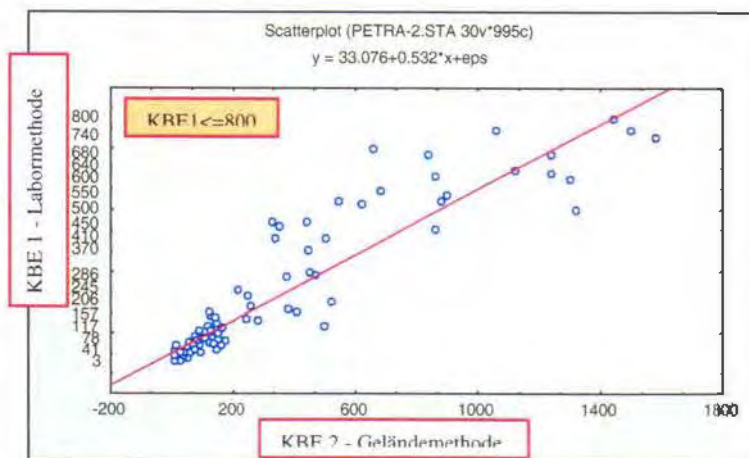
oder

$$\text{KBE (Gußschale)} = 33,08 + 0,53 \cdot \text{KBE (Petrifilm)}$$

2. Schritt:

Als nächsten Schritt zwingen wir die Gerade durch den Nullpunkt, da sonst bei niedrigen KBE-Werten die Umrechnung nicht sinnvoll ist. Anders ausgedrückt: Es muß der Intercept (= 33,076) aus der Formel eliminiert werden.

Zur Veranschaulichung wird hier nochmals die graphische Darstellung (Abb. 11) angeführt:



Statistica: Linear regression, kbe1<=800

Intercept set to zero:

Regression Summary for Dependent Variable: KBE1

R= 0.95037238 R²= 0.90320767 Adjusted R²= 0.90271383

F(1,196)=1829.0 p<0.0000 Std.Error of estimate: 70.221

		St. Err.		St. Err.		
	BETA	of BETA	B	of B	t(196)	p-level
KBE2	<u>0.950372</u>	0.022222	<u>0.579626</u>	0.013553	42.76627	0.00

Der Zusammenhang zwischen den beiden Meßmethoden ist hoch signifikant ($p < 0,01\%$)!!

Die Korrelation ist mit einem Korrelationskoeffizienten von $r=0,95$ sehr gut.

Die Anzahl der Wiederholungen ist hoch: $n = 197$

Es resultiert die endgültige Umrechnungsformel:

$$\text{KBE1} = 0,58 * \text{KBE2}$$

oder

$$\text{KBE (Gußschale)} = 0,58 * \text{KBE (Petrifilm)}$$

4.3.3. Meßwert-Schwankungen - Verlässlichkeit beider Methoden

Im folgenden wird überprüft, welche der beiden Methoden verlässlicher ist.

Für diesen Zweck stelle ich fest, wie sehr die Meßwerte für jede Methode streuen:

Prinzip der Überprüfung:

Aus *ein und derselben* Wasserprobe werden jeweils mehrere Wiederholungen für *beide* Analysemethoden angesetzt.

Aufgrund der größten Anzahl von Wiederholungen in meiner Studie eignen sich dazu die Untersuchungsergebnisse des Versuchs 2 (7 Wiederholungen), des Versuchs 3 und des Versuchs 7 (pro Quelle je 5 Wiederholungen).

Versuch Nr.	Quelle	Anzahl der Wiederholungen:
2	WULU	7
3	MAUL	5
	STEY	5
	HRQ	5
	VRQ	5
7	MAUL	5
	STEY	5
	HRQ	5
	VRQ	5
jeweils KBE-Messung mit beiden Analyse-Methoden		

Überlegungen zur Statistik: Mittelwert oder Median?

Prinzipiell ist bei einer so geringen Anzahl von Wiederholungen - 5 bzw. 7 – für eine zutreffende Darstellung nicht mit Mittelwert, sondern nur mit Median und darauf aufbauender Statistik zu arbeiten, d.h. mit verteilungsfreier Statistik (non parametrics): Sie stellen weniger Ansprüche an die Verteilung der Daten und sind meist ideal für biologische Probleme.

Zu beachten ist, daß man bei dieser Versuchsanordnung an einer einzigen homogenen Probe feststellen will, wie groß der zufällige Fehler ist. Dieser ist immer normalverteilt (denn sonst würde man nicht ein zufälliges, sondern ein systematisches Problem messen). Die Wahl des Medians ist zudem vorteilhaft, aus den Gründen der Vergleichbarkeit der Daten und der Anzahl der Versuche.

Dennoch werden für eine erste Übersicht und zum Vergleich zusätzlich auch Berechnungen mit dem Mittelwert angestellt:

Tab.4: Berechnungen zur Meßwert-Schwankung

Statistica: Descriptive Statistics														
Versuch	Quelle		Valid N	Confid. -95%	Confid. +95%	Median	Minimum	Maximum	Range (Spannweite)	Spannweite in % vom Median	Spannweite in % vom Median	Mittelwert	Standard- abweichung	Variations- koeffizient
19.07.99	wulu	KBE1	7	13	23	17	12	25	13	76,5	38,2	18	5	29,2
26.07.99	maul	KBE1	5	318	538	450	290	530	240	53,3	26,7	428	88	20,7
26.07.99	stey	KBE1	5	274	456	370	286	460	174	47,0	23,5	365	73	20,1
26.07.99	HRQ	KBE1	5	199	248	226	192	245	53	23,5	11,7	223	20	8,8
26.07.99	VRQ	KBE1	5	132	170	153	134	172	38	24,8	12,4	151	15	10,2
28.09.99	maul	KBE1	5	54	122	85	47	117	70	82,4	41,2	88	27	31,2
28.09.99	stey	KBE1	5	135	210	179	124	206	82	45,8	22,9	172	30	17,4
28.09.99	HRQ	KBE1	5	51	71	61	50	70	20	32,8	16,4	61	8	13,1
28.09.99	VRQ	KBE1	5	44	92	76	36	86	50	65,8	32,9	68	20	28,7
19.07.99	wulu	KBE2	7	34	47	41	28	48	20	48,8	24,4	40	7	18,1
26.07.99	maul	KBE2	5	322	558	470	330	545	215	45,7	22,9	440	95	21,7
26.07.99	stey	KBE2	5	349	472	440	340	450	110	25,0	12,5	410	49	12,1
26.07.99	HRQ	KBE2	5	221	268	250	213	258	45	18,0	9,0	244	19	7,6
26.07.99	VRQ	KBE2	5	120	146	138	119	143	24	17,4	8,7	133	10	7,6
28.09.99	maul	KBE2	5	119	141	127	125	146	21	16,5	8,3	130	9	6,7
28.09.99	stey	KBE2	5	371	521	420	380	520	140	33,3	16,7	446	61	13,6
28.09.99	HRQ	KBE2	5	48	65	56	50	68	18	32,1	16,1	57	7	12,0
28.09.99	VRQ	KBE2	5	86	108	95	86	107	21	22,1	11,1	97	9	9,3

KBE1: Labormethode KBE2: Geländemethode

Übersicht der Berechnungen:

Versuch Quelle	KBE1	KBE2	KBE1	KBE2	KBE1	KBE2	KBE1	KBE2
	Median		Spannweite in % vom Median		Mittelwert		Variationskoeffizient	
19.07.99 wulu	17	41	76,5	48,8	18	40	29,2	18,1
26.07.99 maul	450	470	53,3	45,7	428	440	20,7	21,7
26.07.99 stey	370	440	47,0	25,0	365	410	20,1	12,1
26.07.99 HRQ	226	250	23,5	18,0	223	244	8,8	7,6
26.07.99 VRQ	153	138	24,8	17,4	151	133	10,2	7,6
28.09.99 maul	85	127	82,4	16,5	88	130	31,2	6,7
28.09.99 stey	179	420	45,8	33,3	172	446	17,4	13,6
28.09.99 HRQ	61	56	32,8	32,1	61	57	13,1	12,0
28.09.99 VRQ	76	95	65,8	22,1	68	97	28,7	9,3

KBE1: Labormethode, mit Gußschalen

KBE2: Geländemethode, mit Petrifilmen

Tab.5: Zusammenfassung der Berechnung zur Meßwert-Schwankung

Die Spannweite und die Spannweite in % vom Median sind verteilungsfreie Streuungsmaße. Mit dem Variationskoeffizienten (aufbauend auf dem Mittelwert) vergleichbar ist die halbe Spannweite in % vom Median (aufbauend auf Median).

Wie man anhand der Tabelle erkennen kann, ergeben sich Unterschiede hinsichtlich der auf dem Median bzw. dem Mittelwert aufbauenden Statistik. Beim Variationskoeffizienten fällt ein Wert aus der Reihe (violett) im Gegensatz zur Spannweite in % vom Median.

Dieses Resultat bestätigt die Überlegungen hinsichtlich der Wahl der statistischen Parameter, denn bei einer so geringen Anzahl von Wiederholungen werden beim Median zwar feine Unterschiede „übersehen“, andererseits aber wird unsichere Information (Ausreißer) eliminiert. Beim Mittelwert kann ein Ausreißer durch die geringe Anzahl von Werten das Ergebnis verfälschen.

Bei allen weiterführenden Berechnungen werden verteilungsfreie Verfahren angewendet bzw. wird mit dem Median gerechnet.

Ein Problem ist in diesem Zusammenhang eventuell, daß der Variationskoeffizient bekannter ist und daher bei Publikationen eher verlangt wird. Eine angemessene Darstellung der Daten verlangt aber in diesem Fall dennoch eine verteilungsfreie Statistik.

Ergebnis der Berechnungen:

Mit der verteilungsfreien Methode ist die methodische Schwankung bei den Petrifilmen (KBE2) *immer* geringer!

Graphische Darstellung der Ergebnisse:

Es ist gut ersichtlich, daß vor allem bei niedrigen KBE-Werten die Streuung (Spannweite in % vom Median) besonders hoch ist bzw. der gemessene Wert unverlässlicher wird:

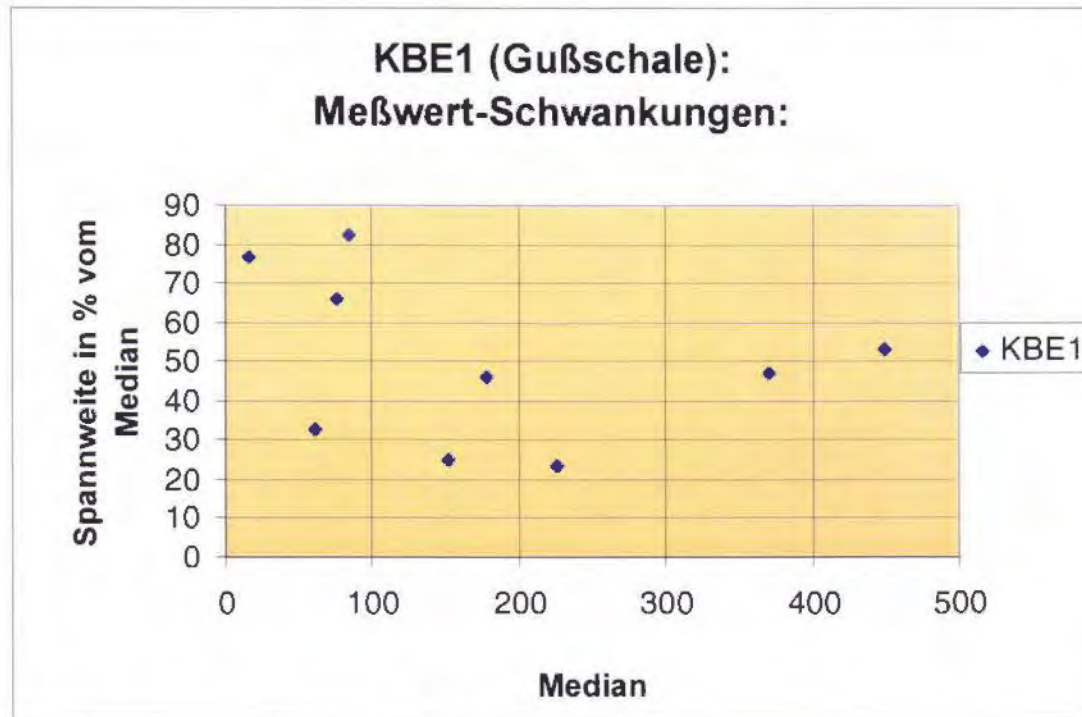


Abb.15: Meßwert-Schwankungen der KBE (Gußschale)

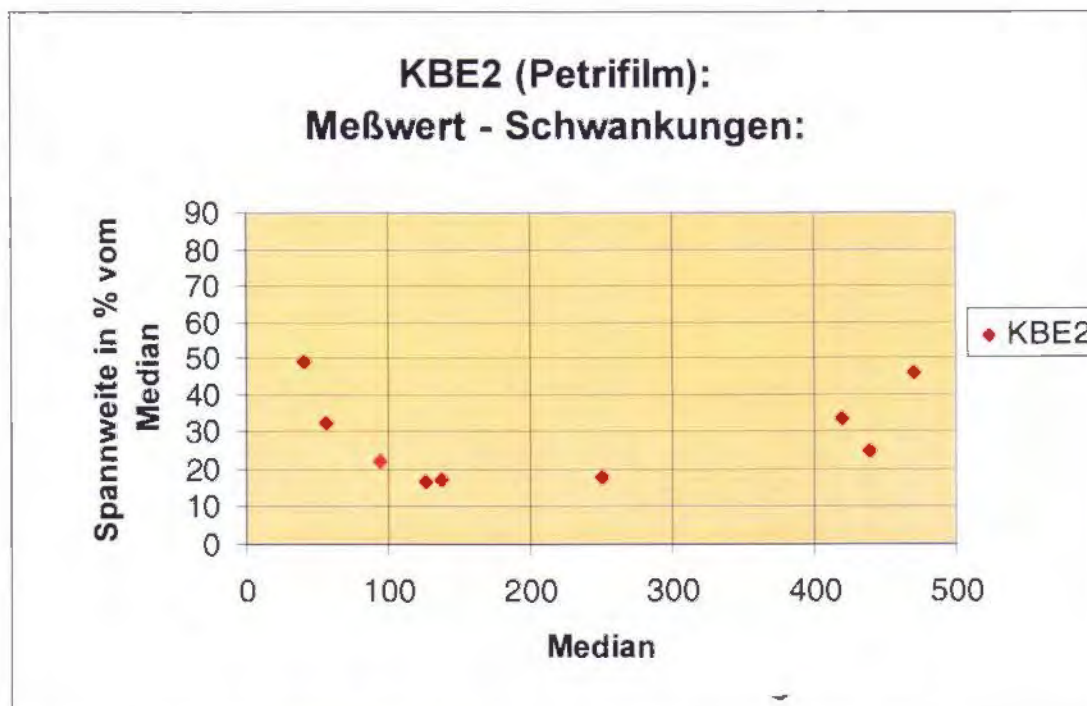


Abb.16: Meßwert-Schwankungen der KBE (Petrifilm)

Im Vergleich zwischen den beiden Methoden ist feststellbar, daß die Petrifilme *immer* (bei allen meinen Messungen) eine geringere Streuung bzw. Meßwert – Schwankung aufweisen. Vor allem im KBE – Bereich 0–100 streut der Petrifilm weit weniger und ist somit folglich verlässlicher.

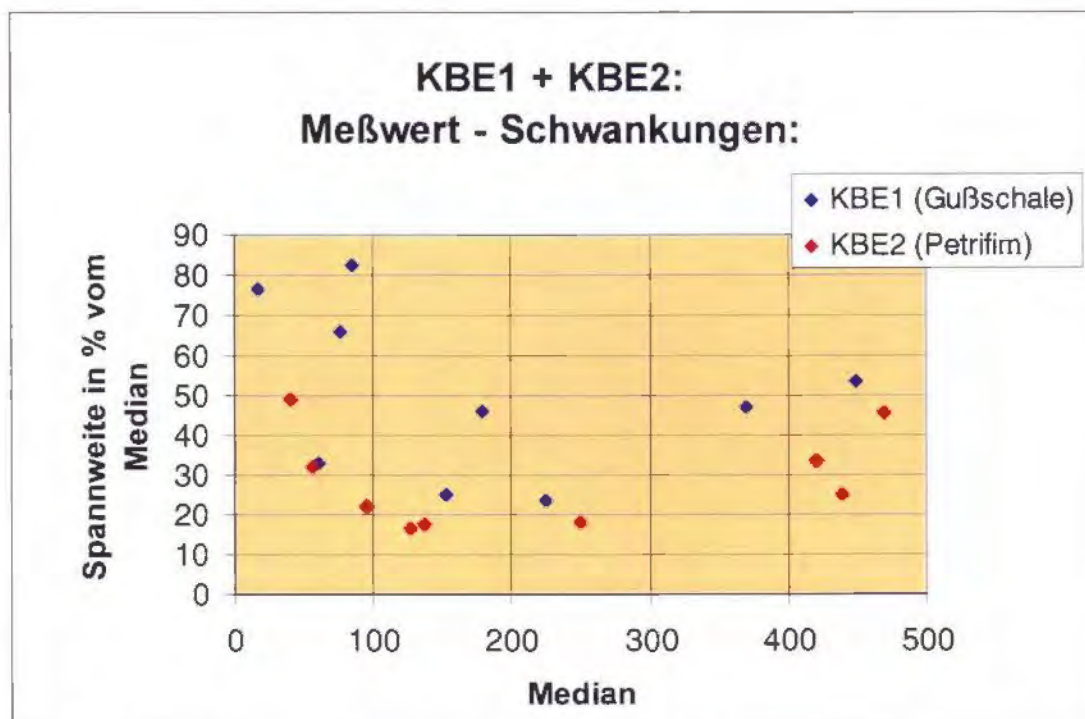


Abb.17: Meßwert-Schwankungen der KBE (beide Meßmethoden)

Dieses Diagramm veranschaulicht nochmals, daß in *allen* meinen Messungen und Berechnungen die Petrifilme weniger streuen.

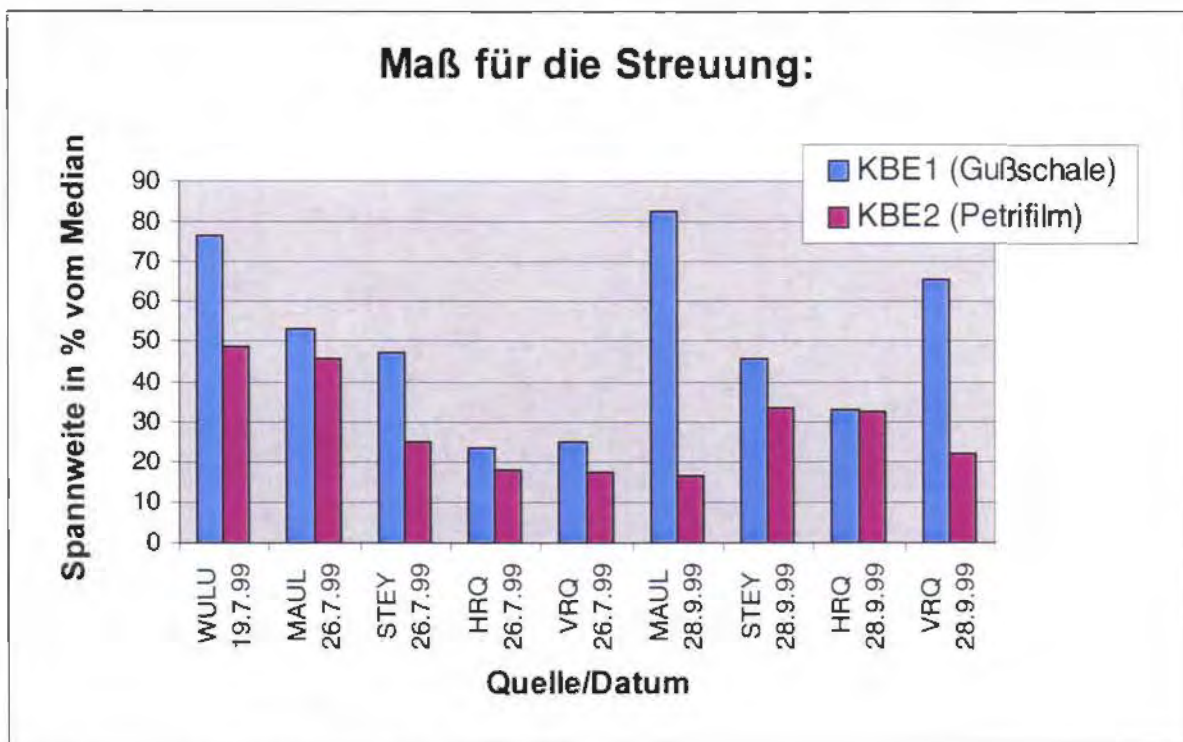


Abb.18: Streuung beider Meßmethoden im Vergleich

4.4. Weiterführende statistische Analysen

Die folgenden statistischen Auswertungen sind deshalb weiterführend, weil es sich bereits um inhaltliche Überlegungen handelt und nicht mehr allein um einen reinen Methodenvergleich.

Es ist von wissenschaftlichem Interesse festzustellen, ob eine zeitlich variierte Messung und ob eine räumlich variierte Messung an derselben Quelle bzw. am selben Quellsystem das Analysenergebnis beeinflussen.

Eine genauere Kenntnis bezüglich des Einflusses des Zeitpunkts der Messung ist für die Forschung höchst interessant.

Auch die räumlich variierte Messung am selben Quellsystem kann ganz individuell und für den Wissenschaftler in der praktischen Durchführung von höchstem Interesse sein. Manche größere Quellen haben viele Übersprünge. Gerade bei einem Monitoring sollte die Messung immer am selben Übersprung erfolgen, was in der Praxis jedoch nicht immer möglich ist (z.B. Übersprung fällt trocken; Tierkot). In diesem Fall ist es interessant zu wissen, ob und welche Übersprünge „zusammengehören“ d.h. unbeeinflusst sind von räumlichen Verteilungsmustern.

4.4.1. Zeitliche Schwankungen

Die Ergebnisse der Berechnungen bezüglich der Meßwert-Schwankungen werden für die folgenden Darstellungen herangezogen.

Unter Berücksichtigung der determinierten Grundgenauigkeit erfasse ich die natürliche zeitliche Grundschwankung der KBE unter der bei der Probeentnahme auch zutreffenden Voraussetzung, daß die hydrologische Situation konstant ist!

Prinzip der Überprüfung:

An denselben Quellen werden 4 Datenpunkte mit 2 bzw. 3 Messungen erhoben. Die Probeentnahme erfolgt nach folgendem Schema:

Quelle A				
Zeit (min)	0	5	10	15
Anzahl der Petrifilme bzw. Gußschalen	3	2	2	3

Tab.6: Probenahmeplan zur Untersuchung der zeitlichen Schwankung an der Quelle

Dazu eignen sich die Steyern Quelle, Hintere Rettenbachquelle und Vordere Rettenbachquelle.

Diese Überprüfung erfolgt im Versuch 4 und im Versuch 8 (Wiederholung der ersten Meßreihen). Eine Übersicht der Einzelergebnisse findet sich im Kapitel „Anhang“.

Hydrologische Situation:

Bis dato sind die Beobachtungsdaten des Hydrographischen Dienstes leider noch nicht verfügbar, sind aber für Interessenten zu einem späteren Zeitpunkt sicher einsehbar (Ing. Max Wimmer, Hydrographischer Dienst). Die betreffenden Quellen wurden für diese Versuchsanordnungen nämlich unter anderem auch deshalb gezielt ausgewählt, weil an allen drei Standorten DKM-Stationen installiert sind.

DKM-Station: Digitales Karstquellen-Meßnetz (Hydrographischer Dienst)

Verschiedene Parameter – z.B. Schüttung, Pegelstand, Wassertemperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert – werden online gemessen.

Nachdem diese Auswertungen noch nicht zur Verfügung stehen, beschreibe ich die von uns beobachtete und protokollierte Situation:

Versuch 4:

Für alle drei Quellen gilt:

Datum der Probenahme: 9.8.1999

Wetterlage: sonnig und warm; 19,5 bis 23,2 °C

Die Wetterlage bis zumindest drei Tage davor wurde als gleichbleibend beobachtet, es gab keine Niederschläge.

STEYERN QUELLE		
Niedrigwasser; Quelle rinnt nur mäßig		
	Uhrzeit:	Schüttung (protokollierter Schätzwert)
1. Messung	10:10	10 l/s
2. Messung	10:15	10 l/s
3. Messung	10:20	10 l/s
4. Messung	10:25	10 l/s

HINTERE RETTENBACHQUELLE			
Messung: Übersprung "Alte Weissmair Station" (gewohnte Monitoring-Stelle trocken!)			
Niedrigwasser; alle Übersprünge ober der Meßstelle trocken!			
	Uhrzeit:	Schüttung (protokollierter Schätzwert)	Pegelstand:
1. Messung	12:20	5 l/s	145 cm
2. Messung	12:25	5 l/s	145 cm
3. Messung	12:30	5 l/s	145 cm
4. Messung	12:35	5 l/s	145 cm

VORDERE RETTENBACHQUELLE			
Niedrigwasser; Messung 1 m unter der gewohnten Monitoring-Stelle darüber: alles trocken!			
	Uhrzeit:	Schüttung (protokollierter Schätzwert)	Pegelstand:
1. Messung	13:25	15 l/s	150 cm
2. Messung	13:30	15 l/s	150 cm
3. Messung	13:35	15 l/s	150 cm
4. Messung	13:40	15 l/s	150 cm

Versuch 8:

Für alle drei Quellen gilt:

Datum der Probenahme: 14.12.1999

Wetterlage: leicht bewölkt, wenig Schnee; ca. 0°C

Protokollierte hydrologische Lage:

kein wirkliches Tauwetter oder Tiefwinter; eher frühwinterlich; leicht schneebedeckt;

letzte Woche: oft ganz leichte Niederschläge / Schnee

um ca. 0°C

Protokolliert wurde für alle drei Quellen: STEY, HRQ und VRQ:

Die Messung erfolgte an der gewohnten Monitoring – Stelle.

Niederwasser bis mittlere Schüttung an den Meßstellen –

mit Verweis zum Hydrographischen Dienst;

Zusammenfassend kann man bei beiden Versuchen von einer konstanten hydrologischen Situation ausgehen. Ich möchte darauf hinweisen, daß diese Zeitpunkte ganz bewußt gewählt bzw. abgewartet wurden.

Berechnungen:

Nachdem bei allen Quellen die tatsächlich gemessene Koloniezahl jeweils zwischen 0 und 100 liegt, wird daher die Spannweite in % vom Median aus den Meßwerten KBE 0-100 berechnet (Ausgangswerte siehe Kapitel Meßwert-Schwankungen).

Berechnung der prozentuellen Spannweiten:

KBE1 (Gußschalen)		
Spannweiten in % vom Median (siehe Meßwert-Schwankung)	Bereich KBE 0-100: Spannweiten in % vom Median	Bereich KBE 0-100:
76,5	76,5	Spannweite im % vom Median im schlechtesten Fall: "Spannweite (%) im schlechtesten Fall" 82,4
53,3	82,4	
47,0	32,8	
23,5	65,8	
24,8		
82,4	71,1 (Median)	Median von den Werten: Spannweite in % vom Median: "Spannweite (%) im mittleren Fall (Median)" 71,1
45,8		
32,8		
65,8		
grüne Felder: betreffend KBE1 zwischen 0 und 100		

Tab.7: Berechnung der prozentuellen Spannweiten a)

KBE2 (Petrifilme)		
Spannweiten in % vom Median (siehe Meßwert-Schwankung)	Bereich KBE 0-100: Spannweiten in % vom Median	Bereich KBE 0-100:
48,8	48,8	Spannweite im % vom Median im schlechtesten Fall: "Spannweite (%) im schlechtesten Fall" 48,8
45,7	32,1	
25,0	22,1	
18,0		
17,4	32,1 (Median)	
16,5		Median von den Werten: Spannweite in % vom Median: "Spannweite (%) im mittleren Fall (Median)" 32,1
33,3		
32,1		
22,1		
grüne Felder: betreffend KBE2 zwischen 0 und 100		

Tab.8: Berechnung der prozentuellen Spannweiten b)

Gußschalen / Labormethode:

Für den KBE-Bereich 0 bis 100 ergibt sich im schlechtesten Fall (meiner Versuchsreihen) eine Spannweite in % vom Median von **82,4 %**.

Im mittleren Fall – Median der prozentuellen Spannweiten - ergeben sich **71,1 %**.

Petrifilme / Geländemethode:

Äquivalent dazu gilt für die Petrifilme, Koloniezahl 0 bis 100:

Die prozentuelle Spannweite im schlechtesten Fall beläuft sich auf **48,8 %**, der Median der prozentuellen Spannweiten auf **32,1 %**.

Median der prozentuellen Spannweiten:

Dieser Wert ist nicht für die Beurteilung vorgesehen, sondern dient nur als zusätzliche Information!

Die folgenden weiterführenden Berechnungen dienen dem Erstellen von Diagrammen und machen sie nachvollziehbar.

Guß- schale	Zeitpunkt (nach min)	Meßwert (Median)	Median der Quelle	bei 82% Spannweite (schlechtester Fall):				bei 71% Spannweite (Median):			
				halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich:		halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich:	
STEY 09.08.99 KBE1	0	86	79	41,2	32,5	46,5	111,5	35,6	28,1	50,9	107,1
	5	65	79	41,2	32,5	46,5	111,5	35,6	28,1	50,9	107,1
	10	79	79	41,2	32,5	46,5	111,5	35,6	28,1	50,9	107,1
	15	77	79	41,2	32,5	46,5	111,5	35,6	28,1	50,9	107,1
HRQ 09.08.99 KBE1	0	95	77	41,2	31,7	45,3	108,7	35,6	27,4	49,6	104,4
	5	82	77	41,2	31,7	45,3	108,7	35,6	27,4	49,6	104,4
	10	75	77	41,2	31,7	45,3	108,7	35,6	27,4	49,6	104,4
	15	65	77	41,2	31,7	45,3	108,7	35,6	27,4	49,6	104,4
VRQ 09.08.99 KBE1	0	47	49	41,2	20,2	28,8	69,2	35,6	17,4	31,6	66,4
	5	55	49	41,2	20,2	28,8	69,2	35,6	17,4	31,6	66,4
	10	52	49	41,2	20,2	28,8	69,2	35,6	17,4	31,6	66,4
	15	49	49	41,2	20,2	28,8	69,2	35,6	17,4	31,6	66,4

Petri- film	Zeitpunkt (nach min)	Meßwert (Median)	Median der Quelle	bei 48,8% Spannweite (schlechtester Fall):				bei 32% Spannweite (Median):			
				halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich:		halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich:	
STEY 09.08.99 KBE2	0	92	89	24,4	21,6	66,9	110,1	16,1	14,2	74,3	102,7
	5	89	89	24,4	21,6	66,9	110,1	16,1	14,2	74,3	102,7
	10	84	89	24,4	21,6	66,9	110,1	16,1	14,2	74,3	102,7
	15	89	89	24,4	21,6	66,9	110,1	16,1	14,2	74,3	102,7
HRQ 09.08.99 KBE2	0	76	77	24,4	18,7	57,8	95,2	16,1	12,3	64,2	88,8
	5	80	77	24,4	18,7	57,8	95,2	16,1	12,3	64,2	88,8
	10	79	77	24,4	18,7	57,8	95,2	16,1	12,3	64,2	88,8
	15	59	77	24,4	18,7	57,8	95,2	16,1	12,3	64,2	88,8
VRQ 09.08.99 KBE2	0	52	43	24,4	10,5	32,5	53,5	16,1	6,9	36,1	49,9
	5	45	43	24,4	10,5	32,5	53,5	16,1	6,9	36,1	49,9
	10	42	43	24,4	10,5	32,5	53,5	16,1	6,9	36,1	49,9
	15	44	43	24,4	10,5	32,5	53,5	16,1	6,9	36,1	49,9

Werte gerundet!

Tab.9 und 10: statistische Berechnungen für die zeitliche Schwankung an der Quelle

Guß- schale	Zeitpunkt (nach min)	Meßwert (Median)	Median der Quelle	bei 82% Spannweite (schlechtester Fall):				bei 71% Spannweite (Median):			
				halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich:		halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich:	
STEY 14.12.99	0	37	38	41,2	15,6	22,4	53,6	35,6	13,5	24,5	51,5
	5	42	38	41,2	15,6	22,4	53,6	35,6	13,5	24,5	51,5
KBE1	10	43	38	41,2	15,6	22,4	53,6	35,6	13,5	24,5	51,5
	15	37	38	41,2	15,6	22,4	53,6	35,6	13,5	24,5	51,5
HRQ 14.12.99	0	13	8	41,2	3,3	4,7	11,3	35,6	2,8	5,2	10,8
	5	9	8	41,2	3,3	4,7	11,3	35,6	2,8	5,2	10,8
KBE1	10	9	8	41,2	3,3	4,7	11,3	35,6	2,8	5,2	10,8
	15	4	8	41,2	3,3	4,7	11,3	35,6	2,8	5,2	10,8
VRQ 14.12.99	0	52	37	41,2	15,2	21,8	52,2	35,6	13,2	23,8	50,2
	5	35	37	41,2	15,2	21,8	52,2	35,6	13,2	23,8	50,2
KBE1	10	46	37	41,2	15,2	21,8	52,2	35,6	13,2	23,8	50,2
	15	29	37	41,2	15,2	21,8	52,2	35,6	13,2	23,8	50,2

Petri- film	Zeitpunkt (nach min)	Meßwert (Median)	Median der Quelle	bei 48,8% Spannweite (schlechtester Fall):				bei 32% Spannweite (Median):			
				halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich:		halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich:	
STEY 14.12.99	0	61	60	24,4	14,6	45,4	74,6	16,1	9,6	50,4	69,6
	5	53	60	24,4	14,6	45,4	74,6	16,1	9,6	50,4	69,6
KBE2	10	69	60	24,4	14,6	45,4	74,6	16,1	9,6	50,4	69,6
	15	67	60	24,4	14,6	45,4	74,6	16,1	9,6	50,4	69,6
HRQ 14.12.99	0	10	9	24,4	2,1	6,4	10,6	16,1	1,4	7,1	9,9
	5	12	9	24,4	2,1	6,4	10,6	16,1	1,4	7,1	9,9
KBE2	10	6	9	24,4	2,1	6,4	10,6	16,1	1,4	7,1	9,9
	15	7	9	24,4	2,1	6,4	10,6	16,1	1,4	7,1	9,9
VRQ 14.12.99	0	10	10	24,4	2,4	7,6	12,4	16,1	1,6	8,4	11,6
	5	11	10	24,4	2,4	7,6	12,4	16,1	1,6	8,4	11,6
KBE2	10	10	10	24,4	2,4	7,6	12,4	16,1	1,6	8,4	11,6
	15	13	10	24,4	2,4	7,6	12,4	16,1	1,6	8,4	11,6

Werte gerundet!

Graphische Darstellung:

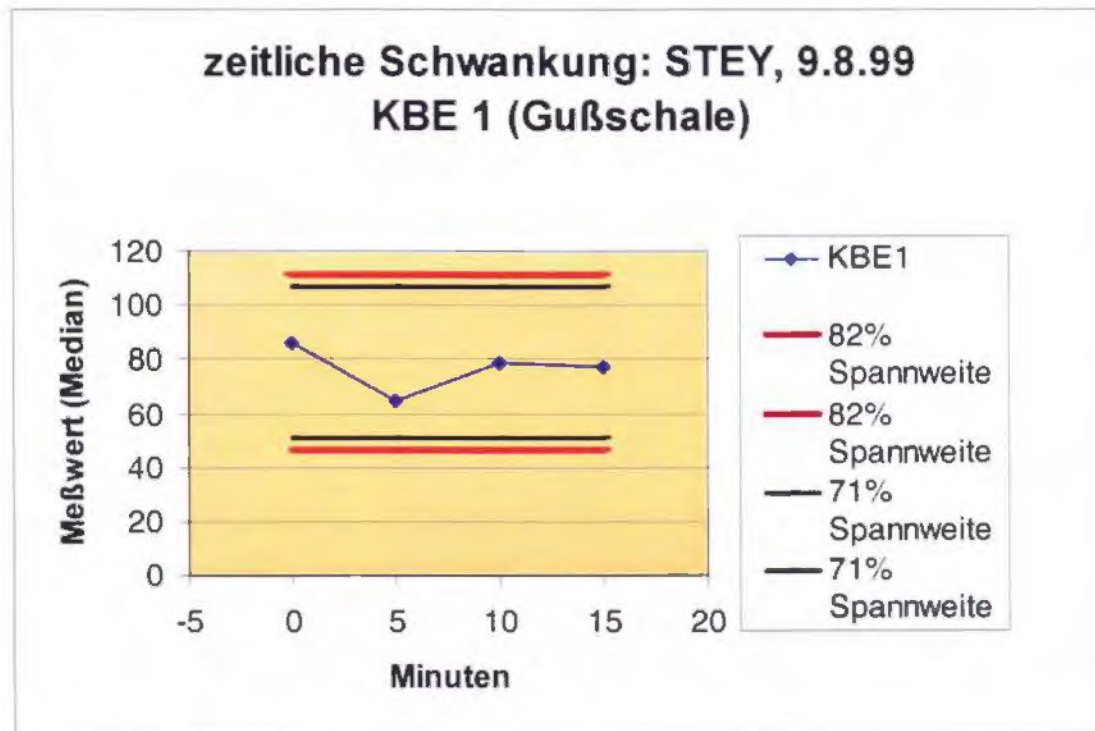


Abb.19: zeitliche Schwankung

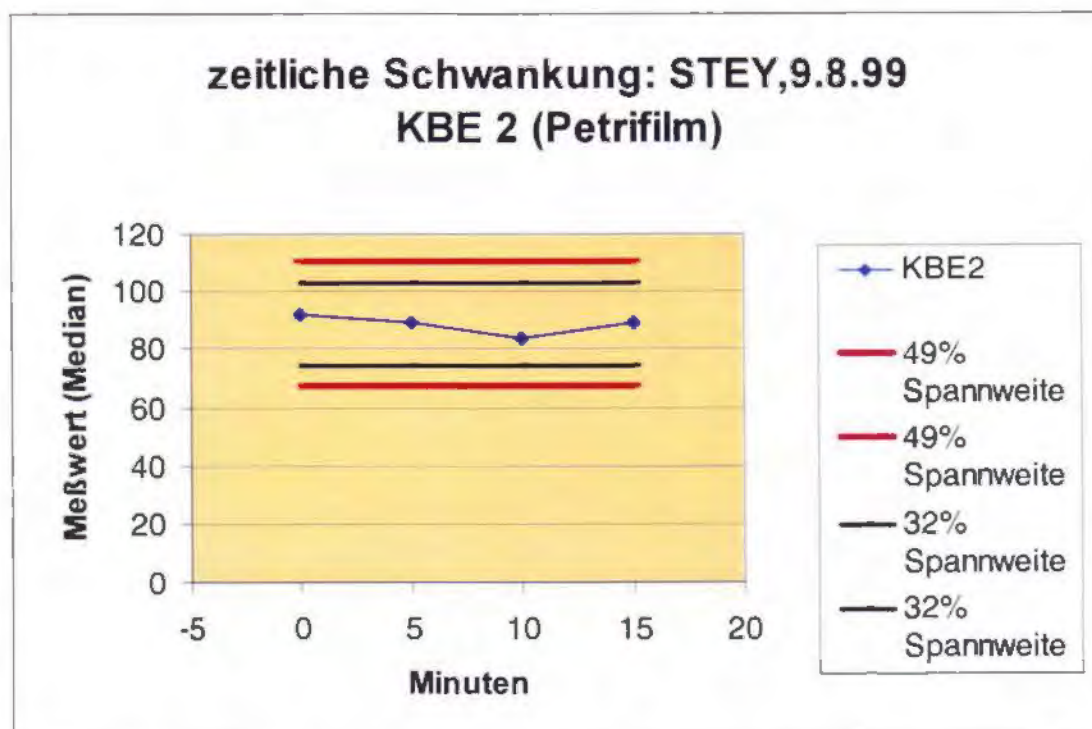


Abb.20: zeitliche Schwankung

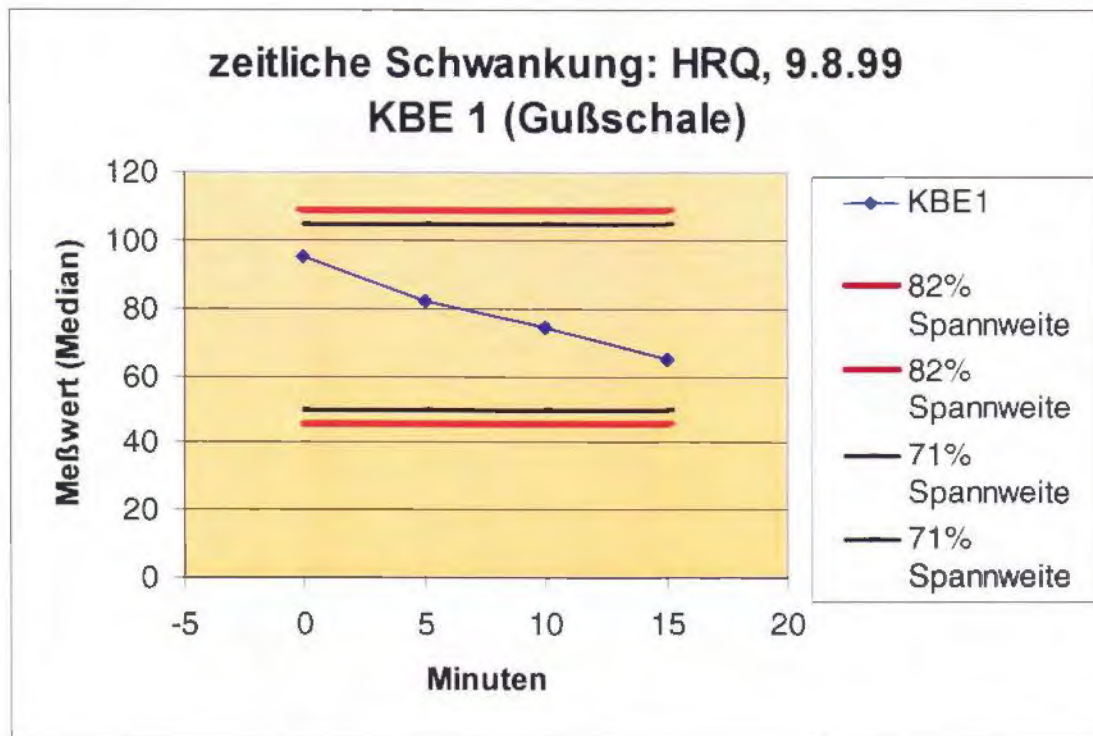


Abb.21: zeitliche Schwankung

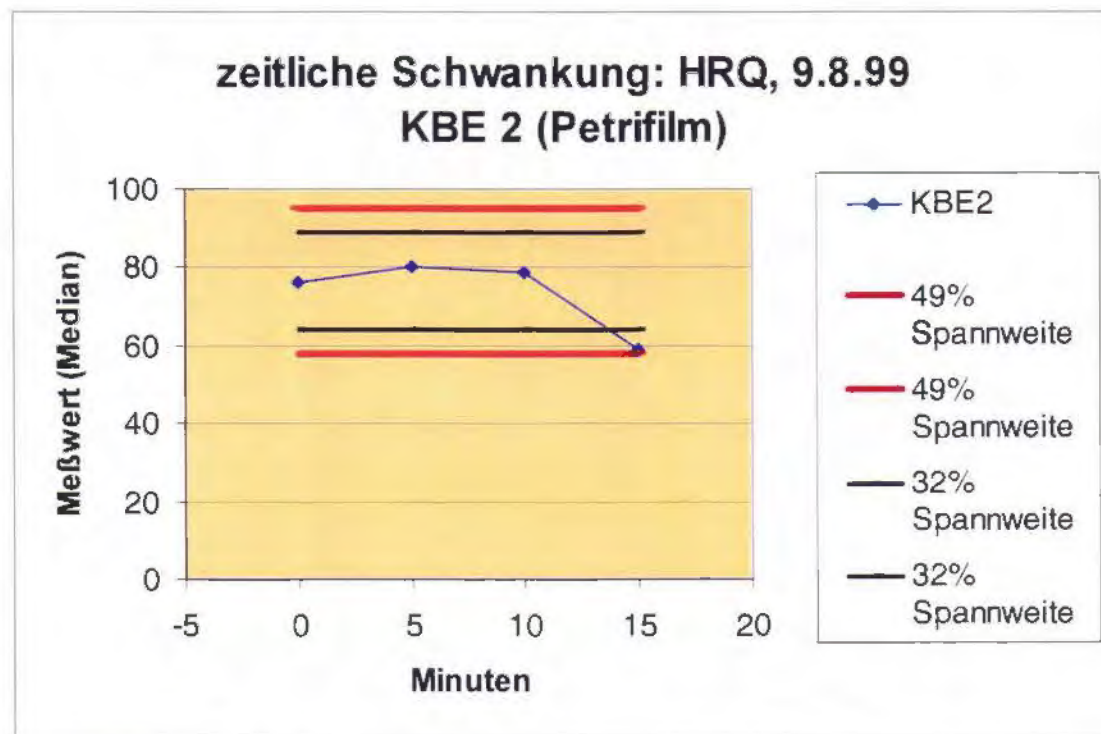


Abb.22: zeitliche Schwankung

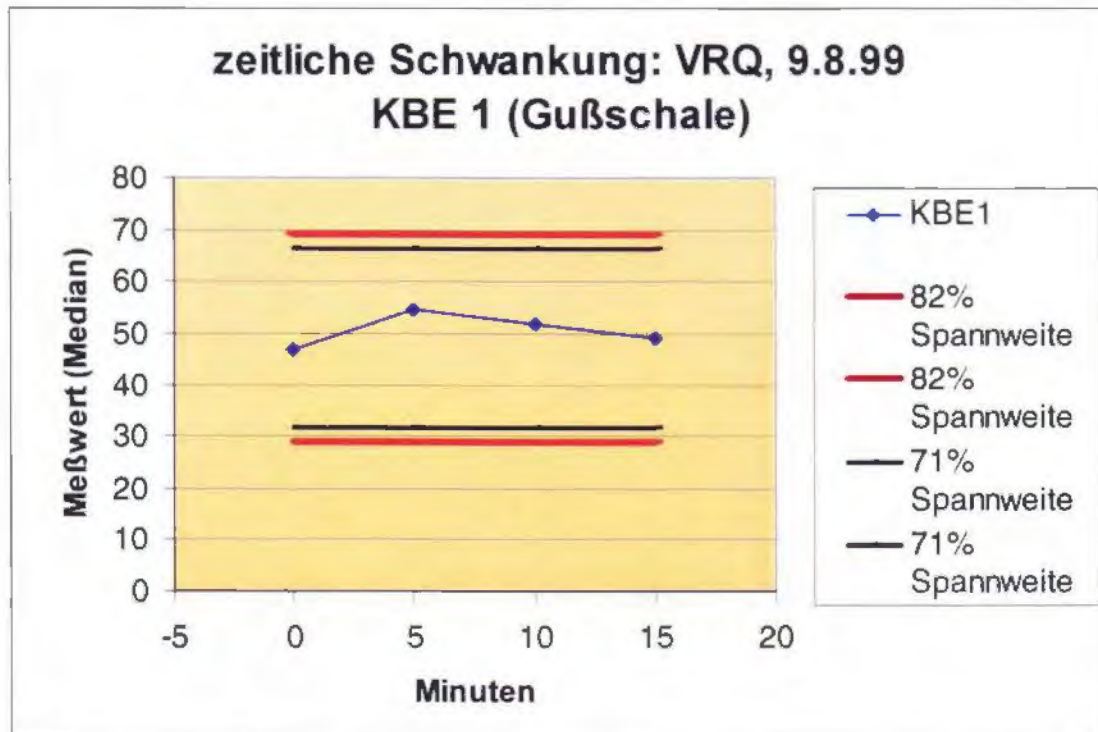


Abb.23: zeitliche Schwankung

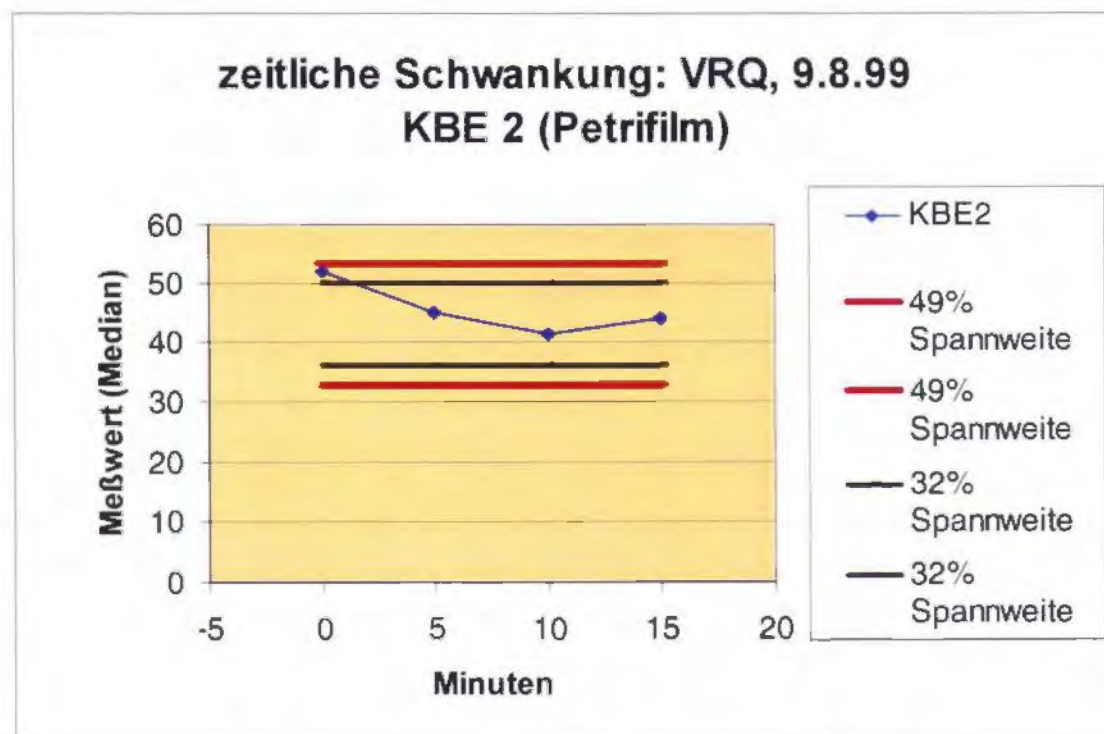


Abb.24: zeitliche Schwankung

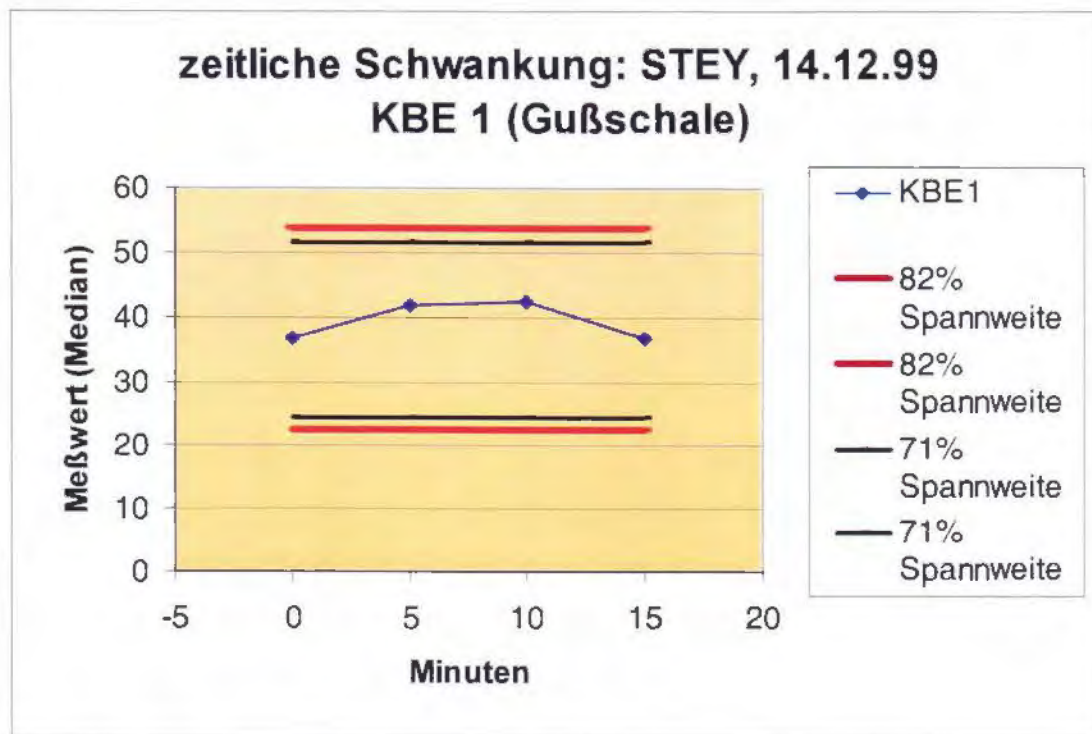


Abb.25: zeitliche Schwankung

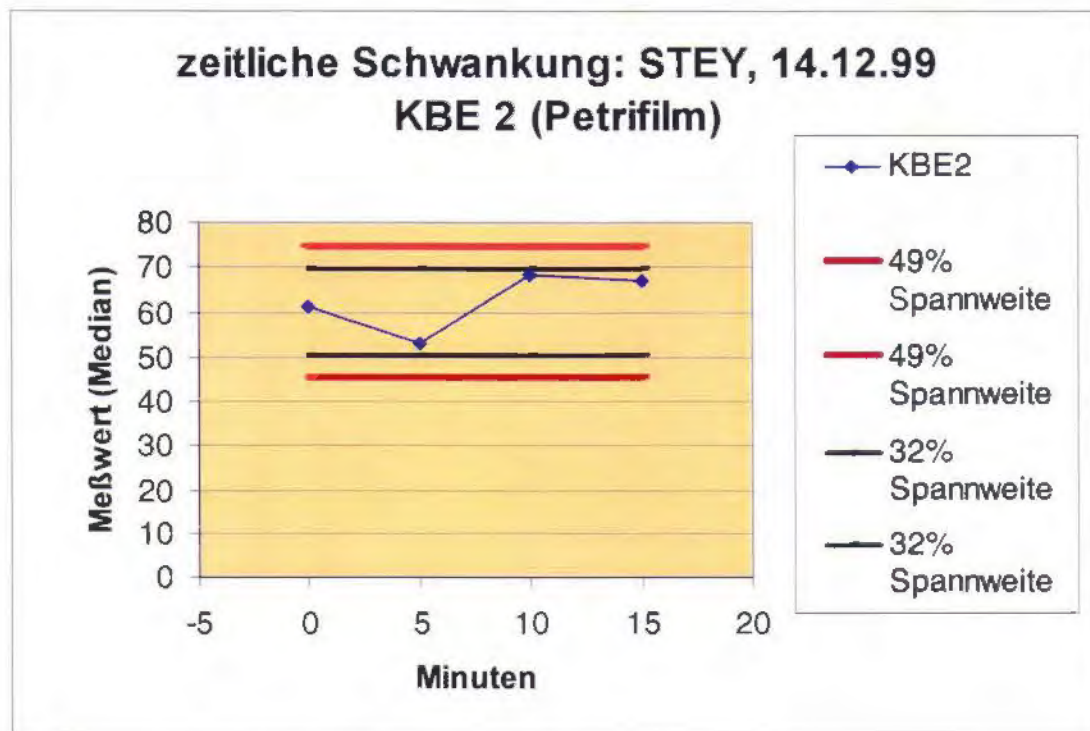


Abb.26: zeitliche Schwankung

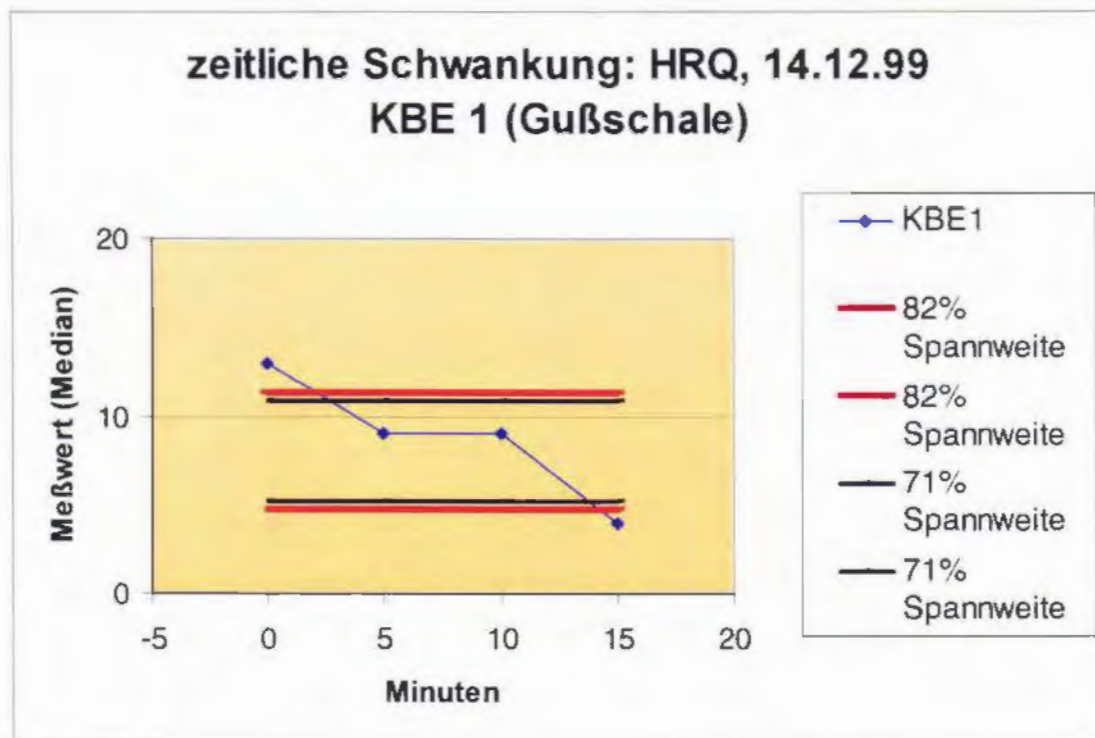


Abb.27: zeitliche Schwankung

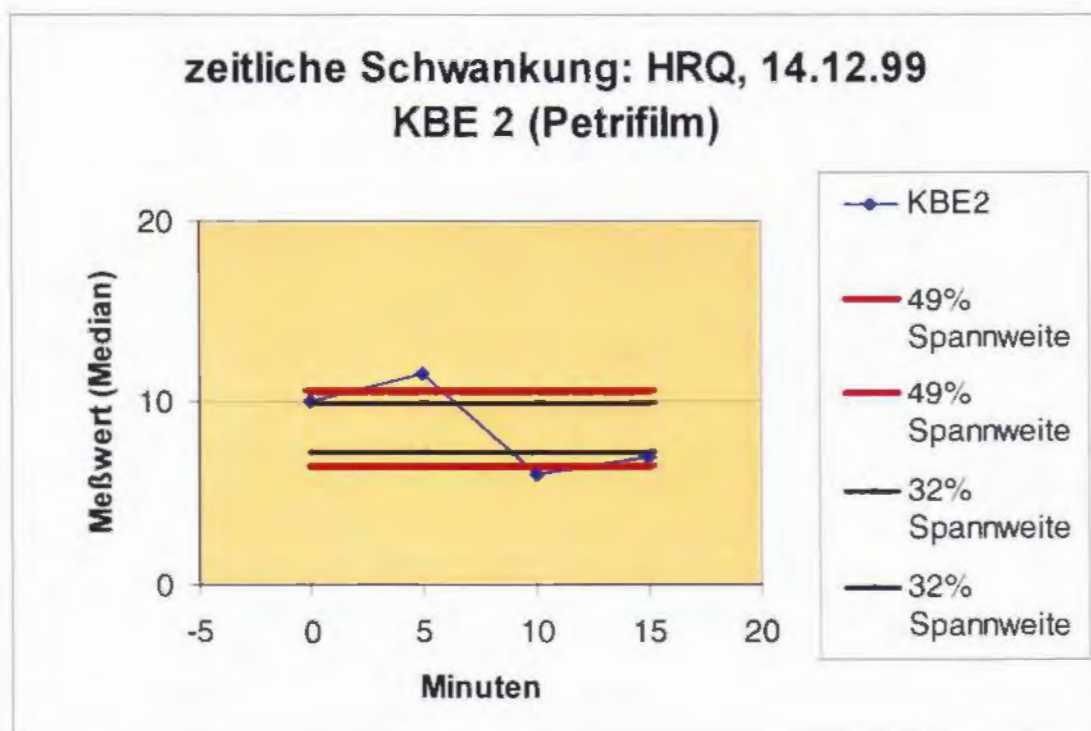


Abb.28: zeitliche Schwankung

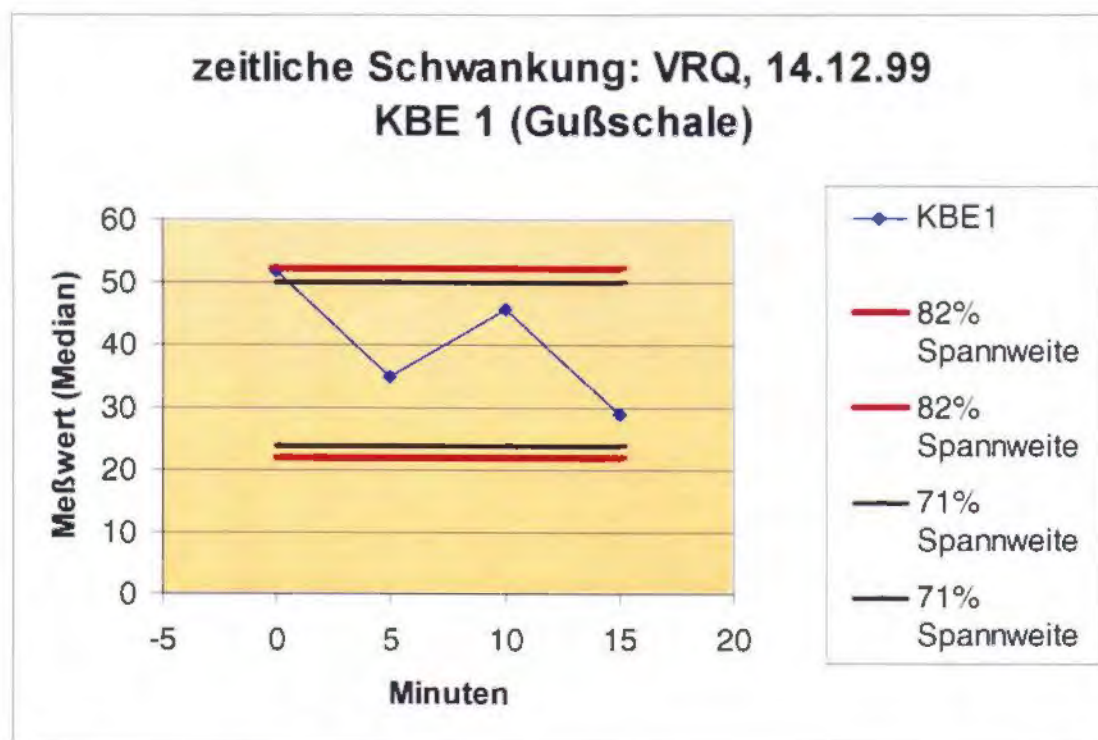


Abb.29: zeitliche Schwankung

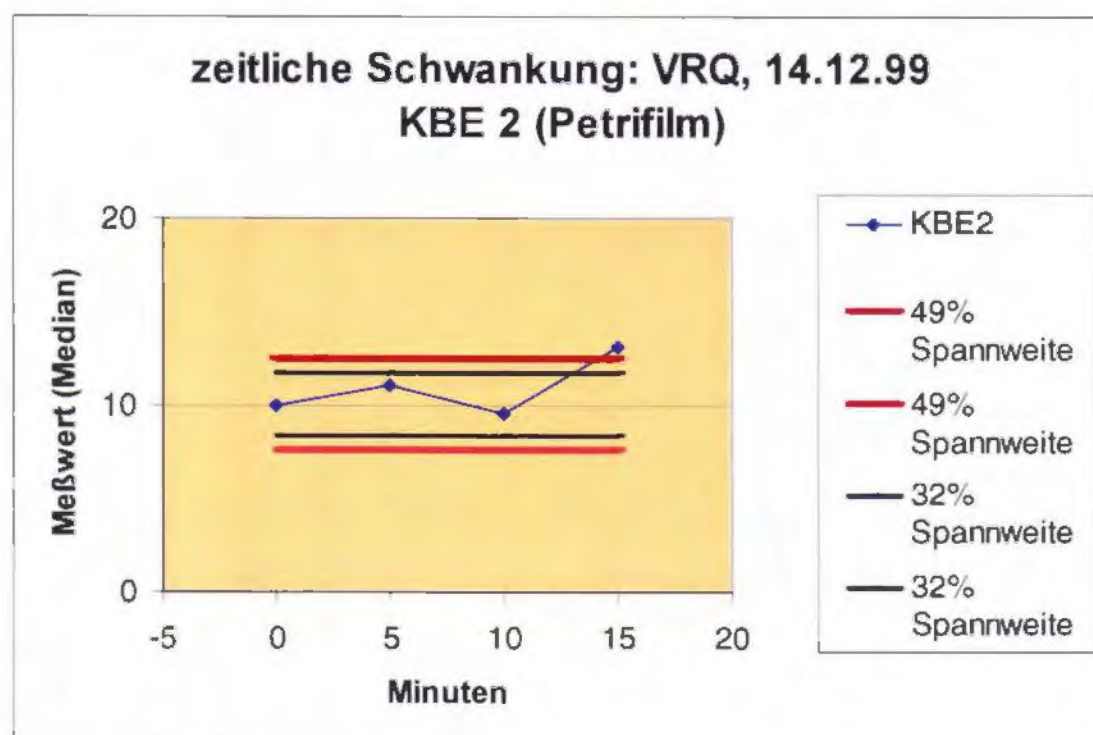


Abb.30: zeitliche Schwankung

Für die Erfassung der zeitlichen Schwankung ist unter der Berücksichtigung der Meßwert-Schwankung folgendes feststellbar:

- In 9 von 12 Fällen kommen bei der zeitlichen Schwankung kleinere Zahlenwerte heraus und somit kann aufgrund der grundsätzlich anzunehmenden „Basisschwankung“ beides nicht voneinander unterschieden werden!
- In drei Fällen ergibt die zeitliche Schwankung größere Zahlenwerte als bei Meßwert-Schwankung (hetreffend 82% Spannweite/Gußschale bzw. 48,8 % Spannweite/Petrifilm, mit der man rechnen muß). Dies ist in den Diagrammen eindeutig ersichtlich:

Hintere Rettenbachquelle, am 14.12.1999, beide Meßmethoden;

Vordere Rettenbachquelle, am 14.12.1999, Petrifilme;

- Bezüglich der Zusatzinformation des Medians der prozentuellen Spannweiten (71 % bei den Gußschalen, 32 % bei den Petrifilmen) kann man feststellen:

In drei weiteren Fällen liegt die zeitliche Schwankung nicht innerhalb dieses Bereichs:

Hintere Rettenbachquelle, am 9.8.1999, Petrifilme;

Vordere Rettenbachquelle, am 9.8.1999, Petrifilme;

Vordere Rettenbachquelle, am 14.12.1999, Gußschalen;

4.4.2. Räumliche Schwankungen

Die Ergebnisse der Berechnungen bezüglich der Meßwert-Schwankungen werden für die folgenden Darstellungen herangezogen.

Unter Berücksichtigung der determinierten Grundgenauigkeit erfasse ich die natürliche räumliche Grundschwankung der KBE.

Prinzip der Überprüfung:

Die Probenahme erfolgt annähernd zeitgleich an mehreren Stellen eines Quellsystems. Für alle Meßstellen und beide Methoden werden Doppelansätze gemacht.

Dazu eignen sich:

Die Hintere Rettenbachquelle – alle schüttenden Übersprünge des Quellsystems.

Die Steyern Quelle - alle schüttenden Übersprünge des Quellsystems.

Die Quellpläne mit den bezeichneten Probenahmestellen finden sich im Kapitel „Anhang“, Seite 138 und 139.

Diese Überprüfung wird im Versuch 6 und im Versuch 10 (Wiederholung der ersten Meßreihen) realisiert.

Eine Übersicht der Einzelergebnisse ist im Kapitel „Anhang“ ersichtlich.

Dokumentation der Probenahmestellen und der aktuellen hydrologischen Situation:

An beiden betreffenden Quellen gibt es DKM-Stationen. Bis dato sind die Beobachtungsdaten des Hydrographischen Dienstes aber leider noch nicht verfügbar. Es gilt dasselbe wie im Versuch 4 und 8: siehe Kapitel „zeitliche Schwankungen – Hydrologische Situation“.

Daher beschreibe ich die von uns beobachtete und protokollierte Situation:

Protokoll unserer Beobachtungen:Versuch 6:

Für beide Quellen gilt:

Datum der Probenahme: 16. 8. 1999

Wetterlage: leicht bewölkt; 13,9 bis 15,3 °C

kein Niederschlag

Niederwasser an beiden Quellsystemen:

HINTERE RETTENBACHQUELLE			16.08.99 Versuch 6
obere Übersprünge trocken, tiefer gelegene mit nur wenig Schüttung			
Übersprung:	Schüttung: (protokollierter Schätzwert)	Pegelstand:	Bemerkung:
HRQ-MB1	trocken		
HRQ-MB2	trocken		
HRQ-MB3	trocken		
HRQ-MB4	1 l/s		gewohnte Monitoring-Meßstelle; kein Wasser aus dem Schlauch - daher Messung 1 m darunter
HRQ-MB5	2 l/s		
HRQ-MB6	5 l/s	146 cm	"Alte Weissmair Station"
HRQ-MB7	3 l/s		
HRQ-MB8	2 l/s		
HRQ-DKM	nicht meßbar		nicht meßbar, weil das Quellwasser vom Boden herauf in den Fischteich quillt

Tab.11: Dokumentation der Probenahmestellen und der hydrologischen Situation – Versuch 6, HRQ

STEYERN QUELLE			16.08.99 Versuch 6
obere Übersprünge trocken, tiefer gelegene mit nur wenig Schüttung			
Übersprung:	Schüttung: (protokollierter Schätzwert)	Bemerkung:	
STEY-MB1	trocken		
STEY-MB2	trocken		
STEY-MB3	trocken		
STEY-MB4	1 l/s		
STEY-MB5	1 l/s	gewohnte Monitoring-Meßstelle; Messung aus Schlauch	
STEY-MB6	2 l/s		

Tab.12: Dokumentation der Probenahmestellen und der hydrologischen Situation – Versuch 6; STEY

Versuch 10:

Für beide Quellen gilt:

Datum der Probenahme: 10.5.2000

Wetterlage: sonnig und warm;

10,8 bis 26,1°C (Messung direkt an den Quellaustritten – teilweise sonnige,
teilweise beschattete Stellen)

kein Niederschlag

Beide Quellsysteme weisen mittlere Schüttung auf:

HRQ:

Alle protokollierten Übersprünge sind wasserführend (HRQ-MB1 bis HRQ-DKM). Es gibt noch darüberliegende Quellaustritte, die aber nur selten schütten;

STEY:

Alle protokollierten Quellaustritte sind wasserführend (STEY-MB1 bis STEY-MB6). Der oberste Übersprung aus dem Höhlentor schüttet nur geringe Mengen, es reicht gerade für eine Probenahme.

(Bei Hochwasser donnern die Wassermassen mit mehreren Kubikmetern pro Sekunde aus dem Felstor hervor, wobei noch Löcher aktiviert werden, die sich mehrere Meter über der Höhlennische öffnen.)

Berechnungen:

Nachdem bei fast allen Quellen die Koloniezahl zwischen 0 und 100 liegt, wird daher die Spannweite in % vom Median aus den Meßwerten KBE 0-100 berechnet.

Einzig bei der STEY, 10.5.00, KBE2 (Petrifilm) liegt der Median der KBE-Werte der Quelle über 100. Dementsprechend resultiert in diesem Fall die Berechnung der Spannweite in % vom Median aus den Meßwerten KBE 0-200 (Ausgangswerte siehe Kapitel Meßwert-Schwankungen).

Berechnung der prozentuellen Spannweiten:

▪ Für den Bereich: Koloniezahl 0 bis 100 und für beide Meßmethoden:
siehe oben, Kapitel zeitliche Schwankungen

▪ Petrifilme, für den Bereich Koloniezahl 0 bis 200:

Betreffend: STEY, 10.5.00, KBE2 (Petrifilm)

KBE2 (Petrifilme)		
Spannweiten in % vom Median	Bereich KBE 0-200: Spannweiten in % vom Median	Bereich KBE 0-200:
48,8	48,8	Spannweite im % vom Median im schlechtesten Fall: "Spannweite (%) im schlechtesten Fall" 48,8
45,7	17,4	
25,0	16,5	
18,0	32,1	
17,4	22,1	
16,5	(davon	Median von den Werten: Spannweite in % vom Median: "Spannweite (%) im mittleren Fall (Median)" 22,1
33,3	22,1 Median)	
32,1		
22,1		
blaue Felder: betreffend KBE2 zwischen 0 und 200		

Tab.13: Berechnung der prozentuellen Spannweiten c)

Der Median der prozentuellen Spannweiten ist nicht für die Beurteilung vorgesehen, sondern dient nur als zusätzliche Information!

Die folgenden weiterführenden Berechnungen dienen dem Erstellen von Diagrammen und machen sie nachvollziehbar.

Anmerkung zur Hinteren Rettenbachquelle:

Der Quellaustritt HRQ-DKM wird nicht in die Beurteilung der räumlichen Schwankung miteingeschlossen, da hier ein grundsätzliches Problem bei der Probeentnahme besteht (siehe Kapitel „Interpretation – räumliche Schwankungen“). In der Tabelle im Kapitel „Anhang“ scheinen die Rohdaten der Messungen/HRQ-DKM für Interessenten auf.

Tab. 14a: statistische Berechnung für die räumliche Schwankung an der Quelle

Guß- schale	Übersprung	Meßwert (Median)	Median der Quelle	bei 82% Spannweite (schlechtester Fall):				bei 71% Spannweite (Median):			
				halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich: von	bis	halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich: von	bis
STEY 16.08.99 KBE1	STEY-MB4li	96	83	41,2	34,0	48,5	116,5	35,6	29,3	53,2	111,8
	STEY-MB4re	91	83	41,2	34,0	48,5	116,5	35,6	29,3	53,2	111,8
	STEY-MB5	71	83	41,2	34,0	48,5	116,5	35,6	29,3	53,2	111,8
	STEY-MB6	82	83	41,2	34,0	48,5	116,5	35,6	29,3	53,2	111,8
HRQ 16.08.99 KBE1	HRQ-MB4	43	48	41,2	19,6	27,9	67,1	35,6	16,9	30,6	64,4
	HRQ-MB5	45	48	41,2	19,6	27,9	67,1	35,6	16,9	30,6	64,4
	HRQ-MB6	49	48	41,2	19,6	27,9	67,1	35,6	16,9	30,6	64,4
	HRQ-MB7	50	48	41,2	19,6	27,9	67,1	35,6	16,9	30,6	64,4
	HRQ-MB8	46	48	41,2	19,6	27,9	67,1	35,6	16,9	30,6	64,4
STEY 10.05.00 KBE1	STEY-MB1	115	97	41,2	39,9	57,1	136,9	35,6	34,5	62,5	131,5
	STEY-MB2	101	97	41,2	39,9	57,1	136,9	35,6	34,5	62,5	131,5
	STEY-MB3	92	97	41,2	39,9	57,1	136,9	35,6	34,5	62,5	131,5
	STEY-MB4re	82	97	41,2	39,9	57,1	136,9	35,6	34,5	62,5	131,5
	STEY-MB5	133	97	41,2	39,9	57,1	136,9	35,6	34,5	62,5	131,5
	STEY-MB6	68	97	41,2	39,9	57,1	136,9	35,6	34,5	62,5	131,5
HRQ 10.05.00 KBE1	HRQ-MB1	26	18	41,2	7,2	10,3	24,7	35,6	6,2	11,3	23,7
	HRQ-MB2	16	18	41,2	7,2	10,3	24,7	35,6	6,2	11,3	23,7
	HRQ-MB3	27	18	41,2	7,2	10,3	24,7	35,6	6,2	11,3	23,7
	HRQ-MB4	36	18	41,2	7,2	10,3	24,7	35,6	6,2	11,3	23,7
	HRQ-MB5	39	18	41,2	7,2	10,3	24,7	35,6	6,2	11,3	23,7
	HRQ-MB6	15	18	41,2	7,2	10,3	24,7	35,6	6,2	11,3	23,7
	HRQ-MB7	18	18	41,2	7,2	10,3	24,7	35,6	6,2	11,3	23,7
	HRQ-MB8	8	18	41,2	7,2	10,3	24,7	35,6	6,2	11,3	23,7

Tab. 14b: statistische Berechnung für die räumliche Schwankung an der Quelle

Petri-film	Übersprung	Meßwert (Median)	Median der Quelle	bei 49% Spannweite (schlechtester Fall):				bei 32% Spannweite (Median):			
				halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich: von	bis	halbe Spannweite in % vom Median:	entspricht dem Wert:	Bereich: von	bis
STEY 16.08.99 KBE2	STEY-MB4li	81	84	24,4	20,5	63,5	104,5	16,1	13,5	70,5	97,5
	STEY-MB4re	84	84	24,4	20,5	63,5	104,5	16,1	13,5	70,5	97,5
	STEY-MB5	80	84	24,4	20,5	63,5	104,5	16,1	13,5	70,5	97,5
	STEY-MB6	94	84	24,4	20,5	63,5	104,5	16,1	13,5	70,5	97,5
HRQ 16.08.99 KBE2	HRQ-MB4	47	40	24,4	9,6	29,9	49,1	16,1	6,3	33,2	45,8
	HRQ-MB5	49	40	24,4	9,6	29,9	49,1	16,1	6,3	33,2	45,8
	HRQ-MB6	40	40	24,4	9,6	29,9	49,1	16,1	6,3	33,2	45,8
	HRQ-MB7	33	40	24,4	9,6	29,9	49,1	16,1	6,3	33,2	45,8
	HRQ-MB8	33	40	24,4	9,6	29,9	49,1	16,1	6,3	33,2	45,8
HRQ 10.05.00 KBE2	HRQ-MB1	8	20	24,4	4,9	15,1	24,9	16,1	3,2	16,8	23,2
	HRQ-MB2	17	20	24,4	4,9	15,1	24,9	16,1	3,2	16,8	23,2
	HRQ-MB3	27	20	24,4	4,9	15,1	24,9	16,1	3,2	16,8	23,2
	HRQ-MB4	24	20	24,4	4,9	15,1	24,9	16,1	3,2	16,8	23,2
	HRQ-MB5	22	20	24,4	4,9	15,1	24,9	16,1	3,2	16,8	23,2
	HRQ-MB6	26	20	24,4	4,9	15,1	24,9	16,1	3,2	16,8	23,2
	HRQ-MB7	24	20	24,4	4,9	15,1	24,9	16,1	3,2	16,8	23,2
	HRQ-MB8	4	20	24,4	4,9	15,1	24,9	16,1	3,2	16,8	23,2
STEY 10.05.00 KBE2	STEY-MB1	144	143	24,4	34,8	107,7	177,3	bei 22% Spannweite (Median):			
	STEY-MB2	156	143	24,4	34,8	107,7	177,3	11,1	15,8	126,8	158,3
	STEY-MB3	135	143	24,4	34,8	107,7	177,3	11,1	15,8	126,8	158,3
	STEY-MB4re	148	143	24,4	34,8	107,7	177,3	11,1	15,8	126,8	158,3
	STEY-MB5	143	143	24,4	34,8	107,7	177,3	11,1	15,8	126,8	158,3
	STEY-MB6	129	143	24,4	34,8	107,7	177,3	11,1	15,8	126,8	158,3

Graphische Darstellung:

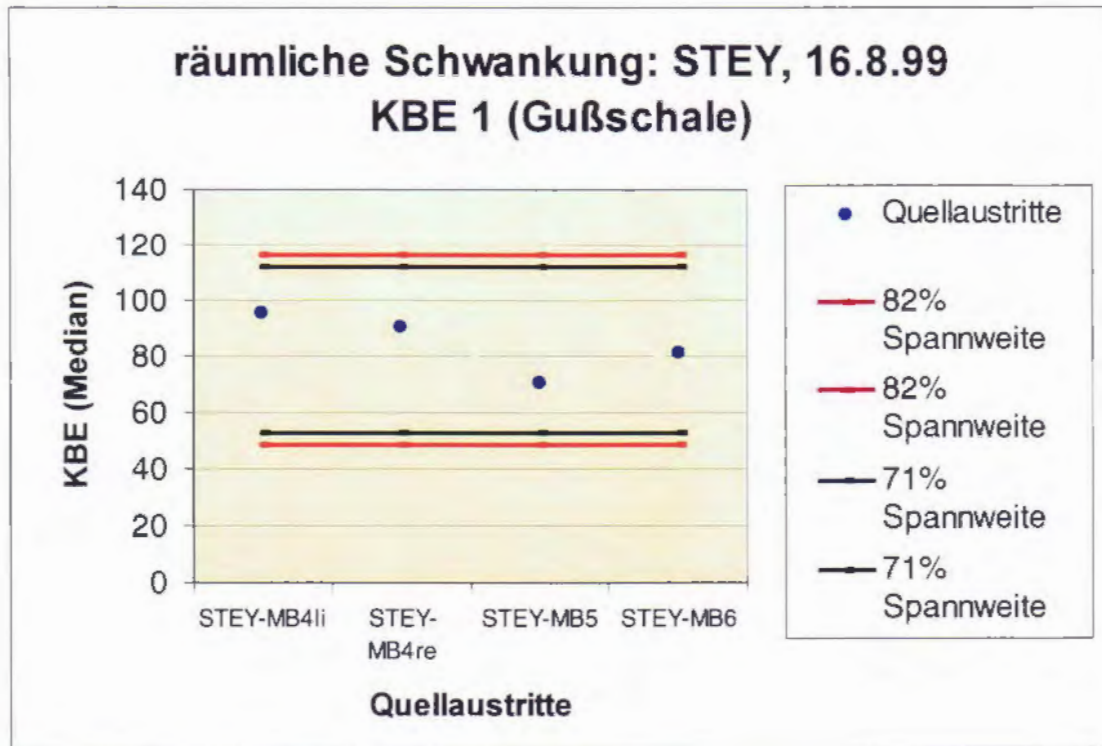


Abb.31: räumliche Schwankung

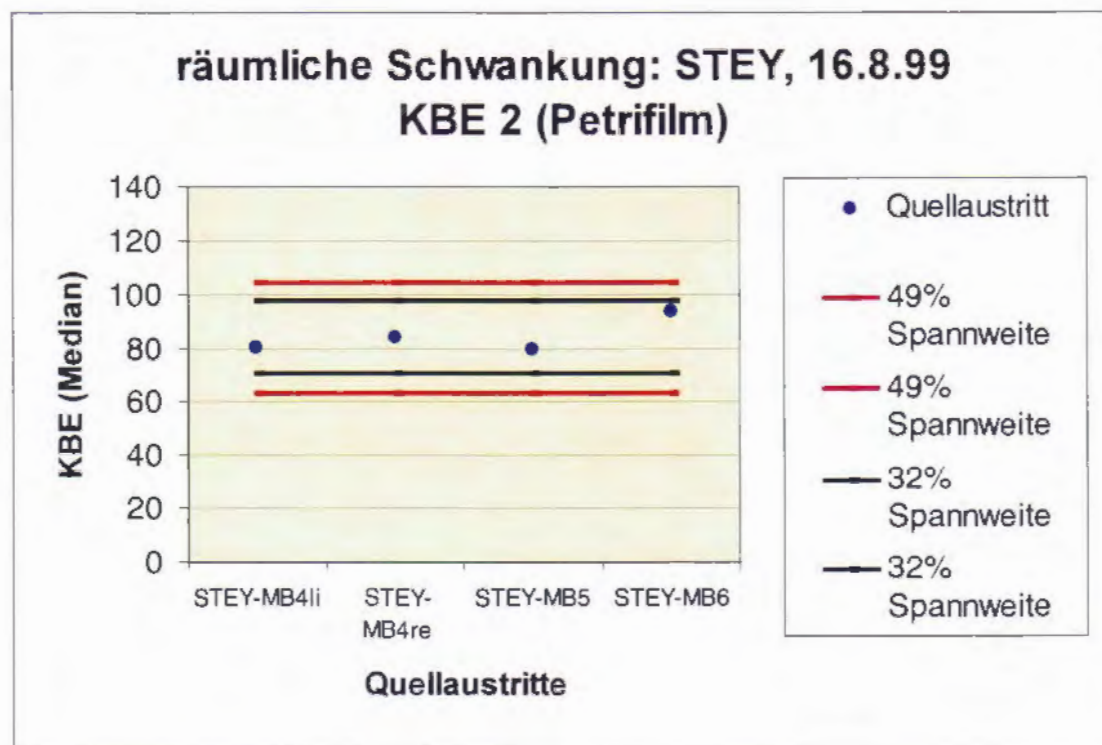


Abb.32: räumliche Schwankung

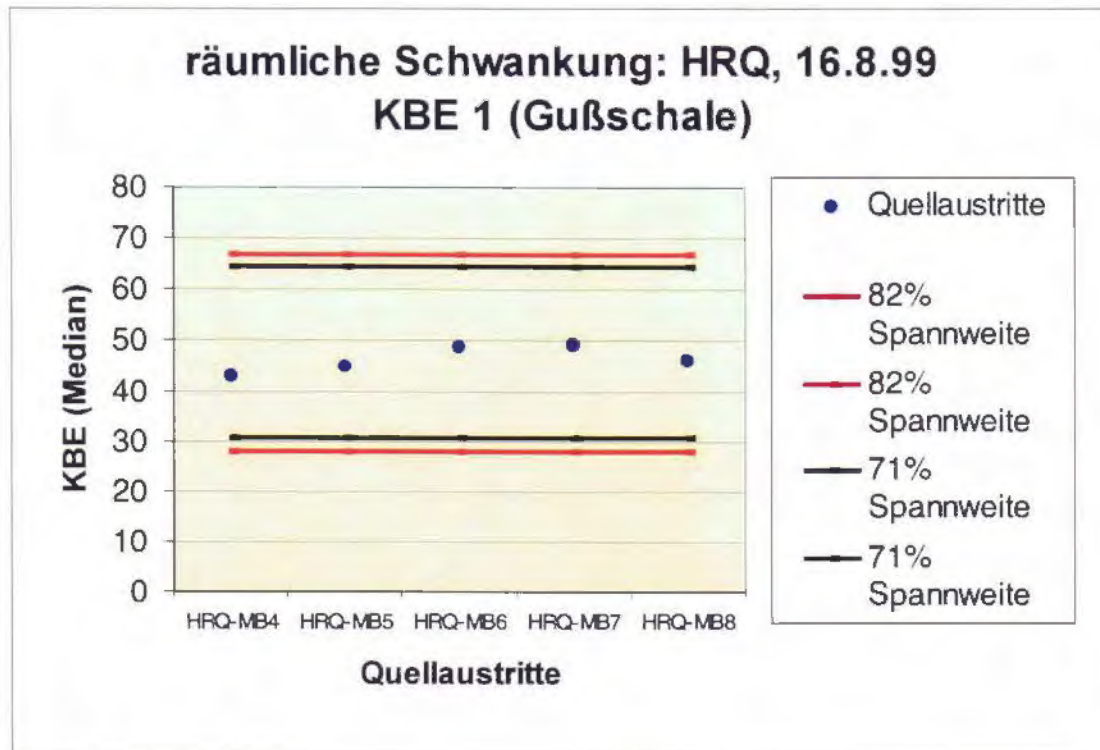


Abb.33: räumliche Schwankung

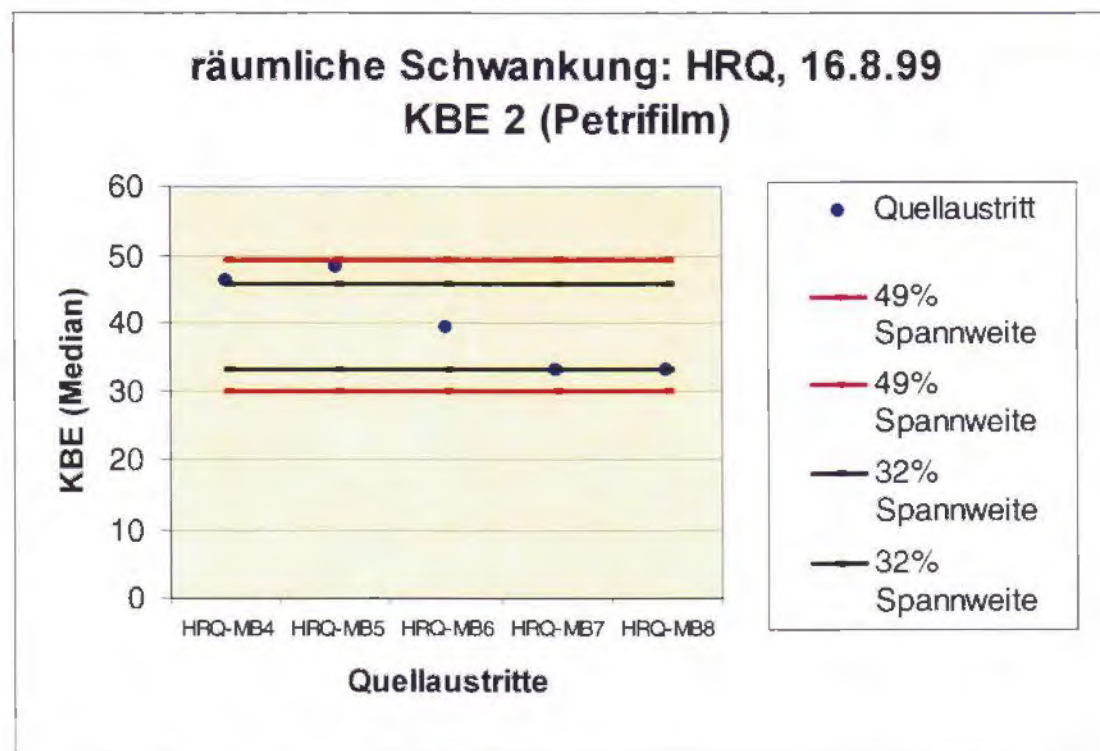


Abb.34: räumliche Schwankung

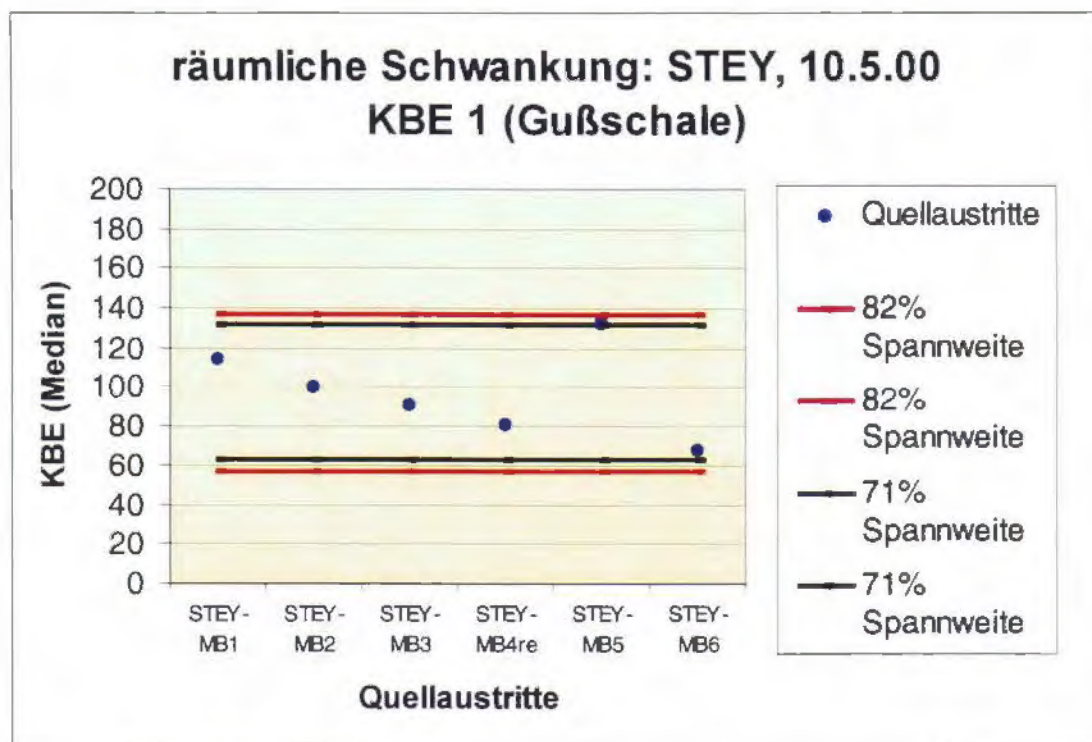


Abb.35: räumliche Schwankung

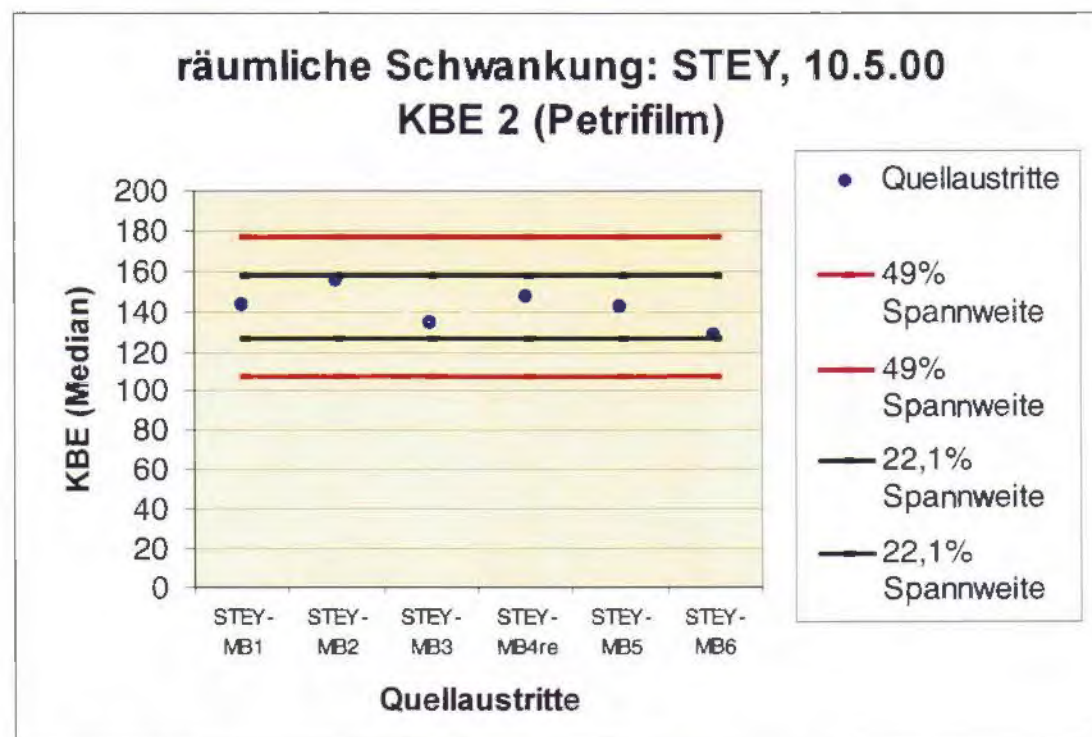


Abb.36: räumliche Schwankung

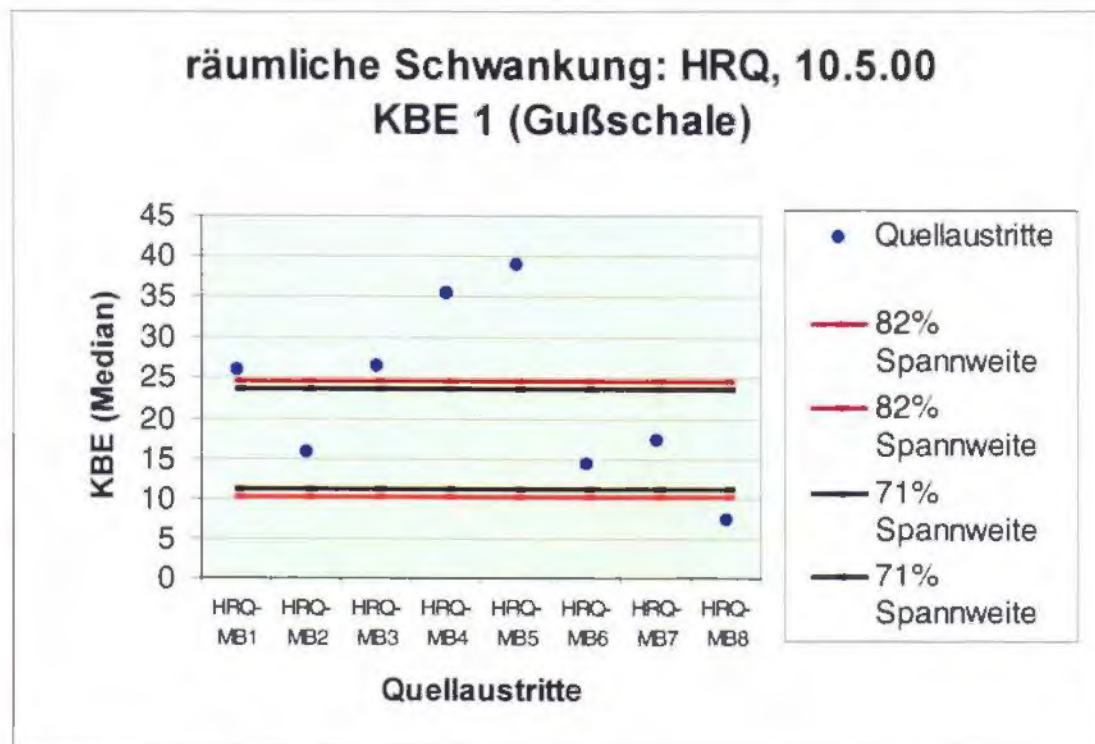


Abb.37: räumliche Schwankung

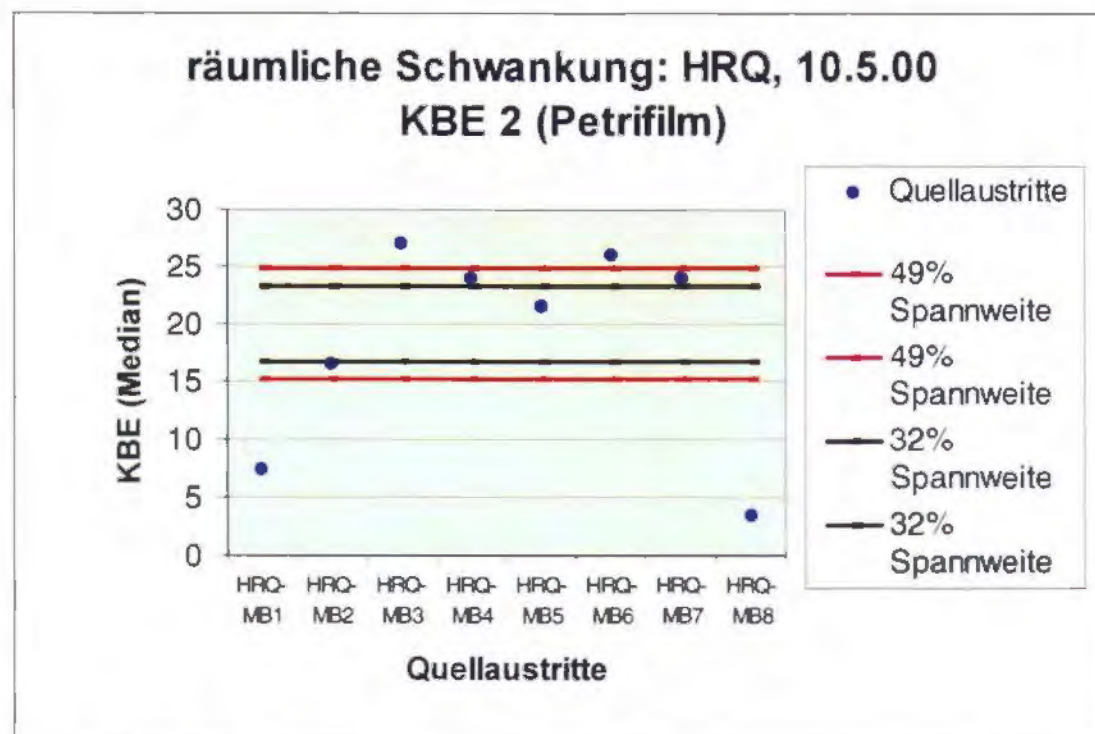


Abb.38: räumliche Schwankung

Für die Erfassung der räumlichen Schwankung ist unter der Berücksichtigung der Meßwert-Schwankung folgendes feststellbar:

In fast allen Fällen kommen bei der räumlichen Schwankung kleinere Zahlenwerte heraus und somit kann aufgrund der grundsätzlich anzunehmenden „Basisschwankung“ - also der grundlegenden Meßunsicherheit - beides nicht voneinander unterschieden werden!

STEYERN QUELLE:

In allen Auswertungen läßt sich keine Aussage für eine räumliche Schwankung treffen, bzw. können die räumliche und die Meßwert-Schwankung nicht voneinander unterschieden werden.

Zusatzinformation: In einem Fall – STEY, 10.05.00, Gußschalen – liegt ein einziger Übersprung des Quellsystems nicht innerhalb der 71 % Spannweite (Median der prozentuellen Spannweiten).

HINTERE RETTENBACHQUELLE:

- Hintere Rettenbachquelle, am 16.8.1999, Labormethode/Gußschalen:

Bei allen Quellaustritten können die räumliche und die Meßwert-Schwankung nicht voneinander unterschieden werden.

- Hintere Rettenbachquelle, am 16.8.1999, Geländemethode/Petrifilme:

Hier trifft dieselbe Aussage zu, mit der Zusatzinformation, daß nicht alle Übersprünge innerhalb der 32% Spannweite (Median der prozentuellen Spannweiten) liegen.

- Hintere Rettenbachquelle, am 10.05.00, beide Meßmethoden:

Es handelt sich hier um die einzigen beiden Diagramme, bei denen die grundsätzlich anzunehmende „Basisschwankung“ von der räumlichen Schwankung unterschieden werden kann! Anders ausgedrückt, ergeben einige Übersprünge bei der räumlichen Schwankung größere Zahlenwerte als bei der Meßwert-Schwankung.

Das ist in der graphischen Darstellung eindeutig ersichtlich.

Mit den Gußschalen trifft diese Aussage für 5, mit den Petrifilmen für 4 von 8 Quellaustritten zu.

4.5. Ereigniskampagnen: Anwendung der Petrifilme

Die „Ereigniskampagnen“ finden im Nationalpark Kalkalpen seit 1995 ca. 2 mal jährlich statt. Es werden dabei 2 bis 3 ausgewählte Quellen in einem bestimmten Rhythmus (drei bis sechsstündlich) bei bestimmten Witterungsverhältnissen beobachtet.

Das mikrobiologische Monitoring und die Ereigniskampagnen haben in Kombination das Ziel, anthropogene bzw. natürliche Einflüsse im Zusammenhang mit Veränderungen in einem sehr sensiblen Gleichgewicht herauskristallisieren zu können.

4.5.1. Ereigniskampagne 1 – detailliertere Ausschwemmungskurven

An der Steyern Quelle können bei stabilen hydrologischen Verhältnissen die zeitliche und die räumliche Schwankung nicht von der Meßwert-Schwankung unterschieden werden (siehe letztes Kapitel). Nun wird untersucht, wie sich die zeitliche Schwankung der KBE bei einem Niederschlagsereignis verhält.

Für die Verfolgung der mikrobiologischen Fracht an der Quelle bedarf es aber wesentlich kürzerer Meßintervalle, als das bei den bisherigen Intensivkampagnen der Fall war.

Durch die feldtaugliche Anwendung und die Einfachheit der Testdurchführung wird es möglich, die Koloniezahl im 15 Minutenabstand und mit Doppel-Ansatz zu messen.

Versuchsdurchführung:

Die Messungen erfolgen am 10.8.1999 an der Fassung der Steyern Quelle (entspricht dem Übersprung STEY-MB5) aus einem fixen PVC-Schlauch: In der Früh werden sämtliche Vorbereitungen getroffen, um einen raschen Beginn nach dem Einsetzen des Regengusses zu gewährleisten. Nach 4 Vorbeprobungen am Vormittag ohne den erwarteten Niederschlag beobachten wir ab 13:15 Uhr doch noch ca. 1 1/2 Stunden lang mittelstarken Regen.

Daraufhin wird so schnell wie möglich die Quelle erreicht und im 15-Minutentakt beprobt, wobei in der abklingenden Phase die Zeitabstände vergrößert werden. Sämtliche

Wasserproben werden nach beiden Methoden jeweils zweifach angesetzt. Die Petrifilme werden vor Ort im Gelände angesetzt, gekühlt gelagert und später im Labor inkubiert. Die Wasserproben werden gekühlt gelagert – die Intensivkampagne dauert nur einige Stunden – und danach ins Labor transportiert und nach der konventionellen Methode angesetzt.



Foto 11: Ereigniskampagne am 10.08.99 – Warten auf den Regen

Beschreibung der Wetterentwicklung und der hydrologischen Situation:

Die Steyern Quelle wurde neben anderen Überlegungen deshalb gezielt ausgewählt, weil eine DKM-Station vorhanden ist, die online Daten liefert. Diese Daten sind allerdings bis jetzt noch nicht verfügbar (siehe auch Kapitel „zeitliche Schwankungen“ – Hydrologische Situation). Daher beschreibe ich die von uns protokollierte Situation:

Es handelt sich um einen trüben regnerischen und warmen Tag mit 16 bis 17°C.

Wir beobachten ab 13:15 Uhr ca. 1 1/2 Stunden lang mittelstarken Regen, bei gleichmäßig mittlerer Schüttung an der Meßstelle. Der betreffende Übersprung ist gleichmäßig aktiv. Ab 18 30 Uhr beobachten wir ein Ansteigen der Schüttung.

10:45	kein Regen
10:50	kein Regen
10:55	kein Regen
11:00	kein Regen
14:00	Regen mittelstark
14:15	Regen mittelstark
14:30	Regen: stark
14:45	tröpfeln
15:00	tröpfeln
15:30	kein Regen
16:00	kein Regen
16:30	kein Regen
18:30	kein Regen, Quelle rinnt relativ stark

Tab.15: Ereigniskampagne am 10.08.99 - Niederschlag

Der gewählte Zeitpunkt ist nicht ganz ideal, weil wir uns ein richtiges Gewitter erhofft haben. Allerdings haben Elmar Pröll und ich schon wochenlang stets bereit vergeblich auf ein solches gewartet. Die meiste Zeit im Juli und August 1999 ist Sonnenschein und manchmal leichter Regen angesagt gewesen.

Dennoch hat der Regenguß ausgereicht, um eine Veränderung der Wasserqualität zu verdeutlichen:

Eine Übersicht der Ergebnisse:

Ereigniskampagne 1					Diplomarbeit: Thyr Petra, Graz							
Quelle		STEY (Messung an gewohnter Stelle: d.h. Übersprung STEY-MB5)										
Datum		10.08.99										
Meß-Team		Thyr, Pröll										
Wetterlage		Regen, trüb, warm										
Gerätenr.		PM-017 (für Leitfähigkeit, Wassertemperatur, pH-Wert), PM-010 (für Sauerstoffgehalt)										
Uhrz.	KBE	KBE	KBE	KBE	E.coli	Coliforme	Enterococcen	Temp Wass (°C)	Leit= fähigk. (µS)	O2 Gehalt (%)	pH	Temp Luft (°C)
	Gußschale 22°C / A	Gußschale 22°C / B	Petrifilm 22°C / A	Petrifilm 22°C / B								
	Ansatz im Labor		Ansatz: Gelände									
10:45	79	80	86	81	6	72	0	7,3	321	98,0	7,88	16,6
10:50	73	82	80	93	9	57	1	7,2	321	98,0	7,87	16,5
10:55	75	76	90	100	11	63	2	7,2	321	97,9	7,87	16,6
11:00	61	84	70	73	4	69	3	7,2	321	98,0	7,86	16,7
14:00	76	73	93	62	9	77	8	7,2	322	97,6	7,87	16,2
14:15	700	850	660	760	71	9999	79	7,2	322	97,4	7,87	16,2
14:30	146	142	242	283	25	9999	32	7,3	322	97,5	7,87	16,4
14:45	88	87	131	140	13	35	5	7,2	322	97,5	7,86	16,6
15:00	67	73	92	67	18	52	6	7,2	322	97,5	7,86	16,9
15:30	86	77	100	100	7	71	5	7,2	322	97,3	7,86	16,1
16:00	135	126	139	115	36	110	32	7,2	322	97,3	7,86	16,5
16:30	77	69	172	183	73	61	29	7,2	322	97,3	7,86	17,0
18:30	63	73	158	122	23	80	11	7,2	319	97,2	7,86	16,4

Einzig diese beiden Ergebnisse resultieren aus dem verdünnten Ansatz, der 1 ml-Ansatz war unzählbar.

Mikrobiologie-Werte: 9999.....d.h. unzählbar

Tab.16: Ereigniskampagne am 10.08.99 – Rohdaten aller Ergebnisse

Erstellung der Diagramme/Mikrobiologie:

Für die Koloniezahl werden zu diesem Zweck aus den Doppel-Ansätzen die Mittelwerte – in diesem Fall entsprechend dem Median – berechnet.

Einzig an einem Datenpunkt sind die Gußschalen beider 1 ml-Ansätze unzählbar. Es werden die 0,1 ml-Ansätze für das Ergebnis herangezogen:

KBE (Gußschale, 22°C, 14:15)= 700 und 850

Gerade bei der Darstellung eines Verlaufs sollte man allerdings möglichst vermeiden, die KBE-Berechnung durch 1 ml bzw. der Verdünnung zu vermischen. Es würde ein Knick bzw. eine Verfälschung resultieren aufgrund des unterschiedlichen Verfahrens, wie man zum Ergebnis kommt.

Daher wird für die graphische Darstellung beim einzigen unzählbaren Wert nicht die Verdünnung hochgerechnet.

Die Darstellung der E. coli -, Coliformen – und Enterokokken – Frachten dient nur als zusätzliche Information für diesen Versuch. Die Indikatorkeime werden im Nationalparklabor nach standardisierten Meßmethoden analysiert.

Graphische Darstellung der Ergebnisse:

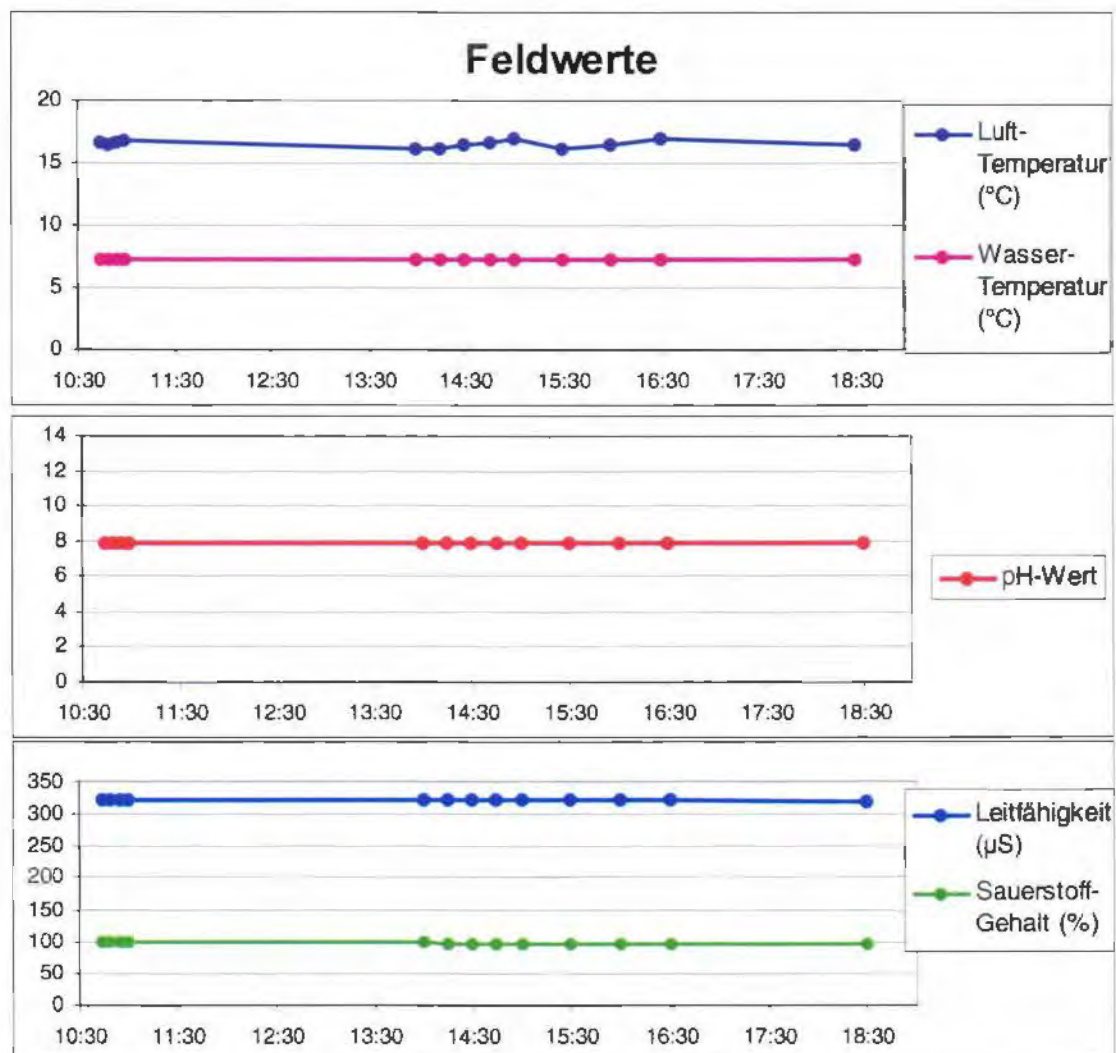


Abb.39: Feldwerte der Ereigniskampagne am 10.08.99

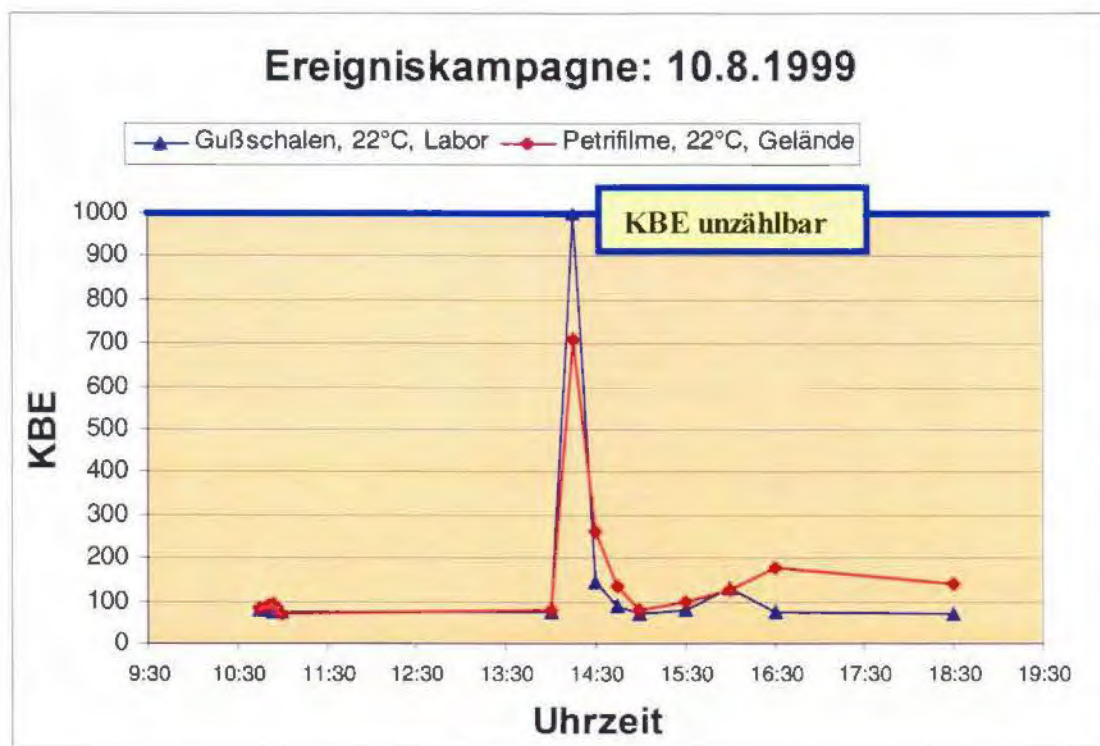


Abb.40: Ereigniskampagne am 10.08.99 – Koloniezahl

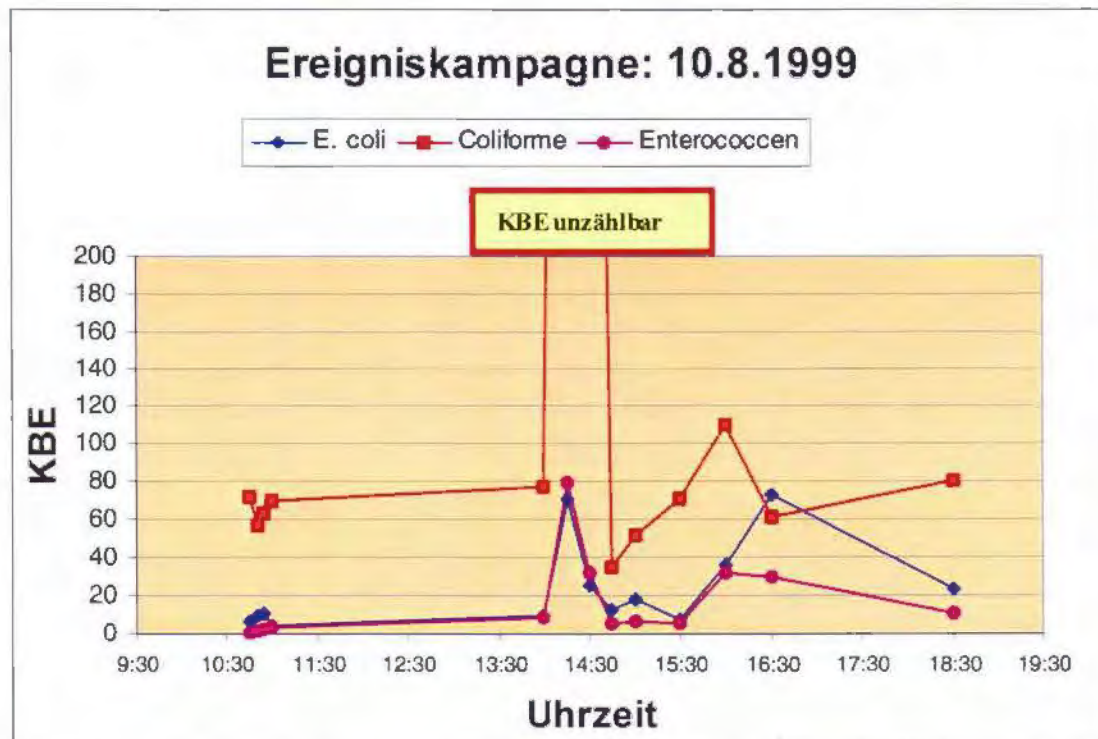


Abb.41: Ereigniskampagne am 10.08.99 – E. coli, Coliforme und Enterococci-Keimfrachten

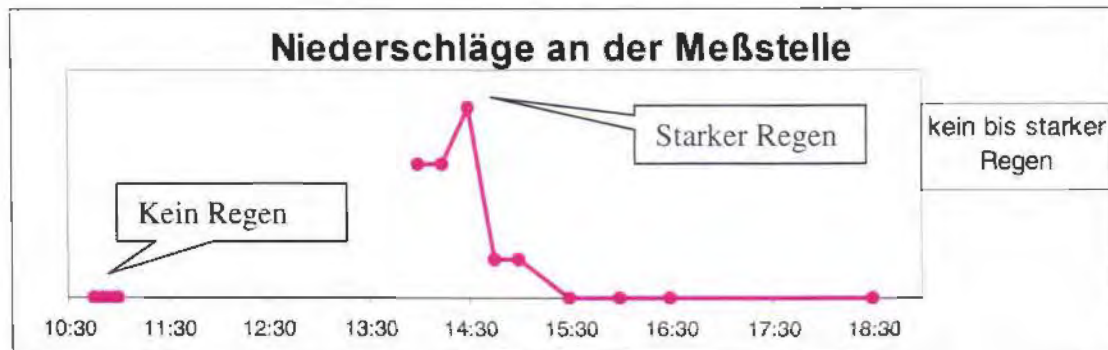


Abb.42: Ereigniskampagne am 10.08.99 – Niederschläge an der Meßstelle

Bereits 15 Minuten nach Einsetzen eines mittelstarken Regens ist bei beiden KBE-Methoden, sowie äquivalent bei den Indikatorkeimen ein deutlicher Peak feststellbar, der aber bereits 15 Minuten später wieder stark im Abklingen ist. Die Feldwerte (Wassertemperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und Lufttemperatur) bleiben praktisch unverändert.

4.5.2. Vorversuch für die Ereigniskampagne 2

Um eine Aussage über die Zusammensetzung der Biozönose treffen zu können, wird die Inkubationstemperatur variiert.

Geeignete Temperaturen sind:

- 6°C.....die mittlere Quelltemperatur
- 22°C.....die Standard-Gußschalen-Inkubationstemperatur im Nationalparklabor
- 30°C.....die Standard-Petrifilm-Inkubationstemperatur

Da man aufgrund der RGT-Regel unterschiedliche Inkubationszeiträume wählen muß, ist ein Vorversuch nötig, um vergleichbare Resultate erzielen zu können.

Zu diesem Zweck wird an den 4 ausgewählten Quellen folgender Pilotversuch durchgeführt:

Prinzip der Durchführung:

An 4 Quellen werden 2 bzw. 5 Petrifilme pro Meßpunkt und Temperaturstufe angesetzt. Dann erfolgt die Inkubation und alle 24 Stunden das Auszählen bei allen Ansätzen.:

Quelle A			
	6°C	22°C	30°C
Anzahl der Petrifilme pro Meßpunkt und Temperaturstufe	5	2	2

Aufgrund der durch das Nationalparkprogramm bekannten Randbedingungen eignen sich dazu die Steyern Quelle, das Maulaufloch, die Vordere Rettenbachquelle und die Hintere Rettenbachquelle.

Als Meßmethode für die Koloniezahl werden nur die Petrifilme angewendet, da auch in der folgenden Ereigniskampagne nur mit der Geländemethode gemessen wird.

Die gewonnenen Daten dienen der Festlegung der endgültigen Inkubationszeiträume für die jeweilige Temperaturstufe.

Ergebnisse der Auswertungen:

Die Petrifilme werden fast täglich ausgezählt (Inkubation am 27.03.00):

Tab. 17: alle Rohdaten für die bei 6 °C inkubierten Petrifilme

Versuch 9																					
Ansatz bei 6 °C: KBE																					
Datum/Uhrzeit	STEY1	STEY2	STEY3	STEY4	STEY5	MAUL1	MAUL2	MAUL3	MAUL4	MAUL5	VRQ1	VRQ2	VRQ3	VRQ4	VRQ5	HRQ1	HRQ2	HRQ3	HRQ4	HRQ5	BW1 BW2
28.03.00 // 07:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.03.00 // 07:45	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
30.03.00 // 07:45	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0
31.03.00 // 08:30	0	1	1	0	2	2	1	2	2	3	1	2	0	1	0	2	0	1	1	1	0
01.04.00 // 09:00	1	3	1	0	2	2	1	2	2	3	1	2	0	1	0	2	0	1	1	1	0
02.04.00 // 15:30	25	26	24	31	16	119	116	139	103	105	9	11	7	9	6	10	4	7	12	14	0
03.04.00 // 07:45	51	59	53	55	34	300	260	300	280	240	22	21	26	22	15	18	12	18	22	30	0
05.04.00 // 08:30	90	101	94	94	91	600	360	600	480	400	38	38	45	47	31	29	32	51	32	54	0
06.04.00 // 08:00	117	130	130	111	111	660	420	720	500	460	47	48	46	53	34	35	36	53	47	53	0
07.04.00 // 08:20	127	148	153	136	133	680	400	720	500	440	55	54	51	63	36	43	42	61	56	63	0
10.04.00 // 08:00	169	177	186	174	179	740	540	720	520	440	74	67	67	73	55	56	48	72	77	86	0
12.04.00 // 08:15	193	203	210	197	193	820	600	780	540	500	84	71	85	87	73	70	50	88	88	104	0
13.04.00 // 09:00	207	213	225	203	208	840	600	880	580	520	94	82	90	87	81	81	52	93	95	112	0
14.04.00 // 08:40	208	212	226	207	212	860	600	880	560	520	95	80	92	88	81	79	51	95	96	115	0
17.04.00 // 09:00	215	215	233	211	220	840	580	880	540	520	105	83	100	94	89	89	58	105	108	127	0
19.04.00 // 08:30	215	220	240	219	225	840	620	800	560	560	112	89	108	104	92	95	66	112	113	135	0
20.04.00 // 09:00	210	212	233	216	217	760	440	720	440	480	118	92	115	106	96	95	72	121	117	143	0
21.04.00 // 08:15	214	214	238	216	228	780	500	740	480	540	116	93	113	105	95	93	71	124	120	142	0
25.04.00 // 10:00	219	219	231	225	225	740	520	740	440	500	121	94	116	109	101	97	78	127	122	141	0
27.04.00 // 09:00	216	216	234	215	218	680	480	700	420	520	120	92	116	107	101	97	80	130	125	148	0
29.04.00 // 10:00	221	225	233	218	222	760		780	520	520	121	96	119	113	105	96	80	130	126	146	0
02.05.00 // 09:00											123	98	123	112	104	107	89	135	132	150	0
04.05.00 // 11:15											125	97	127	113	103	108	92	135	131	151	0
05.05.00 // 11:45											124	95	126	112	103	107	92	140	128	150	0
08.05.00 // 09:15											127	97	125	113	103	110	87	138	136	145	0
09.05.00 // 09:15											125	100	125	111	103	112	89	137	132	144	0
11.05.00 // 08:15											125	95	125	110	102	110	91	139	133	146	0

BW.....Blindwert

Versuch 9										
Ansatz bei 22°C: KBE										
Datum/Uhrzeit	STEY 1	STEY 2	MAUL 1	MAUL 2	VRQ 1	VRQ 2	HRQ 1	HRQ 2	BW 1	BW 2
28.03.00 // 10:45	2	1	1	1	3	0	1	0	0	0
29.03.00 // 12:00	58	46	201	214	14	19	27	21	0	0
30.03.00 // 12:00	130	97	500	480	36	39	61	51	0	0
31.03.00 // 11:30	172	135	580	560	52	51	80	65	0	0
01.04.00 // 10:00	234	173	680	680	70	70	116	98	0	0
02.04.00 // 15:45	340	340	800	760	82	88	135	134	0	0
03.04.00 // 16:30	400	400	840	760	88	98	150	150	0	0
05.04.00 // 11:45	460	420			98	101	155	154	0	0
06.04.00 // 11:40	380	400			102	106	155	155	0	0

Ansatz bei 30°C KBE										
Datum/Uhrzeit	STEY 1	STEY 2	MAUL 1	MAUL 2	VRQ 1	VRQ 2	HRQ 1	HRQ 2	BW 1	BW 2
28.03.00 // 11:00	2	2	7	14	2	2	1	2	0	0
29.03.00 // 12:15	41	43	148	157	21	15	21	17	0	1
30.03.00 // 12:10	69	68	210	208	28	22	27	27	0	1
31.03.00 // 11:45	77	78	229	216	33	26	31	33	0	1
01.04.00 // 10:15	94	88	360	340	38	29	38	46	0	1
02.04.00 // 16:00	97	96	440	380	46	33	43	52	0	1
03.04.00 // 16:50	100	99	440	380	45	34	46	60	0	1
05.04.00 // 12:15	100	99	400	440	46	34	47	62	0	1
06.04.00 // 11:50	101	99	400	420	46	34	47	60	0	1

BW.....Blindwert

Tab.18: alle Rohdaten für die bei 22°C und 30°C inkubierten Petrifilme

Für das Erstellen der Diagramme werden bei 6 °C Inkubationstemperatur die Mittelwerte der jeweils 5 Ansätze herangezogen. Bei den 5 Wiederholungen handelt es sich um einen rein zufälligen Meßfehler. Dieser ist immer normalverteilt. Daher kann man in diesem Fall mit dem Mittelwert rechnen.

Bei 22 °C und 30°C Inkubationstemperatur wird mit dem Mittelwert (entspricht hier dem Median) gerechnet.

Graphische Darstellung:

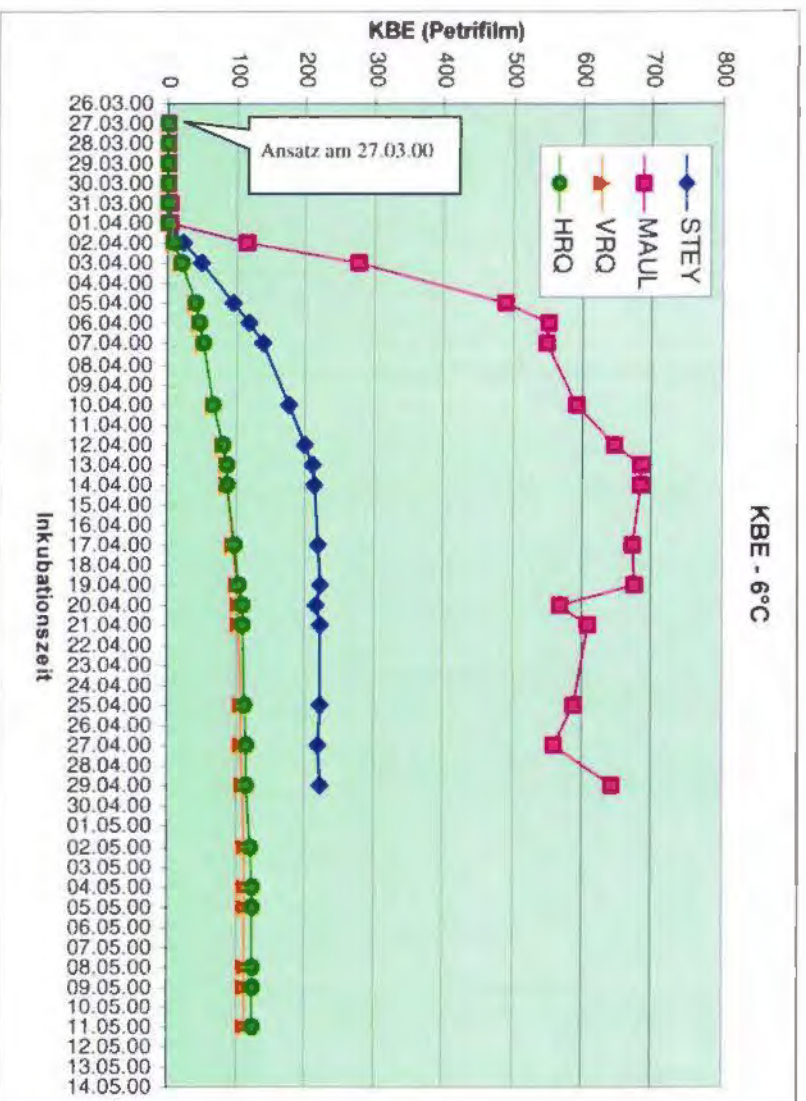


Abb. 43: Wachstums-Verlaufskurven für 6°C

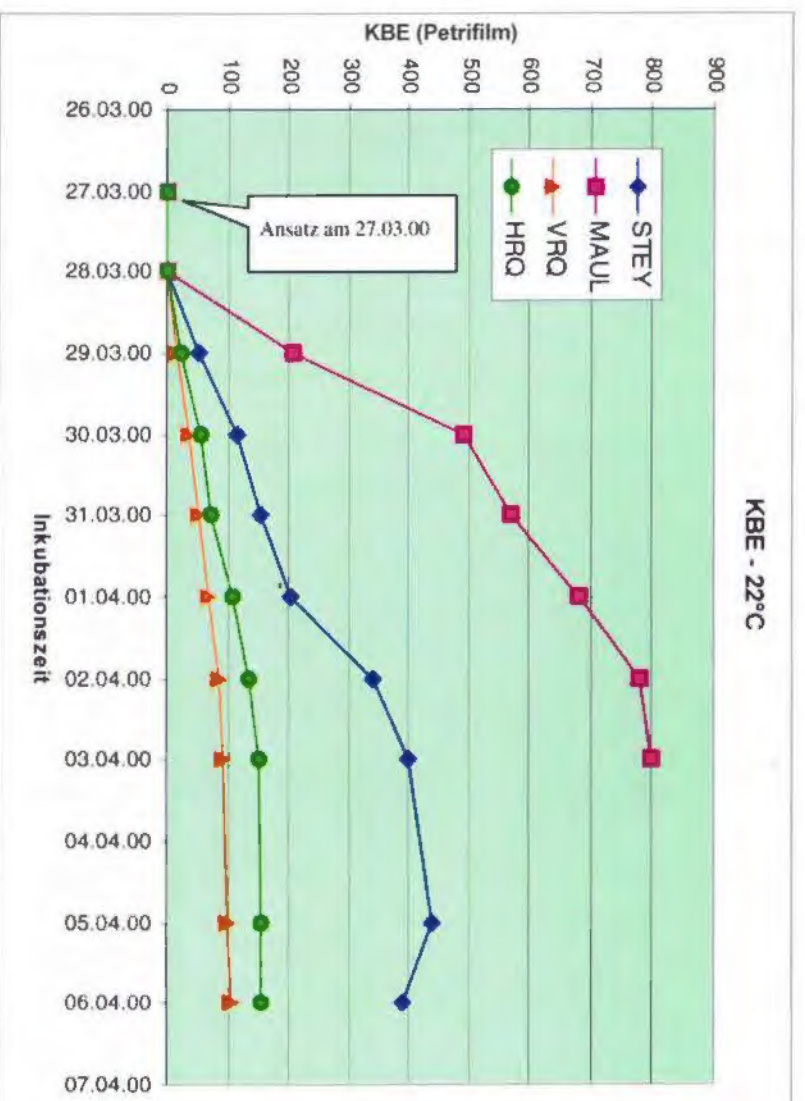


Abb. 44: Wachstums-Verlaufskurven für 22°C

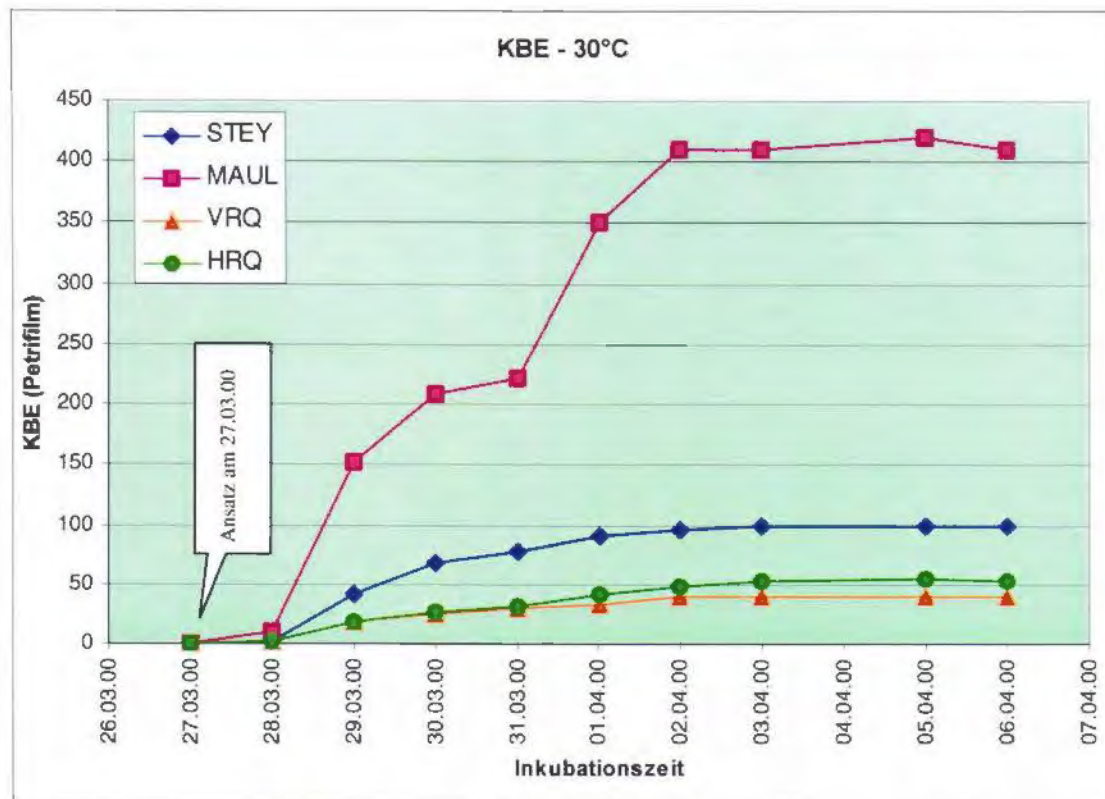


Abb.45: Wachstums-Verlaufskurven für 30°C

Berechnung der Inkubationszeiträume:

Bei unterschiedlichen Inkubationstemperaturen müssen aufgrund der RGT-Regel unterschiedliche Inkubationszeiträume gewählt werden, um vergleichbare Resultate erzielen zu können.

Allgemeines zur RGT-Regel:

RG.....Reaktionsgeschwindigkeit

T.....Temperatur

Die Enzymaktivität ist von der Temperatur abhängig.

Bei einer Temperaturerhöhung um 10 °C verdoppelt bis vervierfacht sich die Reaktionsgeschwindigkeit:

$$Q_{10} = v_{T+10} / v_T = 2 \text{ bis } 4$$

v.....Geschwindigkeit

RGT-Regel im Zusammenhang mit dieser Versuchsanordnung:

Das Wachstum der Bakterien ist von der Temperatur abhängig.

Bei einer Temperaturerhöhung um 10 °C verdoppelt bis vervierfacht sich die Reaktionsgeschwindigkeit des Bakterienwachstums.

In diesem Pilotversuch werden die Petrifilme bei drei Temperaturen inkubiert:
6°C, 22°C und 30°C.

Koloniezahl, Petrifilme, Inkubationstemperatur 22°C, Inkubationszeit 48 Stunden

Diese Meßmethode ist im Zuge dieser Diplomarbeit festgelegt worden und dient für die Berechnung als Ausgangspunkt.

a) Berechnung des Inkubationszeitraumes für 6°C Inkubationstemperatur:

Für eine Inkubation bei 6°C ist nicht eine Temperaturerhöhung von genau 10°C gegeben, sondern ein Intervall von 16°C (22°C Ausgangstemperatur).

In diesem Fall ist die RGT-Regel in folgender Form anzuwenden:

$$Q_{10} = (v_{T_2} / v_{T_1})^{10 / (T_2 - T_1)} = 2 \text{ bis } 4$$

T₂.....22°C
T₁.....6°C

oder mit demselben Ergebnis:

$$\log Q_{10} = 10 * (\log v_{T_2} - \log v_{T_1}) / (T_2 - T_1) = 2 \text{ bis } 4$$

- weiters:

Reaktionsgeschwindigkeit = Wachstum der Kulturen / Zeiteinheit

$$V = KBE / t$$

t.....Inkubationszeit

KBE.....Anzahl der Kolonien

Allgemeine Annahme für die Berechnung:

KBE ist konstant 100

Es wird eine Inkubationszeit berechnet, in der die Koloniezahl im Bereich um 100 Kolonien liegt. Dies ist in der Labor-Praxis gut passend für eine Auszählung der Kulturen. Rein inhaltliche Überlegungen führen zu derselben Annahme, da gerade dieser KBE-Bereich für eine Trinwasseranalyse interessant ist.

$$V = 100 / t$$

- Anwendung der Formel:

t₁.....Inkubationszeit (Stunden) für 6°C

t₂.....48 Stunden (Inkubationszeit für 22°C)

$$\left(\left(100 / t_2 \right) / \left(100 / t_1 \right) \right)^{10 / (22-6)} = 2 \text{ bis } 4$$

$$t_1 = 145,51 \text{ bis } 441,1 \text{ Stunden}$$

$$t_1 = \underline{6 \text{ d } 1 \text{ h } 31 \text{ min}} \text{ bis } \underline{18 \text{ d } 9 \text{ h } 6 \text{ min}}$$

b) Berechnung des Inkubationszeitraumes für 30°C Inkubationstemperatur:

Für eine Inkubation bei 30°C ist ein Intervall von 8°C (22°C Ausgangstemperatur) gegeben.

$$Q_{10} = (v_{T_2} / v_{T_1})^{10 / (T_2 - T_1)} = 2 \text{ bis } 4$$

T₂.....30°C

T₁.....22°C

Allgemeine Annahme:

KBE ist konstant 100

t₁..... 48 Stunden (Inkubationszeit für 22°C)

t₂..... Inkubationszeit (Stunden) für 30°C

$$((100 / t_2) / (100 / t_1))^{10 / (30 - 22)} = 2 \text{ bis } 4$$

t₂ = 27,57 bis 15,83 Stunden bzw.

t₂ = 15,83 bis 27,57 Stunden

t₂ = 15 h 50 min bis 1 d 3 h 34 min

Festlegung der Inkubationszeiträume:

Um eine sinnvolle und effiziente Arbeitsweise im mikrobiologischen Labor zu ermöglichen, sollten für die Inkubationszeiträume ganze Tage gewählt werden.

Für alle drei Inkubationstemperaturen müssen die Wachstumskurven (Diagramme) ca. in derselben Phase des Verlaufs verglichen werden. Als Ausgangspunkt dient die Inkubation bei 22°C und für 48 Stunden.

Die Berechnungen laut RGT-Regel in Kombination mit den Diagrammen der Versuchsreihen erlauben folgende Wahl der Inkubationszeiträume (siehe Kapitel "Interpretation"):

Inkubationstemperatur:	Inkubationszeitraum:
30 °C	48 Stunden
22°C	48 Stunden
6°C	6 Tage

Tab.19: Festlegung der Inkubationszeiträume

4.5.3. Ereigniskampagne 2 – Zusammensetzung der Biozönose

Das Konzept der ersten Ereigniskampagne, nämlich die möglichst detaillierte Beobachtung der mikrobiologischen Fracht bei einem Hochwasserereignis durch wesentlich kürzere Meßintervalle wird hier weiterverfolgt.

Durch die feldtaugliche Anwendung der Petrifilme und die Einfachheit der Testdurchführung wird es möglich, die Koloniezahl im 15 Minutenabstand und mit Doppel-Ansatz zu messen:

Obwohl die Keimzahlbestimmung viele Fragen offen läßt, können zusätzliche biozönotische Informationen durch die Variation der Inkubationstemperatur gewonnen werden:

Prinzip der Versuchsdurchführung:

Es wird ein bevorstehendes Hochwasserereignis abgewartet, was einige Geduld und Koordination erfordert. Alles muß vorbereitet und auf Abruf einsatzbereit sein. 6 Personen sind an der Arbeit im Gelände beteiligt. Die Wasserprobenahme für die bakteriologische Analyse sowie der Ansatz der Petrifilme im Gelände werden ausschließlich von mir selbst und von Elmar Pröll, Leiter des Nationalpark-Labors durchgeführt.

Zeitraumen der Ereigniskampagne: 24 Stunden

4.7.2000, 14:40 Uhr bis 5.7.2000, 14:40 Uhr

Quelle: Steyern Quelle

Die Messung erfolgt an der üblichen Monitoring-Meßstelle aus dem Schlauch aus der Quelfassung (Übersprung STEY-MB5)

Petrifilme:

Laut dem durchgeführten Vorversuch erfolgt die

- Inkubation bei:
- a) 6°C (mittlere Quelltemperatur) – für 6 Tage
 - b) 22°C – für 48 Stunden
 - c) 30 °C – für 48 Stunden

Gußschalen:

Inkubation bei 22°C – für 48 Stunden

An derselben Meßstelle werden im 15 Minutentakt Wasserproben entnommen, die Feldwerte gemessen und die Schüttung beobachtet und zwar nach folgendem Schema:

Ereigniskampagne 2							Diplomarbeit: Thyr Petra, Graz		
4.7.2000 14:40 Uhr bis 5.7.2000 14:40									
Probenahmeplan:									
je 2 Ansätze!!									
Nr. (A+B)	Uhrzeit (nach x min)	P 22°C	P 6°C	P 30°C	G	I	alle "Feldwerte"	Schüttung	
1	0	x	x	x	x	x	x	x	
2	15	x					x	x	
3	30	x	x	x			x	x	
4	45	x					x	x	
5	60	x	x	x	x	x	x	x	
6	75	x					x	x	
7	90	x	x	x			x	x	
8	105	x					x	x	
9	120	x	x	x	x	x	x	x	
usw.	usw.								
P.....KBE/Petrifilm									
G.....KBE/Gußschale									
I.....Indikatorkeime									
Feldwerte: Wasser- und Luft-Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt in mg und %									

Tab.20: Ereigniskampagne 2 - Probenahmeplan

Alle mikrobiologischen Parameter – auch die Petrifilme – für denselben Zeitpunkt werden aus ein und derselben Wasserprobe bestimmt.

Labormethode/ Gußschalen:

Stündlich wird eine Wasserprobe entnommen, die für die Koloniezahl (Gußschale, 22°C) und für die Indikatorkeime bestimmt ist. Diese Proben werden nach dem Beimpfen der Petrifilme in der Kühltasche gelagert und in regelmäßigen Abständen ins Labor gebracht. Alle Ansätze im Labor erfolgen innerhalb einiger Stunden nach der Probeentnahme.

Geländermethode/Petrifilme:

Die Petrifilme werden laut Probenahmeplan im 15Minutentakt bzw. im 30 Minutentakt vor Ort in einer kleinen Holzhütte (DKM-Station des Hydrographischen Dienstes), die vor Wind und Regen schützt, beimpft. Danach werden sie in druckfesten Hartplastikbehältern in der Kühltruhe gelagert und in möglichst kurzen Abständen ins Labor zum Bebrüten gebracht. Der Beginn der Inkubation wird genau protokolliert.

Eine riesige Anzahl von Petrifilmen müssen zu verschiedenen Zeitpunkten inkubiert und später in der entsprechenden Abfolge dem Inkubator entnommen werden.

Um ein zeitgerechtes Auszählen der Ansätze zu ermöglichen, wird ein Großteil der Petrifilme nach der Inkubation eingefroren und innerhalb der nächsten 2 bis 3 Tage ausgezählt. Laut Hersteller ist das Einfrieren bis zu mindestens einer Woche problemlos möglich.

Beschreibung der Wetterentwicklung und der hydrologischen Situation:

Wie bei der ersten Ereigniskampagne sind auch in diesem Fall die online-Daten der DKM-Station des Hydrographischen Dienstes noch nicht verfügbar (siehe auch Kapitel „zeitliche Schwankungen“ – Hydrologische Situation).

Ich beschreibe daher die von uns protokollierte Situation:

Laut Wetterbericht ist ein Hochwasserereignis zu erwarten. Am frühen Nachmittag des 4.7.2000 ziehen immer mehr Wolken auf. Innerhalb kürzester Zeit verfärbt sich der Himmel schwarz. Um 14:38 Uhr setzt starker Regen ein und wir beginnen mit den Messungen. Die starken Niederschläge dauern allerdings nur etwas mehr als 30 Minuten. Erst am Abend von ca. 18 bis 23 Uhr fallen wieder Niederschläge. Der nächste Tag ist niederschlagsfrei.

04.07.00	14:40	Regen ab 2 Minuten vor erster Messung; starker Regen; schwarzer Himmel!
04.07.00	15:10	Regen fast aufgehört!
04.07.00	15:40	kein Regen ab 15:30 Uhr
04.07.00	15:55	Pegel: 136 cm; obere Übersprünge: trocken
04.07.00	16:25	sonnig
04.07.00	17:25	oberster Übersprung rinnt stark; viel mehr Wasser in Schlucht
04.07.00	17:55	Wasser/Klausgraben: sehr trüb, viel Material; dunkle Wolken;
04.07.00	18:10	es beginnt zu tröpfeln
04.07.00	18:55	leichter Regen
04.07.00	19:25	ordentlicher Regen
04.07.00	20:25	Regen etwas weniger; Schlucht: viel weniger Wasser; obere Übersprünge trocken
04.07.00	21:40	Regen viel weniger
04.07.00	22:55	kein Regen; sternenklarer Himmel;
05.07.00	1:55	bewölkt
05.07.00	14:40	leicht bewölkt

Tab.21: Ereigniskampagne 2 - Wetterentwicklung

Beim Jaidhausgraben-Ponor („JAPO“) auf der Feichtaualm setzt um 19 Uhr starker Niederschlag ein, der bis 22 Uhr anhält. Danach fallen im Beobachtungszeitraum keine Niederschläge mehr, mit Ausnahme eines Nieselregens um ca. 3 Uhr und von 5 bis ca. 7 Uhr

morgens. Diese Beobachtungen sind dahingehend sehr interessant, weil die Feichtaualm als Einzugsgebiet der Steyern Quelle gilt!

Das folgende Diagramm zeigt den Verlauf der protokollierten Schüttung (Schätzwerte) sowie der Lufttemperatur an der Steyern Quelle während des Beobachtungszeitraumes:

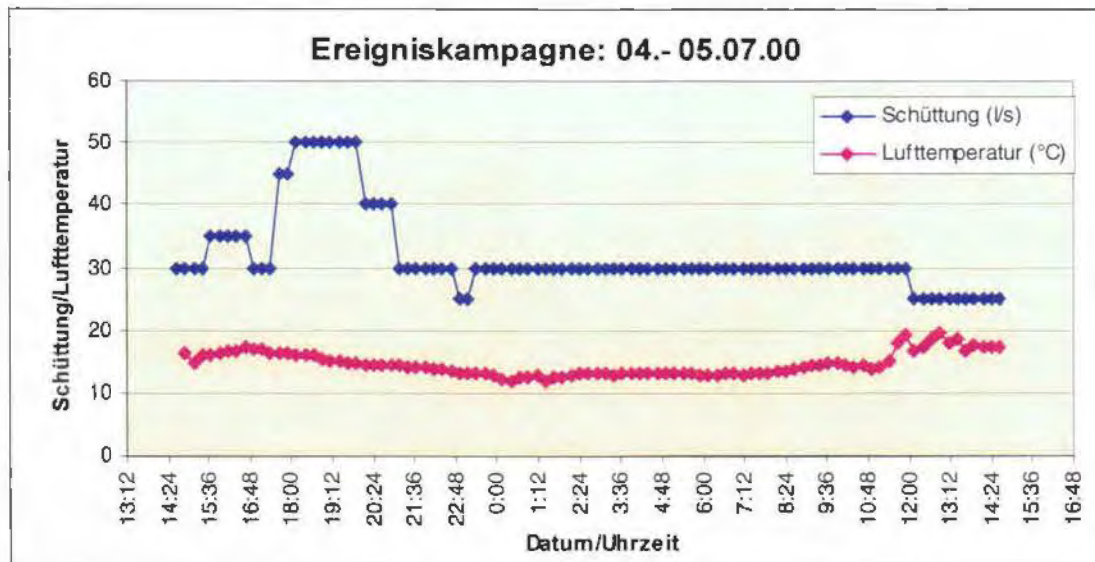


Abb.46: Ereigniskampagne von 04. Bis 05.07.00 – Schüttung und Lufttemperatur

Die tabellarische Übersicht der Ergebnisse ist sehr umfangreich und findet sich daher im Kapitel „Anhang“.

Berechnungen für die graphische Darstellung:

Für die Erstellung der Diagramme werden für alle 4 KBE-Methoden aus den Doppel-Ansätzen die Mittelwerte – in diesem Fall entsprechend dem Median – berechnet.

KBE – Labormethode:

Die 1 ml-Ansätze liefern fast ausschließlich unzählbare Ergebnisse, mit Ausnahme von 2 Datenpunkten, bei denen jeweils eine Wiederholung zählbar ist. Wie bei der ersten Ereigniskampagne möchte ich im Diagramm den KBE-Verlauf nicht durch unterschiedliche Verfahren, wie man zum Ergebnis kommt, verfälschen.

Daher werden ohne Ausnahme auch die 2 entsprechenden Einzelergebnisse aus dem verdünnten Ansatz hochgerechnet.

KBE – Geländemethode:

Bei allen drei Inkubationstemperaturen ergeben die Petrifilme sehr hohe Koloniezahlen, sodaß nur ein Teil des Rasters ausgezählt und hochgerechnet wird.

Bei 22°C und 30°C wird bei allen Petrifilme nur ein Rasterkästchen ausgezählt und hochgerechnet.

Bei 6°C werden zum Teil ein, zum Teil 4 Rasterkästchen hochgerechnet.

Dies ist exakt in der Übersichtstabelle (Kapitel „Anhang“) ersichtlich.

Koloniezahl 22°C:

Auf die Petrifilm - Ergebnisse wird die Umrechnungsformel angewendet und im Diagramm als „KBE berechnet“ dargestellt.

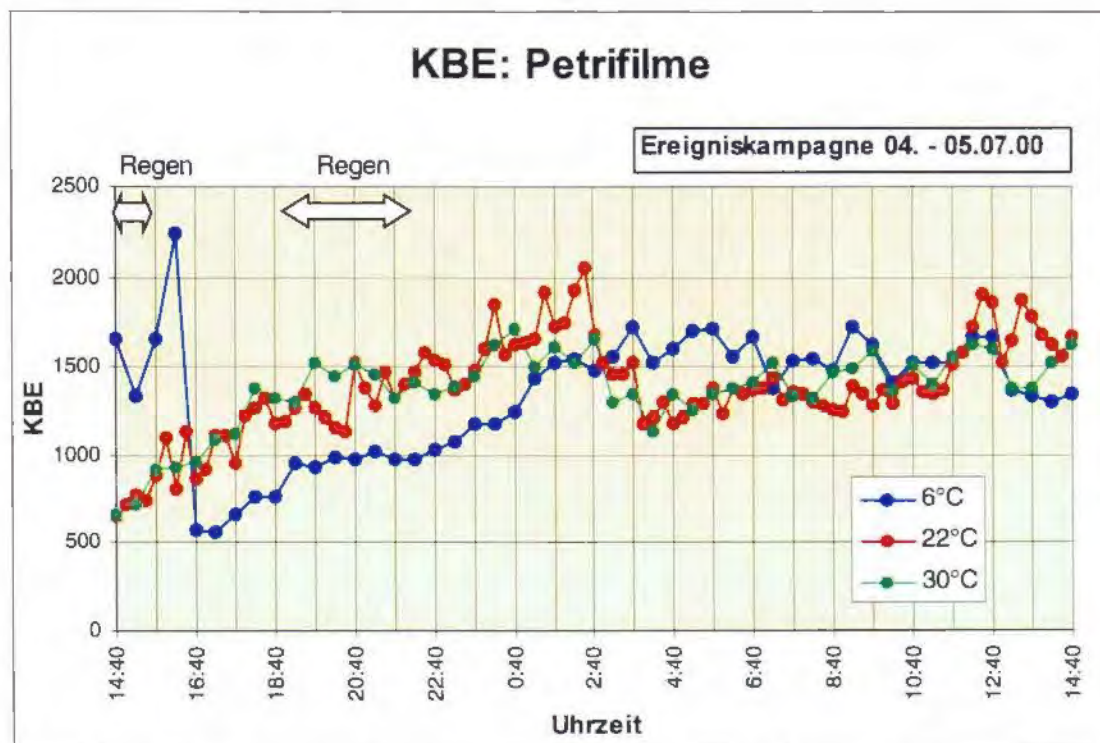
Graphische Darstellung:

Abb.47: Ereigniskampagne von 04. Bis 05.07.00 – Ausschwemmungskurven für Bakterien mit verschiedenen Temperaturoptima

„Regen“ bezieht sich auf den Niederschlag an der Meßstelle und Umgebung. Der 2. Niederschlag wird ca. zeitgleich auch im Einzugsgebiet beobachtet.

Die Ausschwemmungskurven für die Bakterien mit den verschiedenen Temperaturoptima zeigen einen unterschiedlichen Verlauf. Der Output der Keimfracht der „6°C Bakterien“ schwankt stark, vor allem während und nach dem ersten 52 Minuten dauernden Regen. Die Verläufe bei den „22°C und 30°C Bakterien“ sind ähnlich.

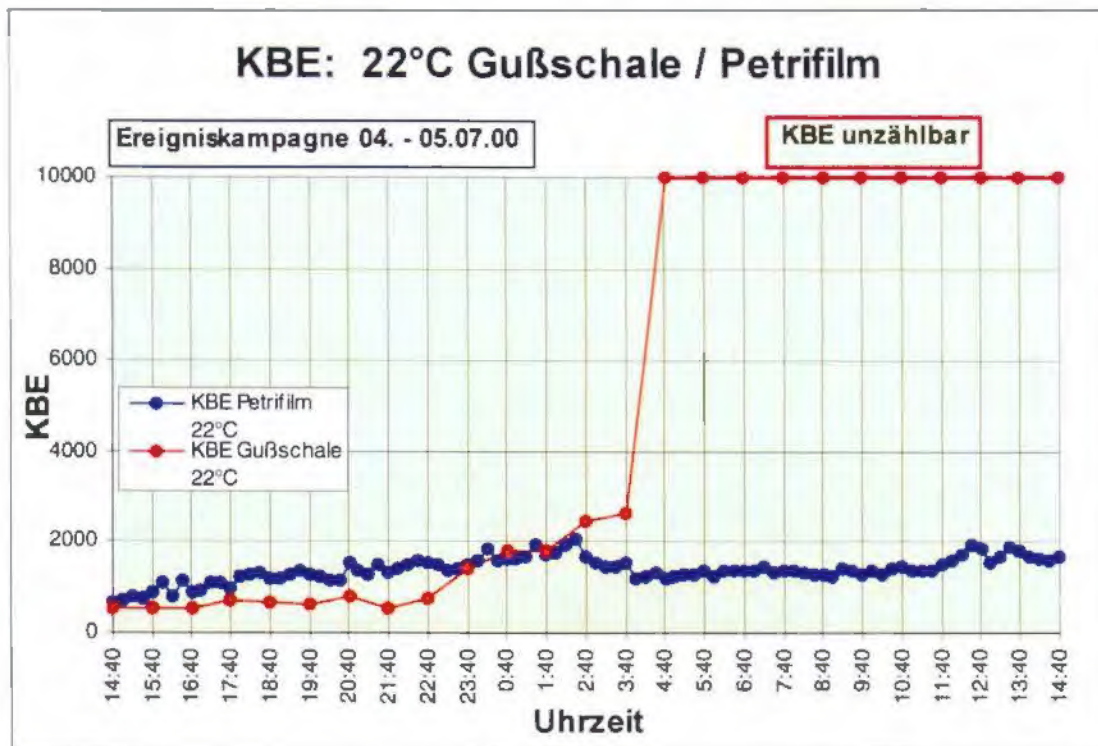


Abb.48: Ereigniskampagne von 04. Bis 05.07.00 - Koloniezahl

Die Koloniezahl wird mit beiden festgelegten Meßmethoden ermittelt. Es ist deutlich ersichtlich, daß man in höheren KBE-Bereichen mit den Gußschalen keine bewertbaren Ergebnisse mehr erzielt, im Gegensatz zu den Petrifilmen.

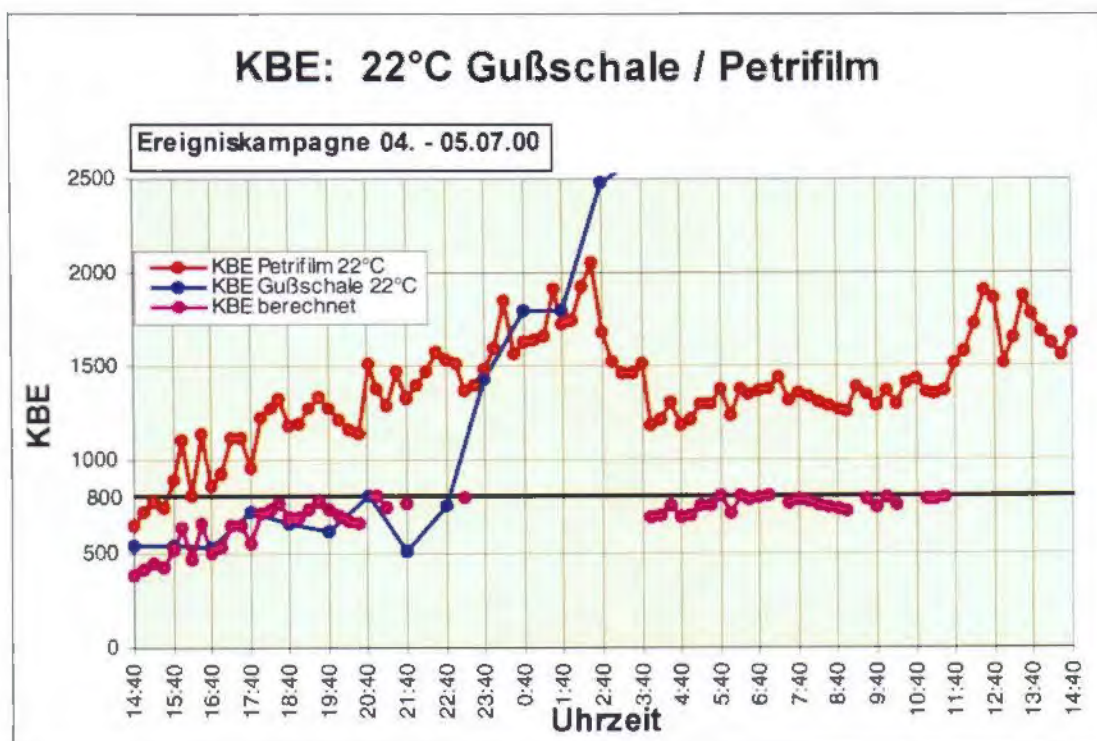


Abb.49: Ereigniskampagne von 04. Bis 05.07.00 - Koloniezahl + Anwendung der Umrechnungsformel

Das letzte Diagramm zeigt einen Ausschnitt der vorigen Darstellung. Zusätzlich wird hier die Umrechnungsformel für die Petrifilm-Methode angewendet. Es können allerdings nur diejenigen Werte umgerechnet werden, die auch im Gültigkeitsbereich liegen. Diese Grenze (KBE 800) ist graphisch dargestellt.

Es kann veranschaulicht werden, daß die aus den Petrifilmen berechneten Koloniezahlen recht gut mit den Gußschalen-Ergebnissen übereinstimmen.

5. INTERPRETATION

5.1. Interpretation der exakten Festlegung der Analysemethoden

Die ersten beiden Versuche dienen im Wesentlichen dazu, die geeignete Inkubationstemperatur festzulegen und den sicheren Umgang mit dem neuen Material Petrifilm zu festigen. Das betrifft vor allem das Hantieren im Gelände.

Laut Produktbeschreibung sind die Petrifilme bei 30 °C zu bebrüten.

Für die Nationalpark-Quellen wird routinemäßig neben den Indikatorkeimen nur die Koloniezahl/22°C erhoben. Für die Untersuchung an den Karstquellen ist eine niedrigere Bebrütungstemperatur die geeignetere.

Ich möchte prinzipiell davon ausgehen, bei beiden Methoden dieselbe Inkubationstemperatur zu wählen, damit die gleichen Bakterien wachsen.

Diagramme:

30°C eignet sich definitiv nicht als Inkubationstemperatur. Bei den Gußschalen/ 30°C sind die Koloniezahlen wesentlich höher, auch wären viele Gußschalen unzählbar aufgrund der verflüssigenden Keime.

Theoretisch sind die Ergebnisse folgender Meßmethoden ähnlich: Gußschale / 22°C und Petrifilm / 30°C. Allerdings sollen Bakterien gemessen werden, die sich bei derselben Temperatur vermehren. Man kann hier auf jeden Fall einen Vorteil des Petrifilms erkennen, der offensichtlich robuster ist, was die Inkubationstemperatur betrifft.

Bei 22°C schneiden die beiden Methoden relativ ähnlich ab.

Für alle weiteren Versuchsdurchführungen werden die beiden Meßmethoden wie folgt standardisiert:

Labormethode: KBE, Gußschalen, Inkubation bei 22°C und für 48 Stunden.

Geländemethode: KBE, Petrifilme, Inkubation bei 22°C und für 48 Stunden.

5.2. Interpretation der Methodenabsicherung

Es wird nachgewiesen, daß sich die Labormethode durch die Geländemethode ersetzen läßt. Die Petrifilme können an Stelle der Gußschalen eingesetzt werden. Allerdings führen erst einige statistische Überlegungen zu einer Umrechnungsformel:

5.2.1. Korrelationsanalyse und Festlegung eines breakpoints

1. Schritt: Korrelationsanalyse:

Begriff „Signifikanz“: Welches Risiko darf man auf sich nehmen, wenn man eine Hypothese verwerfen und die andere akzeptieren will? In der angewandten Statistik haben sich drei Werte unter der Bezeichnung Signifikanzniveau eingebürgert, nämlich $p=0,05$, $p=0,01$, $p=0,001$ (5%, 1%, 0,1%). Erhalten wir als Untersuchungsergebnis $p \leq 0,05$, so sagt man, das Ergebnis entspricht einer Signifikanz auf dem 5% Niveau. Die Wahl des richtigen Signifikanzniveaus muß sich am Forschungsgegenstand orientieren (BORTZ 1990).

In diesem Fall ist das 5% Niveau zu wählen. Ist die erreichte Irrtumswahrscheinlichkeit also klein genug, spricht man von einem signifikanten Ergebnis. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% liegt der Korrelationskoeffizient r bei 0,68. Je mehr sich r dem Wert 1 nähert, desto besser ist der Zusammenhang.

Mit Hilfe einer Korrelationsanalyse ist feststellbar:

Alle Werte-Paare (ohne unzählbare):

Korrelationsanalyse: $r = 0,76$ ($n=219$) ($p < 5\%$)

Es ist ein linearer Zusammenhang zwischen den beiden Methoden gegeben, der signifikant ist. Das läßt sich aus dem Korrelationskoeffizienten von 0,76 schließen. Auch die hohe Anzahl von 219 (!) Werte-Paaren spricht für das Ergebnis. Je mehr Wiederholungen für die Statistik herangezogen werden, desto besser.

Die Wahrscheinlichkeit, mit der der Zusammenhang nur zufällig ist, ist kleiner als 5 %. Das bedeutet, der Zusammenhang ist signifikant!

Daraus resultiert folgende Formel:

$$\text{KBE (Gußschale)} = 0,58 * \text{KBE (Petrifilm)}$$

Diese Formel ist für folgenden Datenbereich gültig:

	Gußschale (Labormethode)	Petrifilm (Geländemethode)
bis zu einem KBE-Wert von:	800	1380

Statistischer Hintergrund:

Der Zusammenhang zwischen der Labor – und der Geländemethode ist hoch signifikant ($p < 0,01\%$)!!

Die Korrelation ist mit einem Korrelationskoeffizienten von $r=0,95$ sehr gut und ist noch verbessert im Vergleich zur ersten berechneten Formel.

Die hohe Anzahl der Wiederholungen unterstreicht das Resultat: 197 mal wurden die Ergebnisse beider Meßmethoden miteinander verglichen.

Labor-Praxis:

Wenn für die Wissenschaft Analysen in höheren KBE-Bereichen von Interesse sind, muß angemerkt werden, daß die Datenerhebung mit Gußschalen eher problematisch ist.

Aufgrund von verflüssigenden Keimen müßten einige Ergebnisse mit „unzählbar“ bewertet werden. Durch die hohe Kolonie-Anzahl könnte nur die Verdünnung (0,1 ml – Ansatz) ein Ergebnis liefern. Vor allem bei einer hohen Koloniezahl ist bei den Petrischalen oft schlecht zu unterscheiden, ob es sich eventuell nur um Schmutzpartikel handelt.

Der Petrifilm bietet den Vorteil, daß er auch bei so hohen Koloniezahlen (bis KBE 1380) überhaupt noch Ergebnisse und vor allem verlässlichere Ergebnisse liefern kann (Petrifilm-Meßwerte streuen weniger; siehe Kap. Meßwert-Schwankungen). Die Kolonien sind durch die rote Färbung fast immer eindeutig von Schmutz zu unterscheiden. Verflüssigende Keime wachsen seltener und in einer viel geringerer Größe. In diesem Fall kann der Petrifilm aufgrund der Raster-Einteilung trotzdem bewertet werden, es fallen kaum Resultate durch „unzählbare Bewertung“ aus.

5.2.3. Meßwert – Schwankungen: Verlässlichkeit beider Methoden

Es ist für den Wissenschaftler von höchstem Interesse, wie groß der zufällige Fehler einer Messung ist d.h. wie sehr die Meßwerte für jede Methode streuen:

Zur Quellauswahl:

Für diese Überlegungen sollte ein breites Spektrum des KBE-Bereiches herangezogen werden. Die Quellen werden gezielt ausgewählt: Die Steyern Quelle und das Maulaufloch lassen meiner Erfahrung nach hohe, die Vordere und Hintere Rettenbachquelle niedrige Keimfrachten erwarten, natürlich abhängig von der Jahreszeit und der aktuellen hydrologischen Situation.

Diese Rechnung geht auch voll auf. Das gewonnene Datenmaterial deckt einen KBE-Bereich von ca. 0 bis 500 Kolonien ab.

Überlegungen zur Statistik:

Die Wahl der verteilungsfreien Statistik (auf Median aufbauend) erweist sich als die richtige Strategie.

Das kann im Kapitel „Meßwert-Schwankungen“ nachvollzogen werden.

Ein Problem in diesem Zusammenhang ist eventuell, daß der Variationskoeffizient (aufbauend auf Mittelwert) bekannter ist und daher bei Publikationen eher verlangt wird. Die Wahl des Medians ist trotzdem korrekt, hauptsächlich aus den Gründen der Vergleichbarkeit der Daten und der geringen Anzahl der Wiederholungen.

Die Spannweite in % vom Median ist ein verteilungsfreies Streuungsmaß und wird für die Darstellung der Meßwert-Schwankung herangezogen.

Diagramme:

Für die von mir erhobenen Daten gilt:

Die methodische Schwankung bei den Petrifilmen (KBE2) ist *immer* geringer als bei den Gußschalen (KBE1)!

Es ist weiters die Tendenz ersichtlich, daß vor allem bei niedrigen Koloniezahlen – KBE zwischen 0 und 100 – die Streuung beider Meßmethoden besonders hoch ist. D.h. bei sehr niedriger Keimbelastung werden die gemessenen Werte immer unverlässlicher. Gerade in diesem Meßbereich schneiden die Petrifilme deutlich noch wesentlich besser ab.

Für sehr niedrige Koloniezahlen kann ich nur eine starke Tendenz zu noch größerer Streuung – und daher größeren Meßfehlern - vermuten, da meine niedrigsten KBE-Meßwerte 17 (Gußschale) bzw. 41 (Petrifilm) betragen.

Letztes Diagramm:

Die drei stärksten Abweichungen (WULU, MAUL 28.9.99, VRQ 28.9.99) sind vermutlich durch eine niedrige Koloniezahl (Mediane ca. bis 100) begründet: Hier weisen die Gußschalen eine deutlich höhere Streuung auf, wie es in den vorigen Diagrammen sehr schön dargestellt ist. Bei dieser Darstellung ist nämlich nicht berücksichtigt, um welchen KBE – Bereich es sich handelt.

5.3. Interpretation der weiterführenden statistischen Analysen

5.3.1. Zeitliche Schwankungen

An beiden Daten der Probeentnahme ist eine konstante hydrologische Situation zutreffend, was Voraussetzung für die weitergehenden Überlegungen ist.

Statistische Überlegungen zu den Berechnungen:

Als erster Schritt wird die Streuung – die Spannweite in % vom Median – berechnet und zwar bezogen auf die Meßmethode und auf den entsprechenden KBE-Bereich (in allen Fällen KBE 0 bis 100).

Spannweite in % vom Median (KBE-Bereich 0 bis 100):		
	im schlechtesten Fall	im Median
Gußschalen	82,4%	71,1%
Petrifilme:	48,8%	32,1%

Den Median der prozentuellen Spannweiten möchte ich aber für die Beurteilung nicht heranziehen, nachdem bei KBE1 nur 4 und bei KBE2 nur 3 Werte als Grundlage dienen können.

Dieser Wert ist rein als Zusatzinformation vorgesehen.

Die 82% bzw 49% Spannweite entsprechen dem von mir gemessenen schlechtesten Fall, mit dem man rechnen muß! Dies kann als der repräsentative Wert angesehen werden.

In diesem Zusammenhang ist zu bedenken, daß tendenziell bei sehr niedrigen Koloniezahlen die Spannweite vermutlich noch weiter ansteigt und solche Werte gar nicht in meine Berechnung mit eingegangen sind.

Diagramme:

In 9 von 12 Meßreihen bezüglich der natürlichen zeitlichen Grundschwankung der KBE resultieren bei der zeitlichen Schwankung kleinere Zahlenwerte als bei der determinierten Grundgenauigkeit der Meßmethode. Es kann daher beides nicht voneinander unterschieden werden!

Die drei Fälle, die dem nicht entsprechen, sind allerdings leicht interpretierbar:

Hintere Rettenbachquelle, am 14.12.1999, beide Meßmethoden;

Vordere Rettenbachquelle, am 14.12.1999, Petrifilme;

Die KBE-Mediane dieser 3 Meßreihen liegen bei 8, 9 und 10 Kolonien. Der jeweilige höchste Meßwert (Median) der 4 Zeitpunkte liegt bei 13, 12 bzw. 13 Kolonien.

Es tritt also jener Fall ein, der oben bereits erwähnt wurde. Es handelt sich um sehr niedrige Koloniezahlen. Die niedrigsten – von mir gemessenen – KBE-Werte betragen 17 (Labormethode) bzw. 41 (Geländemethode) Kolonien.

Ich gehe davon aus, daß in diesen Fällen die Streuung auf jeden Fall noch größer ist als die mit meinen Meßwerten berechneten Spannweiten.

Es ist naheliegend, daß diese drei Meßreihen gleich beurteilt werden können wie die anderen 9 Fälle.

Man kann also auf Grund der graphischen Darstellungen und den dazugehörigen statistischen Überlegungen davon ausgehen, daß die natürliche zeitliche Grundschwankung nicht von der methodologischen Schwankung des Meßwertes unterschieden werden kann.

Bei stabilen hydrologischen Verhältnissen und einem überschaubar kurzen Zeitraum kann man den Zeitfaktor im Grunde vernachlässigen.

5.3.2. Räumliche Schwankungen

Beim ersten Probenahme-Datum kann Niederwasser, beim 2. Datum mittlere Schüttung an beiden Quellsystemen beobachtet werden. Zu beiden Zeitpunkten ist eine konstante hydrologische Situation zutreffend.

Statistische Überlegungen zur Berechnung:

Nach demselben Schema wie bei den zeitlichen Spannweiten wird die Streuung berechnet und zwar bezogen auf die Meßmethode und auf den entsprechenden KBE-Bereich.

Der Median der prozentuellen Spannweiten ist mit derselben Begründung wie oben nur als Zusatzinformation vorgesehen.

Diagramme:

Für das Quellsystem der Steyern Quelle läßt sich in allen Auswertungen keine Aussage für eine räumliche Schwankung treffen, bzw. können die räumliche und die Meßwert-Schwankung nicht voneinander unterschieden werden. Das heißt, die einzelnen Übersprünge sind sich mikrobiologisch ähnlich.

Etwas diffiziler verhält es sich am Quellsystem der Hinteren Rettenbachquelle:

HRQ-DKM:

Gesondert zu betrachten ist der Quellaustritt HRQ-DKM.

Ich habe gute Gründe, diesen Übersprung nicht in die Beurteilung der räumlichen Schwankung miteinzuschließen:

Beim bisherigen Monitoring wurden an der HRQ-DKM mikrobiologische Analysen deshalb durchgeführt, weil an derselben Stelle die DKM-Station installiert ist (Digitales Karstquellen-Meßnetz des Hydrographischen Dienstes).

Meiner Meinung nach sind die mikrobiologischen Analysen für die HRQ-DKM allerdings nicht sinnvoll, da hier ein grundsätzliches Problem bei der Probenahme dahingehend besteht, daß an der Probenahmestelle überhöhte Koloniezahlen im Vergleich mit den anderen Quellübersprüngen festzustellen sind.

Dies ist einfach zu erklären, nachdem die Wasserprobe hier von der Oberfläche (!) abgeschöpft werden muß. An diesem Übersprung quillt das Quellwasser vom Boden herauf in den (durchschnittlich $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ m tiefen) Fischteich. An der Stelle ist eine Holzkiste mit Deckel montiert, der bei der Messung angehoben und die Probe entnommen wird.

Dieser Quellaustritt wird definitiv in dieser Beurteilung ausgeschlossen.

Die Rohdaten bleiben in der Übersichtstabelle (Kapitel „Anhang“) ersichtlich.

HRQ, Probenahme am 16.08.99, beide Meßmethoden:

Es trifft dieselbe Aussage zu wie bei der Steyern Quelle.

HRQ, Probenahme am 10.05.00, beide Meßmethoden:

Bei einigen Quellaustritten kann die räumliche Schwankung von der grundsätzlich anzunehmenden „Basisschwankung“ unterschieden werden.

Es wird also nachgewiesen, daß es bei unterschiedlichen hydrologischen Situationen durchaus zu einer Differenzierung der Keimfracht im HRQ-Quellsystem kommt.

Allerdings hätte man an diesem System solch einen Befund durchaus auch erwartet. Interessant ist, daß diese Differenzierung am selben Tag an der Steyern Quelle nicht zu beobachten ist. Aber auch das hätte man durchaus erwartet, insbesondere, weil die Hintere Rettenbachquelle eindeutig komplexer ist als die Steyern Quelle:

Durch die komplexe Ausformung der Quellen streicht das Karstwasser der HRQ über die unterschiedlichsten Oberflächen und hat auch leicht verschiedene Laufzeiten, Fließgeschwindigkeiten und andere differenzierende Einflüsse am Punkt des Zutagetretens. Dieser Befund ist ein weiterer Hinweis, daß man den Karstwasserkörper aus mikrobiologischer Sicht nicht ohne weiteres als ein Kontinuum betrachten kann.

Warum diese Entwicklung gerade im Mai beobachtet wird, kann vielleicht damit erklärt werden, daß laut MENNE (1997 e) überhaupt das Frühjahr der Zeitpunkt mit den höchsten Keimzahlen im HRQ-Subterraneum zu sein scheint.

Als ein weiteres Argument kann angeführt werden, daß es sich in beiden Fällen um sehr niedrige Koloniezahlen handelt. Der Median der KBE-Werte aller Quellaustritte liegt bei 18 bzw. 20. Es verhält sich vermutlich so, daß die Gußschalen wie die Petrifilme gerade in diesem KBE-Bereich noch mehr streuen, als dies durch meine Berechnungen berücksichtigt werden kann (siehe „Meßwert-Schwankungen“)

Für die Zukunft sollte man festhalten, daß bei einem Monitoring die Messung gerade an der Hintere Rettenbachquelle möglichst immer am selben Übersprung erfolgen sollte, was in der Praxis jedoch nicht immer möglich ist (z.B. Übersprung fällt trocken; Tierkot). Der Quellaustritt HRQ-DKM ist für das mikrobiologische Monitoring jedenfalls eine schlechte Wahl.

5.4. Interpretation der Ereigniskampagnen

5.4.1. Interpretation der Ereigniskampagne 1 – detailliertere Ausschwemmungskurven

Das Ergebnis dieser Ereigniskampagne ist ausgesprochen vielversprechend: Die Messungen mit den Petrifilmen lassen sich gegenüber der herkömmlichen Methode tatsächlich in viel kürzeren Zeitabständen bewerkstelligen. Durch die feldtaugliche Anwendung und die Einfachheit der Testdurchführung ist es möglich, die Koloniezahl im 15 Minutenabstand und mit Doppelansatz zu messen.

Darüber hinaus können auch zwei wesentliche Erkenntnisse gewonnen werden:

Erstens bleiben sämtliche Feldwerte (Wassertemperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Lufttemperatur) während der ganzen Kampagne praktisch gleich, zeigen also nicht die deutliche Veränderung bei der mikrobiologischen Keimfracht an.

Zweitens wird der Nachweis erbracht, daß bei der herkömmlichen 3-Stundenintervall-Messung die reale Ausschwemmungskurve nicht annähernd erfaßt wird. Für die Verfolgung der mikrobiologischen Fracht an der Quelle bedarf es nämlich tatsächlich wesentlich kürzerer Meßintervalle.

Detaillierte Betrachtung:

Diagramme:

Übereinstimmend zu den bisherigen Erkenntnissen (Kapitel „Methodenabsicherung“) ergeben die Petrifilme etwas höhere KBE-Werte als die Gußschalen. Bezüglich des Peaks ist zu berücksichtigen:

„Unzählbar“ heißt nicht automatisch, daß bei diesem Datenpunkt die Gußschale eine höhere KBE zeigt. Eher ist anzunehmen, daß die Koloniezahl niedriger als die der Petrifilme ist und daß sie nur nicht auswertbar ist! Das heißt mit den Petrifilmen erzielt man auch in höheren KBE-Bereichen noch Ergebnisse, was gerade für die Mikrobiologie in der Karst-Forschung von Vorteil sein kann.

Der Verlauf zeigt vor allem eines ganz deutlich: Hätte der Meßintervall ab 14 Uhr je 30 Minuten betragen, hätte man den Peak nicht erfaßt. Das Konzept der verkürzten Meßintervalle muß auf jeden Fall weiterverfolgt werden.

Dynamik der mikrobiologischen Fracht:

An der Steyern Quelle muß nach dem bisherigen Datenmaterial der Karstquellen-Monitorings prinzipiell mit hohen Keimfrachten gerechnet werden – natürlich abhängig von der Jahreszeit und der aktuellen hydrologischen Situation.

Im Fall der Ereigniskampagne hat ein relativ kurzer mittlerer Regenguß ausgereicht, um einen Teil der mikrobiologischen Fracht aus dem Boden zu mobilisieren. Es resultiert ein Peak bei der Koloniezahl sowie parallel dazu bei den E. coli -, Coliformen – und Enterokokken – Frachten.

Der plötzliche Anstieg der Keimfracht bald nach dem Beginn der ersten Niederschläge verdeutlicht die sensible mikrobiologische Situation an dieser Quelle. Man bedenke, daß für ein Trinkwassergutachten der Grenzwert für die KBE /22°C bei 100 pro ml liegt!

Wodurch kann erklärt werden, wie sensibel die Quelle auf Niederschläge reagiert?

Als Einzugsgebiet der Steyern Quelle gilt die Feichtaualm – Jaidhausgraben (Sengsengebirge), also Nationalpark-Gebiet.

Dieses Gebiet wird von HASEKE (2000 b) folgendermaßen beschrieben: Die flache Karsttalung mit ihren Ponoren und Dolinen ist ein sehr problematisches Almgelände. Das unbeaufsichtigte Weidevieh dringt in zahlreiche sensible Feuchthereiche über dem Karstboden ein und verursacht zunehmend Bodenverluste und Wasserprobleme. Hier tritt die Dynamik, die zur Aufgabe von Bergweiden infolge „Verkarstung der Almen“ geführt hat, eindrucksvoll in Erscheinung.



Foto 12: Ponor auf der Feichtaualm



Foto 13: Jaidhausgraben - Feichtaualm

MENNE (2000) stellt fest, daß neben den Jahreszeiten und der Quellgröße (unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten und Verweilzeiten) vor allem das Einzugsgebiet wesentlich die Keimzahlen aller mikrobiologisch untersuchten Gruppen bestimmt (Quellen aus dem Waldkarst, Felskarst, aus Karstgebieten mit geringer und intensiver Almwirtschaft). Die tendenziell höchsten Keimzahlen gibt es an Quellen mit deutlichem Einfluß von Almwirtschaft.

Die Steyern Quelle ist in letztere Gruppe einzuordnen.

Speziell an der Steyern Quelle dürfte die Almwirtschaft im Einzugsgebiet einen wesentlichen Einfluß auf die Keimfrachten haben.

Im allgemeinen stellt sich jedoch aus karstmikrobiologischer Sicht die Frage, ob es sich bei hohen Keimzahlen wirklich um eine Verunreinigung, oder um einen endogenen Prozeß des Karstsystems handelt, den man mithin als „natürlich“ bewerten muß.

5.4.2. Vorversuch für die Ereigniskampagne 2

Quellenauswahl:

Für diese Überlegungen sollte ein breites Spektrum des KBE-Bereiches herangezogen werden und daher finden die Probeentnahmen wiederum an den 4 ausgewählten Quellen statt.

Da für die Ereigniskampagne 2 die Inkubationstemperatur für die Petrifilme variiert wird, muß man aufgrund der RGT-Regel unterschiedliche Inkubationszeiträume wählen.

Nachdem bei 6°C das Bakterienwachstum wesentlich langsamer abläuft, ist mit einer wesentlich längeren Inkubationszeit zu rechnen.

Berechnungen:

Koloniezahl, Petrifilme, Inkubationstemperatur 22°C, Inkubationszeit 48 Stunden

Diese Meßmethode ist im Zuge dieser Diplomarbeit festgelegt worden und dient für die Berechnung als Ausgangspunkt.

Die Berechnungen sind im Kapitel „Ergebnisse“ genau nachvollziehbar.

Unter der Annahme, die KBE ist konstant 100, errechnen sich folgende äquivalente Inkubationszeiträume:

6°C: 6 d 1 h 31 min bis 18 d 9 h 6 min

30°C: 15 h 50 min bis 1 d 3 h 34 min

Theoretisch sollte in diesen Zeitintervallen die Koloniezahl im Bereich um 100 liegen.

Die Konstante KBE=100 wurde gewählt, weil dies in der Labor-Praxis ein schöner Bereich zum Auszählen der Kulturen ist. Rein inhaltliche Überlegungen führen zu derselben Annahme, da gerade dieser KBE-Bereich für eine Trinwasseranalyse interessant ist.

Festlegung der Inkubationszeiträume (Koloniezahl, Petrifilme):

Um eine sinnvolle Arbeitsweise in der Laborpraxis zu ermöglichen, müssen für die Inkubationszeiträume ganze Tage gewählt werden.

22°C:

Es sind 48 Stunden als Inkubationszeitraum festgelegt. Im entsprechenden Diagramm (Kapitel "Ergebnisse") liegen die Koloniezahlen der 4 mikrobiologisch unterschiedlichen Quellen nach 2 Tagen im Schnitt im optimalen Bereich, nämlich grob um 100 Kolonien. Einen Tag später weist eine Quelle bereits eine KBE von ca. 500 auf.

Der Inkubationszeitraum von 48 Stunden kann also nur bestätigt werden.

30°C:

Der berechnete Inkubationszeitraum (ausgehend von der 22°C-Arbeitsmethode) liegt zwischen 15 h 50 min und 1 d 3 h 34 min.

Allerdings sind nach einem Tag bei allen Quellen – auch bei der MAUL – noch nicht sehr viele Kulturen gewachsen, weit entfernt vom Bereich um 100.

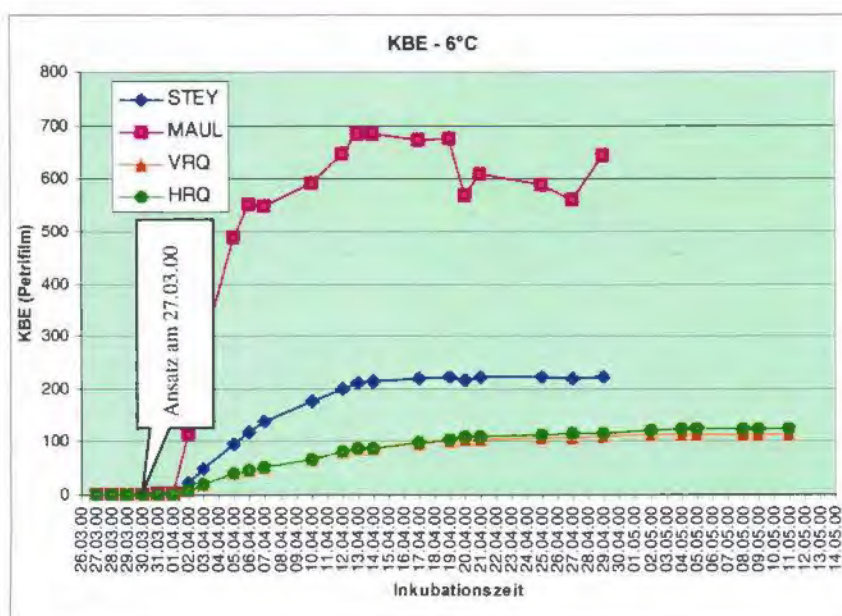
Nachdem in den Standardmethoden in der Wasseranalytik für die Koloniezahlen bei 22°C und 37°C 48 Stunden als Inkubationszeitraum festgelegt sind, möchte ich in diesem Fall für die Petrifilme, 30°C denselben Zeitrahmen wählen. Das macht auch bezüglich des Diagramms Sinn. Nach 48 Stunden liegen die Koloniezahlen ca. zwischen 20 und 150.

6°C:

Der berechnete Inkubationszeitraum (ausgehend von der 22°C-Arbeitsmethode) liegt zwischen 6 d 1 h 31 und 18 d 9 h 6 min.

Laut meinem Diagramm liegt der optimale Zeitpunkt nach 6 Tagen vor. Nach 7 Tagen Bebrütungszeit (03.04.00) liegt die Koloniezahl der Maul schon bei 276 !

(Abb.43:)



5.4.3. Interpretation der Ereigniskampagne 2 – Zusammensetzung der Biozönose

▪ Karstmikrobiozönose:

Obwohl die Keimzahlbestimmung viele Fragen offen läßt, können zusätzliche biozönotische Informationen durch die Variation der Inkubationstemperatur gewonnen werden:

Der Regen hat 2 Minuten vor der ersten Messung eingesetzt. Wenn man davon ausgeht, daß ganz zu Beginn der Kampagne die Keimfrachten noch kaum vom aktuellen Niederschlag beeinflußt sind, ist feststellbar:

Es ist ein hoher Anteil an Organismen vorhanden, die auch bei der niedrigen Quelltemperatur wachsen können. Der Anteil an Bakterien mit höherem Temperaturoptimum, der auf allochthone Organismen schließen läßt, ist ca. um den Faktor 2,5 niedriger.

Es dominieren quantitativ Bakterien, die sich physiologisch an die Gegebenheiten angepaßt haben, d.h. ein niedriges Temperaturoptimum haben.

Aufgrund dieser Verteilung kann man davon ausgehen, daß die Biozönose gut an das Subterraneum angepaßt ist.

Niederschlagsereignis:

In den nächsten Stunden ändert sich die Zusammensetzung der mikrobiologischen Keimfracht wesentlich: Während die Bakterien mit 22°C und 30°C Temperaturoptimum stetig immer weiter ansteigen, zeigen die Keime mit niedrigem Temperaturoptimum nach 1 ½ Stunden einen Peak nach oben, um dann innerhalb der nächsten 30 Minuten stark abzufallen.

Dies könnte folgendermaßen erklärt werden:

Durch die Niederschläge werden transistäre allochthone Organismen aus dem Boden mobilisiert und in das Subterraneum eingebracht. Daher steigt mit der Zeit der Output an der Quelle stetig an. Etwas anderes wäre auch nicht zu erwarten.

Der Verlauf der Ausschwemmungskurve für Bakterien mit niedrigem Temperaturoptimum ist ein ganz anderer. Der Peak nach 1 ½ Stunden könnte einem Ausschwemmen der natürlichen

autochthonen Mikroorganismen gleichkommen, was mit der unterirdischen Entwässerung der Niederschläge am Berg einhergeht.

Das starke Abfallen des Verlaufs würde ich so interpretieren, daß nach dem ersten starken unterirdischen Durchfluß ein gewisser Teil der mobilen Anteile der Karstmikrobiozönose ausgeschwemmt ist. Zu diesem Zeitpunkt ist die Keimfracht am niedrigsten. Ein anderer Teil hält sich noch in den laminar durchströmten Anteilen des Subterraneums auf und wird in verdünnter Weise weiterhin ausgeschwemmt. Nach dem Tiefpunkt der Verlaufskurve (nach dem starken Abfall, 16:40 bis 17:10 Uhr) vermischen sich die unterirdischen Wässer und daher steigt der Output der Keimfracht (6°C) wieder stetig an.

Eigentlich gibt es erst sehr wenige Studien, die auch nur annähernd die Situation der Mikroben im Karst beschreiben. Dies liegt vor allem daran, daß sich bisher noch zu wenige Forscher mit dem Thema von „innen“, also im Karstsystem selbst, auseinandergesetzt haben. Die Studien von B. Menne verdeutlichen, wie komplex die Zusammenhänge der Mikrobiologie im Karst sind.

Laut MENNE (1997 d) könnte beispielsweise die weitverbreitete Vorstellung, daß Bakterien vorwiegend Driftkörper im Karst sind, möglicherweise nicht allzuviel mit der Realität gemein haben. Der Autor befaßt sich in den vergangenen Jahren mit der Organismengruppe der Myxobakterien bezüglich Untersuchungen sessiler Mikrobiozönosen in Karstsystemen.

▪ Zum Methodenvergleich:

Diagramme: KBE 22°C Gußschale / Petrifilm:

Man kann im Diagramm gut erkennen, daß der Verlauf der „KBE berechnet“ mit dem der „KBE Gußschale“ recht gut zusammenpaßt, ca. bis zu einem breakpoint von KBE/Gußschale:800.

Die Petrifilme haben nicht nur den Vorteil der feldtauglichen Anwendung und der Möglichkeit von wesentlich kürzeren Meßintervallen (durch die Einfachheit in der Testdurchführung und in der Auswertung).

Mit Hilfe dieser Meßmethode kann man auch im Bereich höherer Koloniezahlen noch Ergebnisse bekommen, was mit den Gußschalen ein Problem darstellt (siehe Übersichtsdiagramm).

Vor allem ist diesen Ergebnissen durch Berechnung mit Hilfe der Petrifilme mehr Vertrauen zu schenken als mit den Gußschalen-Ergebnissen (siehe Kapitel „Meßwert-Schwankungen“).

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Ergebnisse dieser Studie sind ausgesprochen vielversprechend und können wie folgt zusammengefaßt werden:

- **Die Geländemethode (Petrifilm - KBE) stellt eine geeignete Alternative zum Plattengußverfahren dar.**

Die beiden KBE-Meßmethoden korrelieren sehr gut miteinander, bis zu einem breakpoint von KBE (Gußschale) ≤ 800 , entsprechend KBE (Petrifilm) ≤ 1380 . Der Zusammenhang ist hoch signifikant.

Das erscheint rein inhaltlich auch sinnvoll zu sein. Über einer Koloniezahl von 300 ist das Auszählen ohnehin schon recht schwierig und ungenau und für ein Trinkwassergutachten nicht mehr interessant. Für Forschungszwecke ist dieser Bereich aber sicher auch noch von einer gewissen Wichtigkeit. Über dem breakpoint ist eine Umrechnungsformel nicht mehr sinnvoll.

Für diesen Meßbereich ist folgende Formel anwendbar:

$$\text{KBE (Gußschale)} = 0,58 * \text{KBE (Petrifilm)}$$

Es wird weiters der Nachweis erbracht, daß die Petrifilme weit weniger streuen und somit folglich wesentlich verlässlicher sind.

- **Neue Erkenntnisse bezüglich der Erfassung der mikrobiologischen Dynamik an Karstquellen**

Bei einem Niederschlagsereignis an einer Karstquelle bleiben sämtliche Feldwerte (Wassertemperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Lufttemperatur) während der ganzen Kampagne praktisch gleich, zeigen also nicht die deutliche Veränderung bei der mikrobiologischen Keimfracht an.

Zweitens wird der Nachweis erbracht, daß bei der 3-Stundenintervall-Messung der herkömmlichen Hochwasser-Ereigniskampagnen die reale Ausschwemmungskurve nicht

annähernd erfaßt wird. Für die Verfolgung der mikrobiologischen Fracht an der Quelle bedarf es nämlich wesentlich kürzerer Meßintervalle. Diese lassen sich mit den Petrifilmen tatsächlich bewerkstelligen.

Obwohl die Keimzahlbestimmung viele Fragen offen läßt, können zusätzliche biozönotische Informationen durch die Variation der Inkubationstemperatur gewonnen werden.

An einer ausgewählten Karstquelle dominieren quantitativ Bakterien, die sich physiologisch an die Gegebenheiten angepaßt haben, d.h. ein niedriges Temperaturoptimum (6°C) haben.

Der Anteil an Bakterien mit höherem Temperaturoptimum (22°C und 30°C), der auf transistäre allochthone Organismen schließen läßt, ist ca. um den Faktor 2,5 niedriger.

Aufgrund dieser Verteilung kann man davon ausgehen, daß die Biozönose gut an das Subterraneum angepaßt ist.

- **Petrifilme sind vor allem für den Höhlenforscher oder für den Wissenschaftler, der im Freiland arbeitet, vielversprechend.**

Das Petrifilm-System bringt zwei wesentliche Vorteile mit sich:

1. Einen viel geringeren Arbeitsaufwand beim Ansatz sowie bei der Auswertung.
2. Die feldtaugliche Anwendung.

Bei den Monitorings und vor allem bei den Ereigniskampagnen sind der Anzahl der Beprobungen aus rein praktischen Gründen Grenzen gesetzt: Die Wasserproben müssen rechtzeitig ins Labor transportiert werden. Zusätzlich ist ein relativ großer Arbeitsaufwand bei der Probenbearbeitung, sowie ein Platzproblem bei der Inkubation zu berücksichtigen. Diese Grenzen können mit den Petrifilmen deutlich erweitert werden. Die Einfachheit der Testdurchführung auch im Gelände, die platzsparende Inkubation, die einfache Auswertung der Ergebnisse zeichnen Petrifilme aus.

- **Ansätze in der künftigen Karstwasserforschung**

Das Konzept der verkürzten Meßintervalle bei Niederschlags-Ereigniskampagnen muß unbedingt weiterverfolgt werden, um den Output der Keimfracht in seinem annähernd realen Verlauf zu erfassen.

Eigentlich gibt es erst sehr wenige Studien, die auch nur annähernd die Situation der Mikroben im Karst beschreiben. Dies liegt vor allem daran, daß sich bisher noch zu wenige Forscher mit dem Thema von „innen“, also im Karstsystem selbst, auseinandergesetzt haben. Die Studien von B. Menne verdeutlichen, wie komplex die Zusammenhänge der Mikrobiologie im Karst sind.

Laut MENNE (1997 d, S. 289-292) könnte beispielsweise die weitverbreitete Vorstellung, daß Bakterien vorwiegend Driftkörper im Karst sind, möglicherweise nicht allzuviel mit der Realität gemein haben.

7. LITERATURVERZEICHNIS:

BORTZ, J., LIENERT, G.A. & BOEHNKE, K. (1990): Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. Springer-Lehrbuch. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1990. S. 31 – 35.

DAUBNER, I. (1972): Mikrobiologie des Wassers. Herausgegeben von H. Grahneis und H. D. Münch; BLV-Verlagsgesellschaft 1972.

GÖTZINGER, G. & BAUER, F. (1952): Karsterscheinungen in den Voralpen. – Mitt. D. Geog. Gesellschaft Wien, 94. Bd., S. 83-91.

GRIMS, F. (1993): Karstquellen-Monitoring: Moosaufnahme. NPK 1993. Beilage zu: HASEKE (1993a): Forschungsprojekt Karstquellen-Monitoring 1993. 24 Seiten, mit Beilagen. März 1994.

HASEKE, H. (1994 - 1996): bestehend aus 3 unveröffentlichten Teilberichten: Quelldokumentation Teil I, II und III im Nationalpark Kalkalpen (TP 1603-7.3./94, TP 1603-7.3./95, TP 1603-7.3./96), Planungsabschnitt 1 und Randgebiete. - 1 Hauptbericht, Quelldossiers (Mappen) mit zahlr. Beilagen, Meßstellen-Stammdatenblätter. - Unveröff. Studie i.A. des Nationalparkes Kalkalpen - H. Haseke, Molln-Salzburg, Februar 1995 - Dezember 1996.

HASEKE, H. (1999 a): Nationalpark Karstprogramm, Forschungsprojekt Karstquellen-Monitoring 1998 und Ereigniskampagnen 1998. – 77 S., 35 Abb., Tabellen. – Unveröff. Bericht i.A. des Nationalpark Oberösterreichische Kalkalpen GmbH, Salzburg / Austria, Jänner 1999. S. 3.

HASEKE, H. (2000 b): Karstquellen-Monitoring 1999 und LIFE-Beweissicherung 1999. – 87 S., 176 Abb., 25 Tabellen, Fototeil, Kartenbeilagen und Quellen-Aufnahmeblätter. – Unveröff. Bericht i.A. der Nationalpark Oberösterreichische Kalkalpen GmbH, Salzburg-Molln / Austria, September 2000. S. 32.

HÜTTER, L. A. (1994): Wasser und Wasseruntersuchung. 6. Auflage. Otto Salle Verlag, Verlag Sauerländer AG, Frankfurt am Main. S. 171 – 173; 414 – 415.

ISO 6222 (1999): EUROPÄISCHE NORM: ISO 6222. Deutsche Fassung. Quantitative Bestimmung der kultivierbaren Mikroorganismen. Mai 1999.

KAYSER, H. F., BIENZ, K. A., ECKERT, J., ZINKERNAGEL, R.M. (1998): Medizinische Mikrobiologie. 9. Auflage, Georg Thieme Verlag. Stuttgart. S. 291 – 295.

KNOLL, M. (1991): Maulaufloch im Bodinggraben. Mittl. Verein für Höhlenkunde Sierning 1/91

MENNE, B. (1997d): Mikrobiologische Prozesse im Karst(wasser)körper – Proceedings of the 12th Int. Congress of Speleology 1997. Bd. 3, S. 289 – 292. La-Chaux-de Fond. S. 289 – 292.

MENNE, B. (1997e): Projektendbericht für das Nationalpark-Karstprogramm, Teilprojekt 7.5.3. : Sessile Mikrobiologie (Myxobakterien) im hochphreatisch-hydroklasalen Raum der Rettenbachhöhle, Stichprobenerhebungen im Einzugsgebiet. Mikrobielle Analytik III. 67 S., Abb. Und Tab. – Unveröffentlichte Studie im Auftrag des Nationalparks Kalkalpen, Mühlacker, Dezember 1997. S. 3-4.

MENNE, B. (2000): Quellmonitoring und Life Projekt im Nationalpark Kalkalpen. Beurteilung der Ergebnisse des Jahres 1999 aus karstmikrobiologischer Sicht. 16 S., 11 Abb. – Unveröff. Gutachten i. A. des Nationalparkes Kalkalpen, Mühlacker, Juli 2000. S. 15 – 16.

PRODUKTBESCHREIBUNG der 3M Petrifilm Aerobic-Count-Platten:
NOACK GmbH, Wien (siehe unten).

SCHMIDT, S. (1995): Karstquellen-Monitoring 1994 im Nationalpark Kalkalpen - Mikrobiologische Untersuchungen von Karstquellen. 12 S. – Unveröff. Bericht, Gleinstätten, März 1995. S. 7.

WEIGAND, E. und TOCKNER, K. (1996): Limnologische Charakterisierung ausgewählter Karstquellen im Nationalparkgebiet Nördliche Kalkalpen. Teilprojekt 1603 – 7.6./94 im Rahmen des Programmes „Karstdynamik“. – 105 S., zahlr. Tab., Abb., Fotos. – Unveröff. Studie i.A. des Nationalparkes Kalkalpen, Wien, Mai 1996.

WOLKINGER, F. (1996): Natur- und Nationalparks in Österreich. Austria medien service, Graz, 1996. S. 198 – 200.

KONTAKTADRESSEN:

3M Petrifilm Aerobic-Count-Platten

Produktbeschreibung, Interpretationshilfe und weitere Informationen erhältlich bei:

NOACK GmbH

Auhofstraße 190

1130 Wien

Austria

Tel.: 01 – 8775455 – 0

Fax: 01 – 8765443

3M

Mikrobiologische Produkte

3M Medica

Postfach 1462

46322 Borken

Germany

Tel.: (0049) 02861 – 803 – 433

Fax: (0049) 02861 - 63631

8. ANHANG

8.1. Petrifilme in der Praxis

Die Grenzen, die der Anzahl der Beprobungen beim mikrobiologischen Monitoring und bei den Ereigniskampagnen aus rein praktischen Gründen gesetzt sind, können mit dem Petrifilmsystem erweitert werden.

Aufgrund der Zeitersparnis werden die höheren Materialkosten der Petrifilme relativiert.

Meiner Einschätzung nach sind die Kosten aufgrund der deutlich verringerten Arbeitszeit ca. gleich einzustufen, mit deutlich verbesserten Möglichkeiten für die Forschung:

Das Petrifilm-System bringt zwei ganz wesentliche Vorteile mit sich:

1. Der viel geringere Arbeitsaufwand
2. Die feldtaugliche Anwendung

1. Ein viel geringerer Arbeitsaufwand:

Die Ausrüstung für den Einsatz im Gelände kann leicht vorbereitet werden und hat in einer tragbaren Kiste Platz, ausgenommen, es handelt sich um einen Versuch mit sehr vielen Messungen, z.B. eine Ereigniskampagne. In diesem Fall benötigt man eine große Anzahl an Glasflaschen für die Probeentnahme.



Foto 14: Vorderer Rettenbach - Petrifilmausrüstung

Der Ansatz der Petrifilme läßt sich tatsächlich im Gelände (Blindwert-Ansätze beweisen hygienisch einwandfreies Arbeiten) und in sehr kurzen Zeitintervallen bewerkstelligen. Es ist denkbar, in Zukunft in 5 Minuten-Intervallen und mit Doppelansatz zu arbeiten. Der Ansatz selbst benötigt nur einige Sekunden. Da es sich um rehydrierbare Trockennährböden handelt, ist keinerlei Vorbereitungszeit für die Nährbodenzubereitung und das anschließende Plattengießen notwendig.

Ein weiterer Vorteil ist die platzsparende Inkubation. Nach dem Ansatz können bis zu 20 Petrifilmen - jeweils in kleinen druckfesten Behältern übereinander gestapelt - gekühlt gelagert werden. Innerhalb von 24 Stunden sollten sie in den Inkubator gelegt werden, wo sie nur sehr wenig Platz beanspruchen. Dies bedeutet einen immensen Vorteil bei einer großen Anzahl von Messungen, wie es bei Ereigniskampagnen der Fall ist.

Die einfache Auswertung ist ein besonderer Vorteil des Petrifilm-Systems. Erstens ist vom Hersteller der Ansatz mit einer Verdünnung – entsprechend der 0,1 ml Verdünnungsreihe bei den Gußschalen – nicht vorgesehen. Es sind daher im Vergleich nur halb so viele Ergebnisse auszuwerten. Zweitens sind die Kolonien bei den Petrifilmen aufgrund der Rotfärbung fast immer sehr schön zu erkennen und von Schmutzpartikeln leicht zu unterscheiden. Meiner Einschätzung nach reduziert sich die Zeit beim Auswerten um die Hälfte.

Aufgefallen ist bei meinen Versuchen, daß sich in deutlich geringerer Anzahl Kolonien beim Anzüchten verflüssigen und wenn, dann ist nur eine kleine Fläche (Größenordnung 1/20 bis 1/10) betroffen. Durch den Raster stellt das Auszählen kein Problem dar. Petrifilme liefern also meiner Beobachtung nach auch in höherem Maße auswerthare Ergebnisse.

2. Die feldtaugliche Anwendung:

Petrifilme können in großer Anzahl sofort vor Ort angesetzt werden, ohne eine Unmenge von Material transportieren zu müssen. Zum Beispiel ist eine Beprobung in der Höhle durchaus vorstellbar.

Ein neuer Ansatz zur Erweiterung der Petrifilm-Geländemethode:

Es hat während meiner Diplomarbeit auch den Versuch gegeben, eine tragbare umfunktionierte Kühlbox (22°C) im Fahrzeug mitzutransportieren. Somit könnte die Inkubation eventuell aus dem Labor ausgelagert werden. Diese Möglichkeit wäre äußerst vielversprechend für z.B. länger dauernde Messungen an einem abgelegenen Standort. Diese Technik müßte man zuerst genauestens auf eine konstante Temperatur usw. überprüfen.

Die Petrifilme meiner Versuchsreihen wurden allerdings ohne Ausnahme im Labor bebrütet.

8.2. Liste der Tabellen, Diagramme und Fotos

Abbildungen:	Seite
Abb.1: Nationalpark Kalkalpen in Oberösterreich	12
Abb.2: Nationalpark Kalkalpen	12
Abb.3: Steyern Quelle und Maulaufloch	13
Abb.4: Hintere Rettenbachquelle	14
Abb.5: Vorder Rettenbachquelle	14
Abb.6: Arbeitsweise mit Petrifilm Aerobic-Count-Platten	25
Abb.7: Vergleich verschiedener Analysemethoden für die Koloniezahl	32
Abb.8: Vergleich verschiedener Analysemethoden für die Koloniezahl – Versuch2	34
Abb.9: Korrelationsanalyse mit allen Werte - Paaren	36
Abb.10: Korrelationsanalyse mit Werten bis $KBE1 \leq 1000$	38
Abb.11: Korrelationsanalyse mit Werten bis $KBE1 \leq 800$	39
Abb.12: Korrelationsanalyse mit Werten bis $KBE1 \leq 500$	39
Abb.13: Korrelationsanalyse mit Werten bis $KBE1 \leq 300$	40
Abb.14: Korrelationsanalyse mit Werten bis $KBE1 \leq 100$	40
Abb.15: Meßwert-Schwankungen der KBE (Gußschale)	47
Abb.16: Meßwert-Schwankungen der KBE (Petrifilm)	47
Abb.17: Meßwert-Schwankungen der KBE (beide Meßmethoden)	48
Abb.18: Streuung beider Meßmethoden im Vergleich	49
Abb.19 - 30: zeitliche Schwankung an verschiedenen Quellen und Probenahmedaten	57 - 62
Abb.31 - 38: räumliche Schwankung an verschiedenen Quellen und Probenahmedaten	70 - 73
Abb.39: Feldwerte der Ereigniskampagne am 10.08.99	79
Abb.40: Ereigniskampagne am 10.08.99 – Koloniezahl	80
Abb.41: Ereigniskampagne am 10.08.99 – E. coli, Coliforme und Enterococcen-Keimfrachten	80
Abb.42: Ereigniskampagne am 10.08.99 – Niederschläge an der Meßstelle	81
Abb.43: Wachstms-Verlaufskurven für 6°C	85
Abb.44: Wachstms-Verlaufskurven für 22°C	85
Abb.45: Wachstms-Verlaufskurven für 30°C	86
Abb.46: Ereigniskampagne von 04. Bis 05.07.00 – Schüttung und Lufttemperatur	94
Abb.47: Ereigniskampagne von 04. Bis 05.07.00 – Ausschwemmungskurven für Bakterien mit verschiedenen Temperaturoptima	95
Abb.48: Ereigniskampagne von 04. Bis 05.07.00 - Koloniezahl	96
Abb.49: Ereigniskampagne von 04. Bis 05.07.00 – Koloniezahl + Anwendung der Umrechnungsformel	96
Abb.50: Quellplan – Steyern Quelle	138
Abb.51: Quellplan – Hintere Rettenbachquelle	139

Tabellen:

Tab.1: Richtzahlen und Grenzwerte für die bakteriologische Trinkwasseruntersuchung	9
--	---

Tab.2: Übersicht über die Anordnung der einzelnen Versuche	31
Tab.3: Festlegung des breakpoints für die Korrelation	37
Tab.4: Berechnungen zur Meßwert-Schwankung	45
Tab.5: Zusammenfassung der Berechnung zur Meßwert-Schwankung	46
Tab.6: Probenahmeplan zur Untersuchung der zeitlichen Schwankung an der Quelle	51
Tab.7: Berechnung der prozentuellen Spannweiten a)	53
Tab.8: Berechnung der prozentuellen Spannweiten b)	54
Tab.9 und 10: statistische Berechnungen für die zeitliche Schwankung an der Quelle	55 - 56
Tab.11: Dokumentation der Probenahmestellen und der hydrologischen Situation – Versuch 6, HRQ	65
Tab.12: Dokumentation der Probenahmestellen und der hydrologischen Situation – Versuch 6, STEY	65
Tab.13: Berechnung der prozentuellen Spannweiten c)	67
Tab.14: statistische Berechnung für die räumliche Schwankung an der Quelle	68 - 69
Tab.15: Ereigniskampagne am 10.08.99 - Niederschlag	77
Tab.16: Ereigniskampagne am 10.08.99 – Rohdaten aller Ergebnisse	78
Tab.17: alle Rohdaten für die bei 6°C inkubierten Petrifilme	83
Tab.18: alle Rohdaten für die bei 22°C und 30°C inkubierten Petrifilme	84
Tab.19: Festlegung der Inkubationszeiträume	90
Tab.20: Ereigniskampagne 2 - Probenahmeplan	92
Tab.21: Ereigniskampagne 2 - Wetterentwicklung	93
Tab.22 - 30: Rohdaten der Ergebnisse der Versuche 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10 und 11 (Ereigniskampagne 2)	127 - 137

Fotos:

Foto 1: Probenahme in der Rettenbachhöhle (Quellmonitoring)	8
Foto 2: Probenahme an der Haselquelle (Quellmonitoring)	8
Foto 3: Maulaufloch - unteres kleineres Höhlenportal bei mittlerer Schüttung.	20
Foto 4: Maulaufloch – höher gelegenes Höhlenportal bei Extremhochwasser.	20
Foto 5: Probenahme bei der Vorderen Rettenbachquelle	20
Foto 6: moosige Felskaskade der imposanten Steyern Quelle – Probenahme an einem Übersprung am orographisch rechten Ufer des Quellsystems.	21
Foto 7: Hintere Rettenbachquelle - einer der zahlreichen Übersprünge.	21
Foto 8: Messung der Feldwerte	22
Foto 9: Ansatz der Petrifilme an der Quelle Maulaufloch	25
Foto 10: Angezüchtete Kolonien auf Petrifilm	27
Foto 11: Ereigniskampagne am 10.08.99 – Warten auf den Regen	76
Foto 12: Ponor auf der Feichtaualm	110
Foto 13: Jaidhausgraben – Feichtaualm	111
Foto 14: Vorderer Rettenbach – Petrifilmausrüstung	123

8.3. Tabellen mit den Rohdaten und Quellpläne (Steyern Quelle und Hintere Rettenbachquelle)

Anmerkung:

In den Übersichtstabellen sind sämtliche Rohdaten ersichtlich. Eingeschlossen sind auch solche Meßwerte, die in dieser Arbeit nicht interpretiert wurden. Diese Daten könnten möglicherweise für weitere Forschung noch von Interesse sein, vor allem, weil es sich um einen gänzlich neuen Teilbereich in der Wissenschaft handelt.

Dies betrifft folgende Daten:

- Die Anzahl verflüssigender Keime bei der Erhebung der Koloniezahl mit Petrischalen.
- Feldwerte (Wassertemperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, Lufttemperatur), die bei fast allen Versuchen erhoben wurden, aber bei der späteren Interpretation der Ergebnisse nicht in jedem Fall von Wichtigkeit waren.

Versuch 1		Diplomarbeit: Thyr Petra, Graz			
Datum	13.07.99				
Meßteam	Thyr, Pröll				
Wetterlage	warm, sonnig	Kap. "Festlegung der Analysemethoden"			
Quelle:	RIEG	STEY 1	STEY 2	STEY 3	WULU
KBE Gußsch. 22°C (Labor)	1090	800	970	640	39
KBE Gußsch. 30°C (Labor)	940	900	780	670	770
KBE Petrifilm Labor 30°C	940	630	640	740	114
KBE Petrifilm Gelände 30°C	880	540	920	970	104

Tab.22: Rohdaten der Ergebnisse des Versuchs 1

Versuch 2		Diplomarbeit: Thyr Petra, Graz												
Datum		19.07.99												
Meß-Team		Thyr, Pröll												
Wetterlage		warm, sonnig												
Gerätenr.		PM-017 (für Leitfähigkeit, Wassertemperatur, pH-Wert)										Kap. "Festlegung der Analysemethoden"		
	Uhrz.	Temp Wass (°C)	Leitfähigk (µS)	pH-Wert	Temp Luft (°C)	KBE Gußschale 22°C	KBE Gußschale 30°C	KBE Petrifilm 22°C	KBE Petrifilm 30°C	KBE Gu 22°C flüss. K.	KBE Gu 30°C flüss. K.	E.coli	Coliforme	Entero= coccen
						Ansatz im Labor		Ansatz im Gelände						
WULU1	11:30	12,1	431	7,57	22,0	17	90	48	27	0	9999	0	11	1
WULU2	11:30	12,1	431	7,57	22,0	22	140	38	30	2	3			
WULU3	11:30	12,1	431	7,57	22,0	12	190	28	32	0	9999			
WULU4	11:30	12,1	431	7,57	22,0	15	250	44	27	0	9999			
WULU5	11:30	12,1	431	7,57	22,0	12	100	40	32	0	1			
WULU6	11:30	12,1	431	7,57	22,0	15	130	47	29	0	0			
WULU7	11:30	12,1	431	7,57	22,0	25	170	41	22	1	9999			
WULU8	11:30	12,1	431	7,57	22,0	13	110	35	26	0	9999			
WULU9	11:30	12,1	431	7,57	22,0	24	140	48	32	1	20			
WULU10	11:30	12,1	431	7,57	22,0	50	110	34	30	0	0			
Blindw.1	11:30								0					
Blindw.2	11:30					0				0				
Blindw.3	12:40					1				0				
Blindw.4	12:40						0				0			
Blindw.5	12:40						1				0			
Blindw.6	12:40						0				0			
Blindw.7						Ansatz im Labor				0				
Blindw.8								0						
Blindw.9								0						
Blindw.10						Ansatz im Labor				0				
Blindw.11									0					
Blindw.12									0					

KBE 9999.....d.h. unzahlbar

KBE Gußschale 30°C: weiß: Berechnung der KBE aus dem 0,1 ml - Ansatz

KBE Gußschale 30°C: dunkelgrau: Berechnung der KBE aus dem 1 ml - Ansatz

Versuch 3		Diplomarbeit: Thyr Petra, Graz										
Datum		26.07.99										
Meß-Team		Thyr, Pröll										
Wetterlage		warm, sonnig										
Gerätenr.		PM-017 (für Leitfähigkeit, Wassertemperatur, pH-Wert)						Kap. "Meßwert-Schwankungen"				
	Uhrz.	Temp Wass (°C)	Leitfähigkeit (µS)	pH-Wert	Temp Luft (°C)	KBE Gußschale 22°C Ansatz im Labor	KBE Petrifilm 22°C Ansatz im Gelände	KBE Gu 22°C flüss. Keime	E.coli	Coliforme	Entero= coccen	
MAUL-A	10:45	7,1	281	7,86	15,6	460	330	17	18	17	16	
MAUL-B	10:45	7,1	281	7,86	15,6	450	350	25				
MAUL-C	10:45	7,1	281	7,86	15,6	410	505	10				
MAUL-D	10:45	7,1	281	7,86	15,6	290	470	19				
MAUL-E	10:45	7,1	281	7,86	15,6	530	545	4				
STEY-A	11:30	7,3	291	7,86	18,6	370	445	17	28	20	9	
STEY-B	11:30	7,3	291	7,86	18,6	300	450	10				
STEY-C	11:30	7,3	291	7,86	18,6	410	340	14				
STEY-D	11:30	7,3	291	7,86	18,6	460	440	15				
STEY-E	11:30	7,3	291	7,86	18,6	286	376	0				
HRQ-A	13:45	6,0	192	8,04	19,9	245	213	7	16	5	4	
HRQ-B	13:45	6,0	192	8,04	19,9	226	250	4				
HRQ-C	13:45	6,0	192	8,04	19,9	221	243	6				
HRQ-D	13:45	6,0	192	8,04	19,9	233	258	3				
HRQ-E	13:45	6,0	192	8,04	19,9	192	258	0				
VRQ-A	15:00	6,4	215	8,08	18,1	134	143	5	11	28	11	
VRQ-B	15:00	6,4	215	8,08	18,1	157	126	4				
VRQ-C	15:00	6,4	215	8,08	18,1	138	139	4				
VRQ-D	15:00	6,4	215	8,08	18,1	153	138	5				
VRQ-E	15:00	6,4	215	8,08	18,1	172	119	6				
Blindprobe1							0					
Blindprobe2							0					

Blindproben: Ansatz der Petrifilme mit Reinstwasser

Versuch 4		Diplomarbeit: Thyr Petra, Graz									
Datum		09.08.99									
Meß-Team		Thyr, Pröll									
Wetterlage		sonnig, warm									
Gerätenr.		PM-017 (für Leitfähigkeit, Wassertemperatur, pH-Wert)					Kap. "zeitliche Schwankungen"				
	Uhrz.	Temp Wass (°C)	Leitfähigk (µS)	pH-Wert	Temp Luft (°C)	KBE Gußschale 22°C Ansatz im Labor	KBE Petrifilm 22°C Ansatz im Gelände	KBE Gu 22°C flüss. K.	E.coli	Coliforme	Entero= coccen
STEY- 0A	10:10	7,4	319	7,88	22,2	90	73	15	3	12	10
STEY- 0B	10:10	7,4	319	7,88	22,2	83	92	18			
STEY- 0C	10:10	7,4	319	7,88	22,2	86	96	16			
STEY- 5A	10:15	7,5	318	7,87	22,3	63	88	5			
STEY- 5B	10:15	7,5	318	7,87	22,3	67	90	7			
STEY- 10A	10:20	7,4	319	7,87	22,1	79	83	12			
STEY- 10B	10:20	7,4	319	7,87	22,1	unzählbar	85	11			
STEY- 15A	10:25	7,5	318	7,87	22,4	89	89	7			
STEY- 15B	10:25	7,5	318	7,87	22,4	77	91	6			
STEY- 15C	10:25	7,5	318	7,87	22,4	71	77	11			
HRQ- 0A	12:20	6,4	205	8,08	22,9	83	76	3	2	6	2
HRQ- 0B	12:20	6,4	205	8,08	22,9	98	77	8			
HRQ- 0C	12:20	6,4	205	8,08	22,9	95	75	2			
HRQ- 5A	12:25	6,4	205	8,07	23,1	87	81	8			
HRQ- 5B	12:25	6,4	205	8,07	23,1	77	79	6			
HRQ- 10A	12:30	6,3	205	8,05	23,2	77	77	4			
HRQ- 10B	12:30	6,3	205	8,05	23,2	72	80	3			
HRQ- 15A	12:35	6,3	205	8,05	22,9	64	unzählbar	1			
HRQ- 15B	12:35	6,3	205	8,05	22,9	73	57	2			
HRQ- 15C	12:35	6,3	205	8,05	22,9	65	61	1			
VRQ- 0A	13:25	6,8	233	8,04	19,5	53	52	3	0	9	2
VRQ- 0B	13:25	6,8	233	8,04	19,5	37	39	7			
VRQ- 0C	13:25	6,8	233	8,04	19,5	47	52	8			
VRQ- 5A	13:30	6,8	233	8,04	22,6	60	40	7			
VRQ- 5B	13:30	6,8	233	8,04	22,6	49	50	1			
VRQ- 10A	13:35	6,9	233	8,04	21,5	56	41	4			
VRQ- 10B	13:35	6,9	233	8,04	21,5	48	42	7			
VRQ- 15A	13:40	6,8	233	8,04	21,6	49	45	5			
VRQ- 15B	13:40	6,8	233	8,04	21,6	41	40	3			
VRQ- 15C	13:40	6,8	233	8,04	21,6	54	44	7			
Blindprobe1	16:15						Ansatz im Labor	0	unzählbare Ergebnisse:		
Blindprobe2	16:15							0	STEY: verflüssigende Keime erlauben keine Bewertung		
Blindprobe3	16:15							0	HRQ: Petrifilm wurde gequetscht, kein eindeutiges Ergebnis		
Blindprobe4	16:15							0			
Blindprobe5	16:15							0	Blindproben: Ansatz der Petrifilme mit Reinstwasser.		
Blindprobe6	16:15							0	Ansatz im Labor		

Versuch 6		Diplomarbeit: Thyr Petra, Graz											
Datum		16.08.1999											
Meß-Team		Thyr, Pröll											
Wetterlage													
Gerätenr.		PM-017 (für Leitfähigkeit, Wassertemperatur, pH-Wert)						Kap. "räumliche Schwankungen"					
			Uhrz.	Temp Wass (°C)	Leitfähigk (µS)	pH-Wert	Temp Luft (°C)	KBE Gußschale 22°C Ansatz: Labor	KBE Petrifilm 22°C Ansatz: Gelände	KBE Gu 22°C flüss. K.	E.coli	Coliforme	Entero= coccen
Ubersprünge der HRQ	HRQ-MB4	A	11:20	6,3	199	7,9	14,1	45	43	2	1	10	2
		B	11:20	6,3	199	7,87	14,1	41	50	1			
	HRQ-MB5	A	11:35	6,3	197	7,95	14,1	49	52	0	0	6	0
		B	11:35	6,3	197	7,95	14,1	41	45	0			
	HRQ-MB6	A	11:40	6,5	194	7,97	14,1	51	43	1	4	5	0
		B	11:40	6,5	194	7,97	14,1	47	36	0			
	HRQ-MB7	A	12:00	6,2	197	7,97	15,2	49	31	0	1	5	1
		B	12:00	6,2	197	7,97	15,2	50	35	2			
	HRQ-MB8	A	12:15	6,3	200	7,93	14,8	44	33	2	0	4	0
		B	12:15	6,3	200	7,93	14,8	48	33	2			
Ubersprünge der STEY	HRQ-DKM	A	12:45	6,3	194	7,99	15,1	93	70	2	1	0	0
		B	12:45	6,3	194	7,99	15,1	97	65	4			
	STEY-MB4li	A	14:25	7,0	314	7,83	13,9	110	86	5	9	17	13
		B	14:25	7,0	314	7,83	13,9	82	75	7			
	STEY-MB4re	A	14:25	7,0	314	7,83	13,9	92	84	10	7	22	8
		B	14:25	7,0	314	7,83	13,9	89	84	4			
	STEY-MB5	A	14:35	7,4	312	7,85	15,1	70	83	3	3	16	1
		B	14:35	7,4	312	7,85	15,1	72	77	5			
STEY	STEY-MB6	A	14:45	7,0	315	7,83	15,3	83	97	3	9	10	4
		B	14:45	7,0	315	7,83	15,3	80	91	5			

HRQ-DKM: Die erhobenen Mikrobiologie-Daten dieses Quellaustritts werden in dieser Arbeit aus begründeten Überlegungen nicht berücksichtigt, sie bleiben in der Rohdaten-Tabelle zur Übersicht dennoch enthalten.

Versuch 7		Diplomarbeit: Thyr Petra, Graz										
Datum		28.09.99										
Meß-Team		Thyr, Pröll										
Wetterlage		trüb, Regen										
Gerätenr.		PM-017 (für Leitfähigkeit, Wassertemperatur, pH-Wert), PM-010 (für Sauerstoffgehalt)								Kap. "Meßwert-Schwankungen"		
	Uhrz.	Temp Wass (°C)	Leitfähigkeit (µS)	O2 Gehalt (%)	pH-Wert	Temp Luft (°C)	KBE Gußschale 22°C Ansatz im Labor	KBE Petrifilm 22°C Ansatz im Gelände	KBE Gu 22°C flüss. K.	E.coli	Coliforme	Entero= coccen
MAUL-A	14:45	6,9	297		7,95	10,9	47	146	0	6	5	1
MAUL-B	14:45	6,9	297		7,95	10,9	82	125	4			
MAUL-C	14:45	6,9	297		7,95	10,9	109	126	6			
MAUL-D	14:45	6,9	297		7,95	10,9	117	127	21			
MAUL-E	14:45	6,9	297		7,95	10,9	85	128	6			
STEY-A	15:45	7,2	322	96,4	7,81	13,6	172	410	25	4	15	0
STEY-B	15:45	7,2	322	96,4	7,81	13,6	179	420	21			
STEY-C	15:45	7,2	322	96,4	7,81	13,6	206	520	20			
STEY-D	15:45	7,2	322	96,4	7,81	13,6	181	380	28			
STEY-E	15:45	7,2	322	96,4	7,81	13,6	124	500	13			
HRQ-A	17:20	6,7	210	94,4	8,00	10,8	70	57	3	2	4	22
HRQ-B	17:20	6,7	210	94,4	8,00	10,8	68	53	5			
HRQ-C	17:20	6,7	210	94,4	8,00	10,8	61	56	2			
HRQ-D	17:20	6,7	210	94,4	8,00	10,8	58	68	8			
HRQ-E	17:20	6,7	210	94,4	8,00	10,8	50	50	4			
VRQ-A	18:30	7,0	230	99,2	7,99	10,6	36	91	1	5	4	3
VRQ-B	18:30	7,0	230	99,2	7,99	10,6	76	95	5			
VRQ-C	18:30	7,0	230	99,2	7,99	10,6	64	86	4			
VRQ-D	18:30	7,0	230	99,2	7,99	10,6	86	107	3			
VRQ-E	18:30	7,0	230	99,2	7,99	10,6	78	105	4			
Blindprobe1								0				
Blindprobe2								0				
Blindprobe3								1				

Blindproben: Ansatz der Petrifilme mit Reinstwasser.

Versuch 8		Diplomarbeit: Thyr Petra, Graz										
Datum		14.12.99										
Meß-Team		Thyr, Pröll										
Wetterlage		leicht bewölkt, wenig Schnee										
Gerätenr.		PM-017 (für Leitfähigkeit, Wassertemperatur, pH-Wert), PM-010 (für Sauerstoffgehalt)										
	Uhrz.	Temp Wass (°C)	Leit= fähigk. (µS)	O2 Gehalt (%)	pH	Temp Luft (°C)	KBE Gußschale 22°C Ansatz im Labor	KBE Petrifilm 22°C Ansatz im Gelände	KBE Gu 22°C flüss. K.	E.coli	Coliforme	Entero= coccen
STEY- 0A	20:05	6,5	285	101,7	7,96	0,1	37	61	5			
STEY- 0B	20:05	6,5	285	101,7	7,96	0,1	37	58	1			
STEY- 0C	20:05	6,5	285	101,7	7,96	0,1	50	73	1			
STEY- 5A	20:10	6,5	285	101,7	7,96	-0,1	39	56	1			
STEY- 5B	20:10	6,5	285	101,7	7,96	-0,1	45	50	1			
STEY- 10A	20:15	6,5	285	101,8	7,96	-0,1	52	79	2			
STEY- 10B	20:15	6,5	285	101,8	7,96	-0,1	33	58	0			
STEY- 15A	20:20	6,5	285	101,8	7,96	-0,1	43	59	1			
STEY- 15B	20:20	6,5	285	101,8	7,96	-0,1	37	67	0			
STEY- 15C	20:20	6,5	285	101,8	7,96	-0,1	37	80	0			
HRQ- 0A	21:45	6,7	217	96,9	8,08	0,9	8	10	1			
HRQ- 0B	21:45	6,7	217	96,9	8,08	0,9	15	9	2			
HRQ- 0C	21:45	6,7	217	96,9	8,08	0,9	13	13	1			
HRQ- 5A	21:50	6,7	217	96,7	8,07	0,4	8	11	0			
HRQ- 5B	21:50	6,7	217	96,7	8,07	0,4	10	12	0			
HRQ- 10A	21:55	6,7	217	96,7	8,07	0,5	13	7	0			
HRQ- 10B	21:55	6,7	217	96,7	8,07	0,5	5	5	2			
HRQ- 15A	22:00	6,7	217	96,7	8,07	0,2	7	7	0			
HRQ- 15B	22:00	6,7	217	96,7	8,07	0,2	4	7	0			
HRQ- 15C	22:00	6,7	217	96,7	8,07	0,2	3	8	0			
VRQ- 0A	23:00	6,9	225	101,6	8,08	0,3	41	7	0			
VRQ- 0B	23:00	6,9	225	101,6	8,08	0,3	52	10	2			
VRQ- 0C	23:00	6,9	225	101,6	8,08	0,3	63	12	3			
VRQ- 5A	23:05	6,9	225	101,6	8,08	0,3	39	16	1			
VRQ- 5B	23:05	6,9	225	101,6	8,08	0,3	31	6	0			
VRQ- 10A	23:10	6,9	225	101,6	8,08	0,3	58	10	4			
VRQ- 10B	23:10	6,9	225	101,6	8,08	0,3	34	9	3			
VRQ- 15A	23:15	6,9	225	101,6	8,08	0,3	35	10	1			
VRQ- 15B	23:15	6,9	225	101,6	8,08	0,3	28	13	0			
VRQ- 15C	23:15	6,9	225	101,6	8,08	0,3	29	14	1			
Blindprobe1								Ansatz im Gelände	0			
Blindprobe2									0			
Blindprobe3							Ansatz im Labor	1	0			
Blindprobe4												

Blindproben: Ansatz der Petrifilme mit Reinstwasser. Ansatz der Gußschale: ohne Zugabe einer Wasserprobe.

Versuch 10			Diplomarbeit: Thyr Petra, Graz												
Datum			10.05.2000												
Meß-Team			Thyr, Pröll												
Wetterlage			sonnig, warm												
Gerätenr.			PM-017 (für Leitfähigkeit, Wassertemperatur, pH-Wert), PM-010 (für Sauerstoffgehalt)										Kap. "räumliche Schwankungen"		
			Uhrz.	Temp Wass (°C)	Leit= fähigk. (µS)	O2 Gehalt (%)	pH-Wert	Temp Luft (°C)	KBE Gußschale 22°C Ansatz: Labor	KBE Petrifilm 22°C Ansatz: Gelände	KBE Gu 22°C flüss. K.	E.coli	Coliforme	Entero= coccen	
Übersprünge	HRQ-MB1	A	13:40	6,0	139	100,6	7,98	26,1	27	5	5	0	5	0	
		B	13:40	6,0	139	100,6	7,98	26,1	25	10	2				
	HRQ-MB2	A	14:00	6,0	142	100,5	7,97	22,6	16	15	1	0	1	0	
B		14:00	6,0	142	100,5	7,97	22,6	16	18	0					
der	HRQ-MB3	A	14:15	6,1	139	102,6	8,00	18,9	16	26	2	0	0	0	
		B	14:15	6,1	139	102,6	8,00	18,9	37	28	5				
	HRQ-MB4	A	14:25	5,7	138	100,8	8,03	17,0	37	20	3	0	0	0	
B		14:25	5,7	138	100,8	8,03	17,0	34	28	2					
HRQ	HRQ-MB5	A	15:05	5,9	139	101,4	7,98	22,3	41	20	4	0	1	2	
		B	15:05	5,9	139	101,4	7,98	22,3	37	23	5				
	HRQ-MB6	A	15:10	6,2	139	101,6	8,07	10,8	15	29	0	0	4	0	
B		15:10	6,2	139	101,6	8,07	10,8	14	23	0					
HRQ	HRQ-MB7	A	15:15	5,9	138		8,06	18,3	19	19	1	0	1	0	
		B	15:15	5,9	138		8,06	18,3	16	29	4				
	HRQ-MB8	A	15:25	5,9	154		8,04	19,8	7	3	0	0	0	0	
B		15:25	5,9	154		8,04	19,8	8	4	0					
Übersprünge	HRQ-DKM	A	15:40	6,1	148		8,06	23,9	32	24	0	1	360	0	
		B	15:40	6,1	148		8,06	23,9	20	19	1				
	STEY-MB1	A	18:55	6,0	168	95,9	7,93	16,1	124	150	21	0	9	0	
B		18:55	6,0	168	95,9	7,93	16,1	105	137	21					
der	STEY-MB2	A	19:00	6,0	169	96,4	7,96	16,2	80	148	5	0	19	0	
		B	19:00	6,0	169	96,4	7,96	16,2	121	164	5				
	STEY-MB3	A	19:10	6,2	169	96,1	7,95	13,2	88	136	5	0	6	0	
B		19:10	6,2	169	96,1	7,95	13,2	95	133	7					
STEY	STEY-MB4re	A	19:15	6,2	168	96,4	7,94	11,5	64	148	6	1	16	6	
		B	19:15	6,2	168	96,4	7,94	11,5	99	148	3				
	STEY-MB5	A	19:30	6,1	169	94,3	7,95	15,8	137	147	21	0	18	0	
B		19:30	6,1	169	94,3	7,95	15,8	129	138	18					
STEY-MB6	A	19:35	6,2	169	95,8	7,93	15,5	68	133	8	0	13	0		
	B	19:35	6,2	169	95,8	7,93	15,5	68	125	0					
Blindprobe1	Ansatz rein mit der DEV-Gelatine, ohne Wasser;								1		0				
Blindprobe2									2		0				
Blindprobe3	Ansatz mit Reinstwasser auf DEV-Gelatine								1		0				

Ereigniskampagne 2										Diplomarbeit: Thyr Petra, Graz															
Quelle		STEY																							
Datum		04. - 05.07.2000										Zusammenfassung der Ergebnisse													
Meß-Team		Thyr und Pröll für die Mikrobiologie-Proben; mehrere Personen für die Feldwerte;																							
Wetterlage		wechselhaft																							
jeweils Zweifach-Ansätze für alle 4 KBE-Methoden!! Daraus wird der Mittelwert (entspricht hier dem Median) berechnet!																									
	Datum	Uhrz.	KBE Gußschale 22°C / A 22°C / B		KBE Petrifilm 22°C / A	KBE Petrifilm 22°C / B	KBE Petrifilm 6°C / A 6°C / B		KBE Petrifilm 30°C / A	KBE Petrifilm 30°C / B	KBE Gußschale 22°C	KBE Petrifilm 22°C	KBE Petrifilm 6°C	KBE Petrifilm 30°C	E.coli	Coli- forme	Entero= coccen	Schüttung (l/s) Schätzw.	Temp Wass (°C)	Leit= fähig= keit (µS)	O2 Gehalt (%)	pH	Temp Luft (°C)		
			Ansatz im Labor	Ansatz: Gelände	Ansatz: Gelände	Ansatz: Gelände	Mittelwert	Mittelwerte																	
Nr.1	04.07.00	14:40	560	520	680	620	1710	1605	480	840	540	650	1658	660	77	144	47	30	6,8	267	100,4	7,67			
Nr.2	04.07.00	14:55			800	640						720						30	6,6	270	100,1	7,64	16,5		
Nr.3	04.07.00	15:10			800	740	1350	1315	740	700		770	1333	720				30	6,6	270	100,2	7,61	14,9		
Nr.4	04.07.00	15:25			680	800						740						30	6,6	270	97,4	7,64	16,0		
Nr.5	04.07.00	15:40	530	550	880	900	1565	1780	1000	840	540	890	1663	920	226	28	137	35	6,6	271	97,5	7,67	16,0		
Nr.6	04.07.00	15:55			1200	1000						1100						35	6,6	271	97,7	7,65	16,5		
Nr.7	04.07.00	16:10			820	800	2405	2085	920	940		810	2245	930				35	6,6	272	97,9	7,67	16,6		
Nr.8	04.07.00	16:25			1140	1120						1130						35	6,6	273	97,7	7,65	16,7		
Nr.9	04.07.00	16:40	440	610	860	860	590	555	880	1040	525	860	573	960	131	149	79	35	6,6	275	96,7	7,65	17,2		
Nr.10	04.07.00	16:55			860	980						920						30	6,6	277	96,4	7,66	17,0		
Nr.11	04.07.00	17:10			1100	1120	580	540	1160	1020		1110	560	1090				30	6,6	279	96,6	7,65	16,9		
Nr.12	04.07.00	17:25			1200	1020						1110						30	6,6	282	95,8	7,66	16,5		
Nr.13	04.07.00	17:40	760	680	1060	840	685	630	1200	1040	720	950	658	1120	99	9999	103	45	6,6	284	96,0	7,66	16,3		
Nr.14	04.07.00	17:55			1080	1360						1220						45	6,6	280	95,8	7,64	16,3		
Nr.15	04.07.00	18:10			1260	1280	865	850	1380	1380		1270	758	1380				50	6,6	273	96,2	7,64	16,1		
Nr.16	04.07.00	18:25			1360	1280						1320						50	6,9	268	96,5	7,62	16,1		
Nr.17	04.07.00	18:40	680	630	1240	1120	745	770	1400	1240	655	1180	758	1320	149	29	64	50	6,5	266	96,6	7,62	15,9		
Nr.18	04.07.00	18:55			1260	1120						1190						50	6,5	264	96,6	7,60	15,5		
Nr.19	04.07.00	19:10			1240	1300	945	965	1320	1280		1270	955	1300				50	6,5	264	96,8	7,63	15,2		
Nr.20	04.07.00	19:25			1380	1300						1340						50	6,5	264	94,1	7,62	15,2		
Nr.21	04.07.00	19:40	620	600	1240	1300	930	925	1420	1640	610	1270	928	1530	168	9999	229	50	6,5	263	94,2	7,62	14,9		
Nr.22	04.07.00	19:55			1360	1060						1210						50	6,5	262	95,9	7,62	14,7		
Nr.23	04.07.00	20:10			1140	1160	935	1045	1400	1500		1150	990	1450				40	6,5	261	95,8	7,67	14,5		
Nr.24	04.07.00	20:25			1240	1020						1130						40	6,5	260	101,2	7,59	14,5		
Nr.25	04.07.00	20:40	800	820	1440	1600	980	980	1460	1560	810	1520	980	1510	270	84	594	40	6,5	260	101,5	7,60	14,3		
Nr.26	04.07.00	20:55			1320	1440						1380						40	6,5	259	102,2	7,62	14,3		
Nr.27	04.07.00	21:10			1320	1240	990	1055	1580	1340		1280	1023	1460				30	6,5	259	102,9	7,62	14,3		
Nr.28	04.07.00	21:25			1400	1540						1470						30	6,5	258	103,3	7,63	14,2		
Nr.29	04.07.00	21:40	500	510	1320	1320	980	975	1340	1300	505	1320	978	1320	213	9999	456	30	6,5	258	103,3	7,64	14,1		
Nr.30	04.07.00	21:55			1320	1480						1400						30	6,4	262	103,5	7,60	14,0		
Nr.31	04.07.00	22:10			1520	1420	1015	945	1260	1560		1470	980	1410				30	6,5	263	101,3	7,65	13,9		
Nr.32	04.07.00	22:25			1460	1700						1580						30	6,4	263	100,0	7,62	13,8		
Nr.33	04.07.00	22:40	740	760	1580	1500	985	1085	1360	1320	750	1540	1035	1340	277	25	281	30	6,4	263	98,4	7,62	13,4		

	Datum	Uhrz.	KBE Gußschale		KBE Petrifilm	KBE Petrifilm	KBE Petrifilm		KBE Petrifilm	KBE Petrifilm	KBE Gußschale	KBE Petrifilm	KBE Petrifilm	E.coli	Coli- forme	Entero= coccen	Schüttung (l/s)	Temp Wass (°C)	Leit= fähig= keit (µS)	O2 Gehalt (%)	pH	Temp Luft (°C)	
			22°C / A	22°C / B	22°C / A	22°C / B	6°C / A	6°C / B	30°C / A	30°C / B	22°C	22°C	6°C										30°C
			Ansatz im Labor		Ansatz: Gelände		Ansatz: Gelände		Ansatz: Gelände		Mittelwert	Mittelwerte											
Nr.34	04.07.00	22:55			1520	1500						1510					25	6,4	264	97,3	7,61	13,2	
Nr.35	04.07.00	23:10			1580	1160	1105	1040	1460	1320		1370	1073	1390			25	6,4	264	96,3	7,62	13,0	
Nr.36	04.07.00	23:25			1400	1400						1400					30	6,4	264	99,6	7,62	13,2	
Nr.37	04.07.00	23:40	1560	1290	1600	1360	1190	1175	1420	1480	1425	1480	1183	1450	325	53	209	30	6,4	264	98,6	7,64	13,1
Nr.38	04.07.00	23:55			1500	1700						1600					30	6,4	264	98,0	7,64	12,9	
Nr.39	05.07.00	0:10			1820	1880	1145	1200	1560	1680		1850	1173	1620			30	6,4	263	97,6	7,63	12,3	
Nr.40	05.07.00	0:25			1560	1580						1570					30	6,4	262	97,9	7,64	12,0	
Nr.41	05.07.00	0:40	1940	1660	1600	1660	1185	1295	1780	1660	1800	1630	1240	1720	350	30	177	30	6,4	260	97,9	7,64	12,4
Nr.42	05.07.00	0:55			1680	1600						1640					30	6,4	259	97,9	7,67	12,5	
Nr.43	05.07.00	1:10			1720	1600	1500	1380	1500	1500		1660	1440	1500			30	6,4	258	98,0	7,65	12,7	
Nr.44	05.07.00	1:25			1840	2000						1920					30	6,4	258	102,2	7,64	11,9	
Nr.45	05.07.00	1:40	1750	1860	1760	1700	1600	1460	1620	1600	1805	1730	1530	1610	486	54	196	30	6,4	257	101,1	7,66	12,5
Nr.46	05.07.00	1:55			1820	1680						1750					30	6,4	257	100,8	7,67	12,6	
Nr.47	05.07.00	2:10			2080	1780	1480	1620	1400	1640		1930	1550	1520			30	6,4	256	100,5	7,65	12,8	
Nr.48	05.07.00	2:25			2220	1880						2050					30	6,4	256	95,3	7,65	13,0	
Nr.49	05.07.00	2:40	2540	2410	1760	1600	1420	1540	1800	1520	2475	1680	1480	1660	514	17	203	30	6,4	256	95,0	7,64	13,1
Nr.50	05.07.00	2:55			1340	1720						1530					30	6,4	255	94,8	7,65	13,2	
Nr.51	05.07.00	3:10			1520	1400	1500	1620	1300	1300		1460	1560	1300			30	6,4	255	94,6	7,66	13,1	
Nr.52	05.07.00	3:25			1440	1480						1460					30	6,4	255	96,3	7,63	12,8	
Nr.53	05.07.00	3:40	2580	2660	1700	1340	1880	1580	1360	1320	2620	1520	1730	1340	568	32	245	30	6,4	254	96,2	7,63	13,0
Nr.54	05.07.00	3:55			1240	1120						1180					30	6,4	254	96,1	7,64	13,0	
Nr.55	05.07.00	4:10			1140	1280	1480	1580	1140	1120		1210	1530	1130			30	6,4	254	96,2	7,65	13,1	
Nr.56	05.07.00	4:25			1360	1240						1300					30	6,4	254	96,9	7,66	13,1	
Nr.57	05.07.00	4:40	9999	9999	1180	1180	1700	1500	1280	1400	9999	1180	1600	1340	9999	45	255	30	6,3	254	96,8	7,65	13,2
Nr.58	05.07.00	4:55			1160	1260						1210					30	6,3	254	96,8	7,62	13,0	
Nr.59	05.07.00	5:10			1440	1140	1700	1700	1280	1240		1290	1700	1260			30	6,3	254	96,7	7,61	13,2	
Nr.60	05.07.00	5:25			1180	1400						1290					30	6,4	254		7,63	13,2	
Nr.61	05.07.00	5:40	9999	9999	1400	1360	1520	1920	1320	1360	9999	1380	1720	1340	9999	11	285	30	6,4	254	91,8	7,61	13,0
Nr.62	05.07.00	5:55			1260	1200						1230					30	6,4	254	91,7	7,62	12,9	
Nr.63	05.07.00	6:10			1540	1220	1520	1600	1440	1320		1380	1560	1380			30	6,4	254	96,6	7,60	12,7	
Nr.64	05.07.00	6:25			1340	1360						1350					30	6,4	254	96,6	7,61	12,7	
Nr.65	05.07.00	6:40	9999	9999	1300	1440	1660	1680	1540	1280	9999	1370	1670	1410	9999	26	274	30	6,4	254	96,5	7,62	13,0
Nr.66	05.07.00	6:55			1440	1320						1380					30	6,4	254	96,5	7,63	13,1	
Nr.67	05.07.00	7:10			1520	1360	1100	1660	1520	1520		1440	1380	1520			30	6,4	254	96,1	7,62	12,8	
Nr.68	05.07.00	7:25			1400	1220						1310					30	6,4	254	96,1	7,61	13,3	
Nr.69	05.07.00	7:40	9999	9999	1360	1360	1660	1420	1380	1280	9999	1360	1540	1330	9999	0	241	30	6,4	254	96,1	7,63	13,1
Nr.70	05.07.00	7:55			1400	1280						1340					30	6,4	254	96,1	7,63	13,3	
Nr.71	05.07.00	8:10			1240	1360	1380	1720	1260	1380		1300	1550	1320			30	6,4	254	96,0	7,63	13,4	
Nr.72	05.07.00	8:25			1340	1220						1280					30	6,4	254	96,4	7,62	13,5	

	Datum	Uhrz.	KBE Gußschale		KBE Petrifilm	KBE Petrifilm	KBE Petrifilm		KBE Petrifilm	KBE Petrifilm	KBE Gußschale	KBE Petrifilm			E.coli	Coli- forme	Entero- coccen	Schüttung (l/s)	Temp Wass (°C)	Leit- fähig- keit (µS)	O2 Gehalt (%)	pH	Temp Luft (°C)
			22°C / A	22°C / B	22°C / A	22°C / B	6°C / A	6°C / B	30°C / A	30°C / B	22°C	22°C	6°C	30°C									
			Ansatz im Labor		Ansatz: Gelände		Ansatz: Gelände		Ansatz: Gelände		Mittelwert	Mittelwerte						Schätzsw.					
Nr.73	05.07.00	8:40	9999	9999	1440	1080	1380	1580	1580	1360	9999	1260	1480	1470	9999	9999	404	30	6,4	253	96,3	7,62	13,8
Nr.74	05.07.00	8:55			1340	1160						1250						30	6,4	253	96,3	7,61	14,0
Nr.75	05.07.00	9:10			1400	1380	2000	1460	1440	1540		1390	1730	1490				30	6,4	253	96,3	7,61	14,3
Nr.76	05.07.00	9:25			1420	1280						1350						30	6,5	253	121,9	7,63	14,5
Nr.77	05.07.00	9:40	9999	9999	1380	1180	1480	1780	1660	1520	9999	1280	1630	1590	9999	9999	460	30	6,5	253	118,2	7,62	14,8
Nr.78	05.07.00	9:55			1420	1320						1370						30	6,4	253	98,0	7,62	14,8
Nr.79	05.07.00	10:10			1260	1320	1460	1360	1300	1440		1290	1410	1370				30	6,4	253	106,9	7,63	14,3
Nr.80	05.07.00	10:25			1600	1220						1410						30	6,5	253	107,0	7,60	14,1
Nr.81	05.07.00	10:40	9999	9999	1320	1540	1500	1540	1500	1520	9999	1430	1520	1510	9999	9999	457	30	6,5	253	97,5	7,64	14,4
Nr.82	05.07.00	10:55			1360	1360						1360						30	6,5	253	97,4	7,62	13,9
Nr.83	05.07.00	11:10			1420	1280	1360	1700	1580	1220		1350	1530	1400				30	6,5	253	97,2	7,62	14,2
Nr.84	05.07.00	11:25			1280	1460						1370						30	6,5	253	97,2	7,61	15,0
Nr.85	05.07.00	11:40	9999	9999	1720	1300	1340	1720	1500	1620	9999	1510	1530	1560	9999	9999	342	30	6,5	253	95,8	7,63	18,1
Nr.86	05.07.00	11:55			1560	1600						1580						30	6,5	253	95,7	7,64	19,1
Nr.87	05.07.00	12:10			1660	1800	1880	1460	1640	1600		1730	1670	1620				25	6,5	253	95,6	7,58	16,6
Nr.88	05.07.00	12:25			1920	1900						1910						25	6,6	253	95,6	7,63	17,4
Nr.89	05.07.00	12:40	9999	9999	1960	1760	1540	1800	1480	1720	9999	1860	1670	1600	9999	9999	334	25	6,5	253	95,3	7,63	18,6
Nr.90	05.07.00	12:55			1460	1580						1520						25	6,6	253	95,3	7,63	19,6
Nr.91	05.07.00	13:10			1620	1680	1340	1400	1240	1520		1650	1370	1380				25	6,5	253	95,3	7,60	18,0
Nr.92	05.07.00	13:25			1740	2000						1870						25	6,5	253	95,2	7,60	18,5
Nr.93	05.07.00	13:40	9999	9999	1820	1740	1340	1320	1260	1500	9999	1780	1330	1380	9999	9999	331	25	6,5	253	94,5	7,60	16,6
Nr.94	05.07.00	13:55			1760	1600						1680						25	6,6	253	94,4	7,63	17,5
Nr.95	05.07.00	14:10			1640	1600	1160	1440	1600	1440		1620	1300	1520				25	6,5	254	94,4	7,63	17,3
Nr.96	05.07.00	14:25			1600	1520						1560						25	6,5	254	94,4	7,62	17,2
Nr.97	05.07.00	14:40	9999	9999	1700	1640	1500	1180	1560	1700	9999	1670	1340	1630	9999	9999	347	25	6,5	254	101,5	7,62	17,3

Mikrobiologie-Werte: 9999.....d.h. unzahlbar

Mittelwerte: aufgerundet auf ganze Zahlen

Petrifilm-Schrift weiß: d.h. es wurden 4 Kästchen des Petrifilm-Rasters ausgezählt und mit 5 multipliziert

Petrifilm: Schrift schwarz: d.h. es wurde 1 Kästchen des Petrifilm-Rasters ausgezählt und mit 20 multipliziert

STEYERN QUELLE

PROBENAHMESTELLEN:

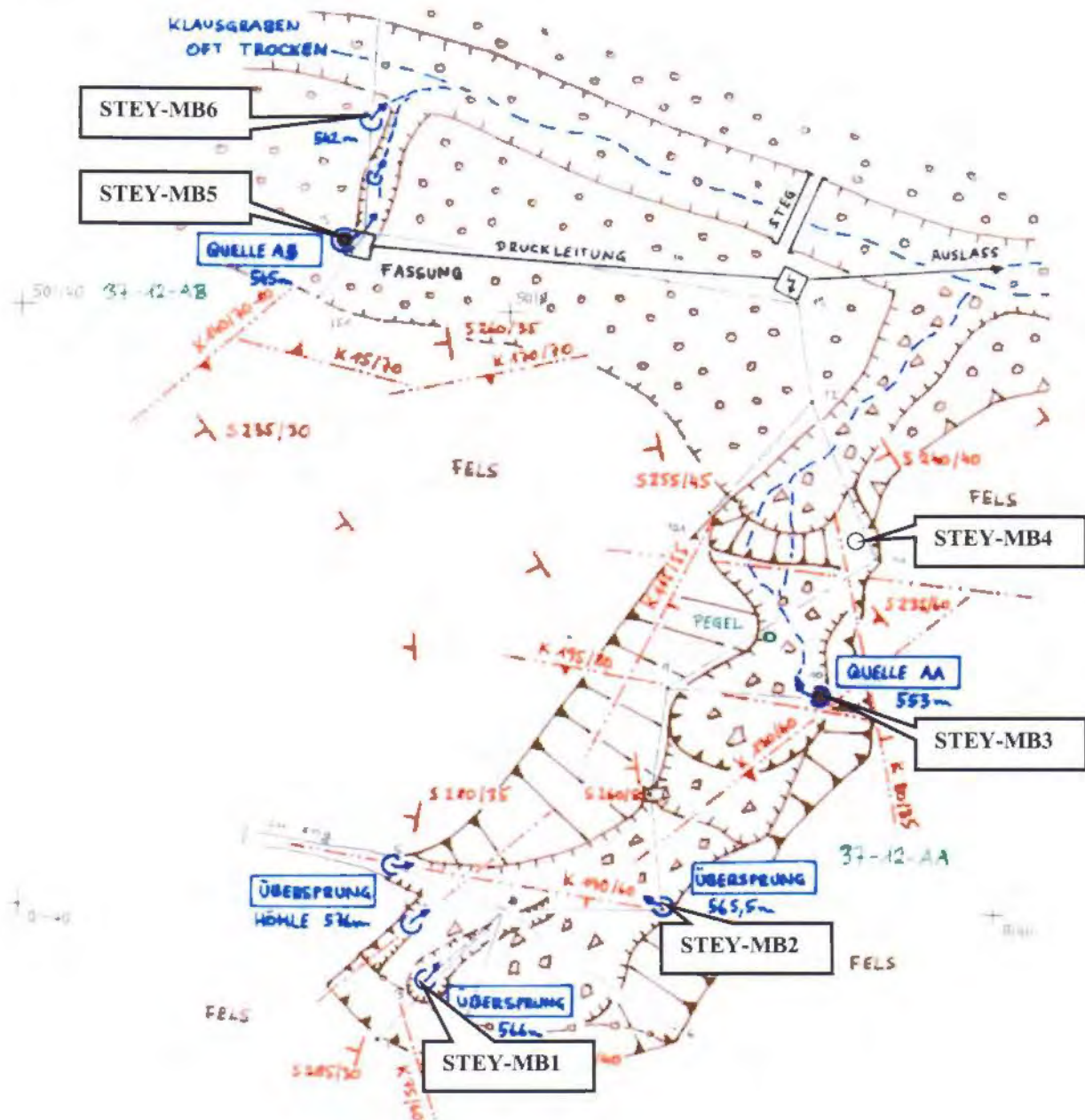


Abb.50: Quellplan – Steyern Quelle

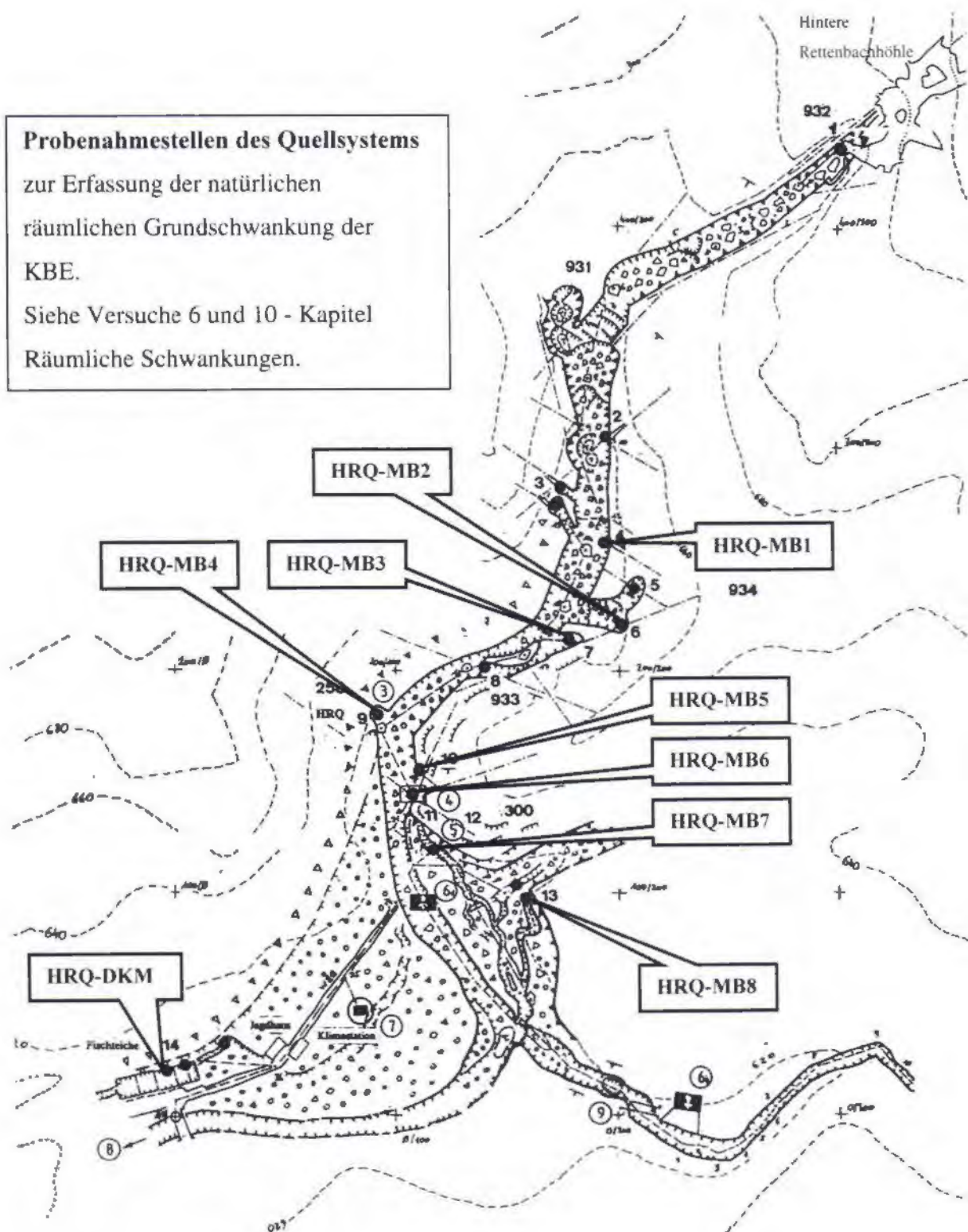
Probenahmestellen des Quellsystems zur Erfassung der natürlichen räumlichen Grundschwankung der KBE. Siehe Versuche 6 und 10 - Kapitel Räumliche Schwankungen.

QUELLE HINTERER RETTENBACH

Probenahmestellen des Quellsystems

zur Erfassung der natürlichen
räumlichen Grundschwankung der
KBE.

Siehe Versuche 6 und 10 - Kapitel
Räumliche Schwankungen.



Abh.51: Quellplan – Hintere Rettenbachquelle