

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR  
WIEN

INSTITUT FÜR WASSERWIRTSCHAFT  
Wasserwirtschaft, Hydrologie und allgemeiner Wasserbau

O. Prof. Dipl. Ing. Dr. S. Radler

DIPLOMARBEIT

Heinz Holzmann  
H47 68 40233

Wien, im Mai 1976







Bundesanstalt für Wasser-  
haushalt von Karstgebieten  
Hofburg Bettlerstiege  
1010 Wien

Heinz HOLZMANN  
Straußeng. 3a  
1050 Wien

Versuch einer Interpretation in Wasser des  
Bereiches Molln, der im Zeitraum 1969 - 1970  
gemessenen Umweltisotopengehalte mittels des  
Exponentialmodells.

Wien, im April 1976







5. Allgemeine Bemerkungen über Gewässerbeobachtungen im Raum Molln 1968 bis 1970:

Im Frühjahr 1968 wurde im Raum Molln ein allgemeines Gewässerbeobachtungsprogramm eingeleitet, das insgesamt 50 Beobachtungsstellen (Quellen, Flüsse, Bäche, Bohrlöcher und Teiche) mit unterschiedlich langer Beobachtungsdauer umfaßte.

Von Jänner 1969 bis Dezember 1970 wurden von der Ennskraftwerke AG zusätzliche monatliche Probenentnahmen für Isotopenmessungen an 32 Gewässerbeobachtungsstellen und von 6 Niederschlagsmeßstellen für die Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal durchgeführt. Für alle diese Beobachtungsstellen wurden Diagramme mit den von der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal gemessenen Isotopenwerten angelegt.

Die Lückenhaftigkeit der Isotopenmeßreihen ist in erster Linie auf das limitierte Auftragsvolumen der Ennskraftwerke AG zurückzuführen, das nicht die Messung aller Proben gestattete.

Die Schüttungsmessungen sind nur als Richtwerte zu betrachten, da sie von den jeweiligen Probennehmern nur geschätzt wurden.

5.1. Diagramme der Isotopenwerte der Gewässerbeobachtungsstellen:

An Hand der geographischen Gegebenheiten wurden die Gewässerbeobachtungsstellen zu einzelnen Abschnitten zusammengefaßt, siehe Übersichtskarte /21/ der Beobachtungsstellen (Fig.12).

Auf jedem Quelldiagramm sind neben den Isotopenwerten der einzelnen Beobachtungsstellen auch die Niederschlagsisotopenwerte der Meßstelle Jaidhaus (T2 Tab.40) angeführt.

Von den Niederschlagsisotopenwerten sind angegeben:

- Monatswerte, gemessen in den monatlich entnommenen Niederschlagssammelproben.







- Gewogene Mittel, 9. April 1969 bis 9. November 1969  
(Zeitraum mit überwiegend Regen) und  
10. November 1969 bis 8. April 1970)  
(Zeitraum mit überwiegendem Schneenieder-  
erschlag bzw. mit Schneeschmelze).
- Gewogene Mittel, 9 April 1969 bis 8. April 1970.

Als Grundlage der Berechnung der gewogenen Mittel wurden nicht die Niederschlagssummen der Kalendermonate, sondern die tatsächlichen Niederschlagssummen der einzelnen Sammelzeiträume (die mit den Kalendermonaten nicht ident sind) verwendet.

## 5.2. Besprechung der einzelnen Gewässerbeobachtungsstellen in bezug auf das Exponentialmodell

### 5.2.1. Allgemeines zur Interpretation der Gewässerbeobachtungs- stellen:

Wie in den Kapiteln 4.1.2., 4.2.2. und 4.3. beschrieben, wurde versucht für den Untersuchungszeitraum 1969/70, den Gegebenheiten entsprechend, für den Raum Molln nach dem Exponentialmodell für verschiedene jährliche Erneuerungen Output Isotopenjahresgänge zu berechnen. (T2 Fig.59 - 70)

Diese wurden mit den Gewässerbeobachtungsdiagrammen mit Isotopenmessungen der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal 1969 - 1970 /21/ (siehe: Kap.5.1.) verglichen. Aus diesem Vergleich kann man für jede Gewässerbeobachtungsstelle auf eine theoretische, prozentuelle jährliche Erneuerung schließen, wobei es darauf ankommt wie vollständig der Gang der Isotopenwerte über den Untersuchungszeitraum vorliegt. Hierbei muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß es sich bei den Gewässerbeobachtungsdiagrammen (zum Teil lückenhaft), um Gänge mit monatlichen Isotopenwerten handelt, während bei den theoretischen Outputgängen, Zeitintervalle mit ungefähr 200 mm Niederschlag genommen wurden. (Siehe Kap.4.1.2. und 4.2.2., T2 Tab.40)







Auch ist in der Outputberechnung die Schneerücklage in den Wintermonaten und der Schneeschmelzabfluß von März bis Mai nicht berücksichtigt worden, da bei den Inputwerten (Monatssammelproben der Niederschläge) der Schneeniederschlag genauso in Rechnung zur theoretischen Outputberechnung gestellt wird.

Zur Interpretation der Gewässerbeobachtungsstellen wurden auch die Diagramme /21/ der Schüttungs- und Chemismuswerte über den Beobachtungszeitraum 1968 - 1970 herangezogen.

Um die Gewässerbeobachtungsstellen geographisch und geologisch zuordnen zu können, wurde eine Übersichtskarte 1 : 20 000 der Probenentnahmestellen der Ennskraftwerke AG und Skizzen der Probenentnahmestellen im Maßstab 1 : 5 000 bzw. 1 : 1 000 verwendet. (Fig.12)

Wie in den Diagrammen (T2 Fig.54) für den Tritium Outputgang für verschiedene jährliche Erneuerungen gezeigt wird, lassen sich Gänge von Tritiumwerten über 200 TU nicht mehr eindeutig einer bestimmten jährlichen Erneuerung zuordnen. Bei kompletten Meßreihen über den Untersuchungszeitraum mit einem ausgeprägten Jahresgang, kann man auf hohe prozentuelle jährliche Erneuerung schließen. Bei unvollständigen Meßreihen, oder nicht eindeutig zuzuordnenden Gängen von Tritiumwerten, kann man nur mit Hilfe des Deuteriumganges auf eine eindeutige jährliche Erneuerung nach dem Exponentialmodell schließen. Je niedriger die prozentuelle jährliche Erneuerung ist, um so konstanter verläuft der Deuteriumgang.

Mit Hilfe der Absolutwerte der Deuteriumwerte und ihrer Höhenabhängigkeit (siehe Kap.4.4.1.) kann auf die Höhenlage des Einzugsgebietes geschlossen werden.



5.2.1.1. Berechnung der unterirdischen Reservoirs, aus denen die Quellen gespeist werden:

Da das Exponentialmodell von einer vollständigen Durchmischung im Untergrund bei gleichem Zu- und Abfluß ausgeht, wurden nun an Hand der mittleren Schüttungen (aus geschätzten Quellschüttungen bei Probeentnahme) und den Prozent jährlicher Erneuerung, das Volumen des Reservoirs wie folgt berechnet:

$$\text{Volumen d. Reservoirs (hm}^3\text{)} = 3,1536 \frac{\text{Mittl. Schüttung (l/s)}}{\% \text{ jährl. Erneuerung}}$$

Die in Tab. 13 berechneten Volumen der unterirdischen Reservoirs der einzelnen Quellen soll nur als größenordnungsmäßiger Hinweis für die einzelnen Quellen verstanden werden. Um genauere Aussagen auf die Größe der Volumen der unterirdischen Reservoirs machen zu können, müßten die in Kap.5.3. angeführten Bemerkungen zu den Beobachtungen der Quellen beachtet werden.

In der Natur liegen in der Regel niemals vollständige Durchmischungen vor. Wie Untersuchungen im Schneealpenstollen /1/ gezeigt haben, können in tiefen alpinen Karstwasserkörpern nahezu undurchmischte alte Wässer vorliegen. Tatsächlich sind die Volumen der unterirdischen Reservoirs meist um ein Vielfaches größer, als bei Annahme einer vollständigen Durchmischung. (Siehe Kap.3.1.)

Nach den hier angeführten Grundsätzen wurden die einzelnen Quellen in den Kapiteln 5.2.2. - 5.2.7. wie folgt interpretiert.



Quelle Nr.	% jährl. Erneuerung	Mittlere - Schüttung l/s	Volumen des Reservoirs hm <sup>3</sup>
Südlicher Stauraumabschnitt :			
MO - 11	70	> 10	0,450
MO - 14/15	80	30	1,183
MO - 19	60	50	2,628
Hauptbecken :			
MO - 38	70	0,5	0,023
MO - 205	40	1	0,079
Hilgebach :			
MO - 145-149	5	10	6,307
MO - 151	40	6	0,473
MO - 152/53	70	50	2,253
MO - 44	2-3	8	10,092
Krumme Steyrling zwischen Hausbach und Blumau :			
MO - 103	3	5	5,256
MO - 97-101	60	5	0,263
MO - 95	3-4	2	1,802
MO - 250a	7	0,3	0,135
MO - 240	60	5	0,263
Bereich der Mollner Terrasse :			
MO - 414	55	0,5	0,029
MO - 439	60	0,8	0,042
MO - 472	55	1	0,057
MO - 459	40	0,8	0,063
MO - 457	40	1	0,079
Hopfing - Paltenbach :			
MO - 138/37	70	8	0,360
MO - 143	5	1,5	0,946
MO - 195	5	5	3,154
MO - 195a	5	1	0,631

Trin2

Kontpa

Tab.: 13 Volumen der unterirdischen Reservoirs, aus denen die Quellen gespeist werden, berechnet nach dem Exponentialmodell.



## 5.2.2. Beurteilung der einzelnen Gewässerbeobachtungsstellen

### 5.2.2.1. Südlicher Stauraumabschnitt

#### MO - 11 Steiernquelle:

Die Quelle, von der geschlossene Isotopenmeßreihen über den Untersuchungszeitraum vorliegen, ist eine ausgeprägte Karstquelle, die stark auf Schneeschmelze und Niederschlag reagiert. Die Deuteriumwerte, die auf ein Einzugsgebiet mittelhoher Höhenlage schließen lassen und die große Schüttung, weisen auf ein Einzugsgebiet des Opponitzkalkzuges, der südlich der Quelle verläuft. Nach dem Exponentialmodell kann man aus dem Gang der Isotopenwerte die Quelle einer ca. 70 % jährlichen Erneuerung zurechnen. (T2 Fig.66)

#### MO - 14/15 Maulaufloch (Höhlenquelle):

Die Quelle, von der geschlossene Isotopenmeßreihen über den Untersuchungszeitraum vorliegen, ist eine ausgeprägte Karstquelle, die stark auf Schneeschmelze und Niederschläge reagiert. Die Deuteriumwerte des Jahres 1969 mit ca.  $-75\text{‰ D}^0$  im Mittel, weisen auf ein Einzugsgebiet mittelhoher Höhenlage. Sie entspringt aus dem Hirlatzkalkzug der östlich gelegenen Ebenforstalm. Der ausgeprägte Jahresgang der Isotopen weist auf eine ca. 80 % jährliche Erneuerung nach dem Exponentialmodell. (T2 Fig.67)

#### MO - 19 Quelle im Graben ONO G. Alterstein:

Die Quelle, von der geschlossene Isotopenmeßreihen über den Untersuchungszeitraum vorliegen, ist überwiegend an die Opponitzkalkzüge gebunden und besitzt in diesen, bei einer mittleren Schüttung von 50 l/s ein ca. 3 Millionen m<sup>3</sup> großes Wasserreservoir. Sie ist somit eine ausgeprägte Karstquelle, die stark auf Schneeschmelze und Niederschläge anspricht. Bei Trockenmonaten wie Oktober, Dezember 1969 und Februar 1970, weist



der Tritiumgang auf eine rund 55 % jährliche Erneuerung (T2 Fig.64,65), während in den anderen Monaten eher auf eine ca. 80 % jährliche Erneuerung nach dem Exponentialmodell hinweist. (T2 Fig.67) Dies würde bedeuten, daß bei Niederschlägen die Quelle direkt gespeist wird, während bei Trockenperioden sie von einem Karstwasserkörper gespeist wird.



#### 5.2.2.2. Hauptbecken (nördlich des Buchbergbaches)

##### MO - 38 Quelle am NW-Hangfuß von "In Santen":

Für die Quelle, von der geschlossene Isotopenmeßreihen über den Untersuchungszeitraum vorliegen und die geringe Schwankungen in Schüttung, Temperatur und Chemismus aufweist, wird wohl das Moränengebiet der "Santen" als Haupteinzugsgebiet in Frage kommen. Die Deuteriumwerte mit  $-72 \text{ ‰ D}^0/\text{oo}$  im Jahresmittel 1969 deuten auf ein Einzugsgebiet tief bis mittelhoher Höhenlage. Die Jahresgänge der Isotopen weisen auf eine ca. 70 % jährliche Erneuerung nach dem Exponentialmodell. (T2 Fig.66) In den Trockenmonaten Oktober, Dezember 1969 und Februar 1970 liegen die Tritiumwerte höher, was auf Heranziehung von älterem Wasser schließen läßt.

##### MO - 205 Quelle im Weittal:

Die Quelle, von der zum Teil lückenhafte Isotopenmeßreihen über den Untersuchungszeitraum vorliegen, hat nur geringe Schüttung. Die Deuteriumwerte von 1969, mit ca.  $-75 \text{ ‰ D}^0/\text{oo}$  im Mittel, weisen auf ein Einzugsgebiet mittlerer Höhenlage. In Verbindung mit dem hohen Tritiumgang weist sie auf ein Einzugsgebiet aus den östlichen Hauptdolomitbergen. Die Isotopengänge passen sich gut einer ca. 40 % jährlichen Erneuerung nach dem Exponentialmodell an. (T2 Fig.63) In den Trockenmonaten werden ältere Wässer herangezogen.



### 5.2.2.3. Hilgebach

#### MO - 59 - 61 Quellen im oberen Hilgebach:

Die Quellgruppe schüttet nur während der Schneeschmelze und bei starken Niederschlägen, dann aber bis zu mehreren  $\text{m}^3/\text{s}$ . Sie entspringt am Nordrand einer stark verkarsteten Wettersteinkalkmasse und ist wohl als Übersprung eines in diesem Wettersteinkalk vorliegenden Karstwasserkörpers zu verstehen. Dies würde bedeuten, daß hier junges Wasser austritt, was an Hand der zwei Meßwerte natürlich nicht zu belegen ist.

#### MO - 145 - 149 Quellen im oberen Hilgebach:

Die Quellgruppe, von der nur lückenhaft Isotopenmeßreihen über den Untersuchungszeitraum vorliegen und die vor allem durch ihren ausgeglichenen Gang in Temperatur und Chemismus auffällt, was überwiegend durch die feinklüftigen Dolomite in ihrem Einzugsbereich bedingt sein dürfte. Die konstanten Deuteriumwerte und der ausgeglichene Tritiumgang weisen auf eine lange Verweildauer, die nach dem Exponentialmodell einer ca. 5 % jährlichen Erneuerung entsprechen würde. (T2 Fig.60) Bei einer durchschnittlichen Schüttung von ca  $10 \text{ l/s}$ , kann auf ein über 6 Millionen  $\text{m}^3$  großes Wasserreservoir geschlossen werden. (Tab.13)

#### MO - 151 Quelle im Wasserboden:

Die Isotopenmeßreihen der Quelle über den Untersuchungszeitraum liegen nur lückenhaft vor. Der auffallend hohe Gang der Tritiumwerte, der im Zusammenhang mit dem Deuteriumgang auf eine rund 40 % jährliche Erneuerung nach dem Exponentialmodell hinweist. (T2 Fig.63) Die Deuteriumwerte des Jahres 1969, mit ca.  $-75 \pm \text{D}^0/\text{oo}$  im Mittel, weisen auf ein Einzugsgebiet mittelhoher Höhenlage. Die Winterwerte 1968/69, mit maximal 500 TU, entsprechen Wasser aus den Jahren 1962 - 1964. (Fig.7)



MO - 152/53 Quellen im Hilgebach in der Welchau:

Die Quellen, von denen zum Teil lückenhafte Isotopenmeßreihen über den Untersuchungszeitraum vorliegen und die aus einer Wettersteinkalkmasse kommen, weisen in ihrem Deuteriumgang auf eine ca. 70 % jährliche Erneuerung nach dem Exponentialmodell. (T2 Fig.66) Dies würde einen eigenen Karstwasserkörper bedingen, da die höher liegenden Quellen im Hilgebach eine wesentlich geringere jährliche Erneuerung aufweisen. Der überraschend konstante Tritiumgang, der in der Absoluthöhe der Tritiumwerte dem Mittel einer ca. 70 % jährlichen Erneuerung entspricht (T2 Fig.66), läßt die Annahme zu, daß eine Vermischung mit den versickernden Wässern, der im oberen Hilgebach austretenden Quellwässer und dem Karstwasserkörper erfolgt. Dies würde die Dämpfung des Jahresganges der Tritiumwerte erklären.

MO - 44 Quelle rechtsufrig des Hilgebaches:

Die Isotopenmeßreihen über den Untersuchungszeitraum liegen für diese Quelle fast lückenlos vor. Der konstante Deuteriumgang weist auf eine rund 1 - 4 % jährliche Erneuerung nach dem Exponentialmodell. (T2 Fig.59,60) Da sie aus Dolomitgestein entspringt und vor allem durch ihre niederen Tritiumwerte, die auf eine lange Aufenthaltszeit der Wässer im Untergrund hinweisen, ist bei einer 3 % jährlichen Erneuerung 50 % des Wassers älter als 20 Jahre. (T2 Fig.58) Bei Annahme einer 2,5 % jährlichen Erneuerung, würde die Quelle über ein ca. 10 Millionen m<sup>3</sup> großes Wasserreservoir verfügen. (Tab.13) Der Tritiumgang liegt im Mittel bei einer rund 2 - 3 % jährlichen Erneuerung, doch liegen einzelne Monatswerte bis ca. 100 TU höher. Hier scheint dem überwiegend alten Wasser jüngerer zugeführt zu werden.



MO - Bl. 2 am unteren Hilgebach:

Dem Borhlöch, von dem lückenlose Isotopenmeßreihen über den Untersuchungszeitraum vorliegen, sickert dauernd Hilgebachwasser zu, dies zeigt der mittlere Deuteriumwert 1969 von ca.  $-75,5 \delta D^0/00$ , der auf ein Einzugsgebiet mittelhoher Höhenlage hinweist. Der konstante Deuteriumgang, der nur durch die Schneeschmelzabweichung charakterisiert ist, zeigt in Verbindung mit dem Tritiumgang auf eine rund 5 % jährliche Erneuerung nach dem Exponentialmodell. (T2 Fig.60)



### 5.3. Bemerkungen:

Um den Gegebenheiten besser entsprechen zu können und dadurch realistischere Ergebnisse zu bekommen, muß man auf Folgendes Rücksicht nehmen:

- Die Beschreibung der Quellen sollte nicht nur nach Lage, sondern auch nach geologischen Einzugsgebieten, erfolgen. Das Einzugsgebiet von Karstquellen ist unter Berücksichtigung eventueller unterirdischer Wasserscheiden zu beurteilen.
- Niederschlagsmessungen sind Jahre vorher an repräsentativen Orten des Untersuchungsgebietes erforderlich, um die Altwasseranteile mengenmäßig erfassen zu können, da ja in der Regel die Isotopenwerte über ein Jahr im gewogenen Mittel angegeben werden.

Da der Input durch Monatssammelproben des Niederschlages berechnet wird und somit der Tritium- und Deuteriumwert das gewogene Mittel der Einzelniederschläge in der Monats-sammelprobe darstellt, müte man gleichartige Meßwerte vom Output der Quellen besitzen. Tatsächlich wurden aber nur alle 14 Tage bis einmal monatlich bei den Gewässerbeobachtungsstellen Proben entnommen. Da die Niederschlagsereignisse innerhalb eines Monats untereinander relativ grosse Schwankungen aufweisen und daher Quellen mit geringer Verweildauer bzw. mit großer jährlicher Erneuerung nach dem Exponentialmodell eine besonders starke Abhängigkeit der Isotopengehalte von den zuletzt in den Untergrund versickernden Niederschlägen aufweisen.

Um eine Monatsammelprobe den Gegebenheiten entsprechend zu bekommen, müßte man:

- laufend proportional der Schüttung Proben entnehmen und eine Sammelprobe bilden. Über den selben Zeitraum wie die Niederschlagssammelprobe, oder
- tägliche Probenahme (bzw. gewisse Zeitintervalle) verbunden mit einer Schüttungsmessung, um so eine Mischprobe für den bei der Niederschlagsmessung verwendeten Zeitab-



schnitt zu bekommen.

Nur so kann gewährleistet werden, daß eine den tatsächlichen Schüttungsverhältnissen entsprechende, realistische Monatssammelprobe zustande kommt. Dies deshalb, um den meteorologischen Ereignissen gerecht zu werden, zum Beispiel: Gewitter, Trockenperioden ...

Besonders bei ausgeprägten Karstquellen, die große Schüttungsunterschiede aufweisen und die auch vollkommen austrocknen können

Um die Isotopengehalte des Schneeschmelzabflußwassers richtig interpretieren zu können, wäre es überdies erforderlich, den Vorgang der Schneeakumulation in den Wintermonaten und den Schneeschmelzwasserabfluß im Frühjahr, zeitlich und mengenmäßig, unter Berücksichtigung der Isotopengehalte des Schneeschmelzwasserabfluß, zu beobachten. So gelangen in den Wintermonaten angehäuften Schneemassen, mit niederem Tritium- und Deuteriumgehalt, erst im Frühjahr zum Abfluß, d.h., daß sich die niederen Winterisotopenwerte frühestens zur Schneeschmelze auswirken können.

Weiters darf nicht vergessen werden, daß hinsichtlich der Niederschlagsmenge und den zur Versickerung gelangten Wassermengen fast immer eine Differenz besteht und zwar: oberirdischer Abfluß, die Evapotranspiration und die Verdunstung. Durch Wind bzw. Föhn kann, besonders im nackten Karst, ein Vielfaches der normalen Verdunstung erreicht werden.



## 6. Zusammenfassung:

Die Untersuchung zeigt deutlich, daß isotopenhydrologische Untersuchungen nur dann durchgeführt werden können, wenn der Input (Isotopengehalte der Niederschlagswässer) in kompletten, möglichst langen Meßreihen, vorliegt. Dabei ist zu beachten, daß die Niederschlagsmeßstationen an repräsentativen Orten des zu untersuchenden Gebietes eingerichtet werden.

Bei der Beurteilung der Tritiumwerte des Output ist Folgendes zu beachten:

- Um eine Mehrdeutigkeit von Tritiumwerten (T2 Fig.65) zu vermeiden, ist es unbedingt erforderlich einen Vergleich mit den stabilen Isotopen anzustellen. Vergleiche Diagramm für Gang des Output von Tritium und Deuterium in Bereich Molln 1969/70 für 5 % jährlicher Erneuerung (T2 Fig.60) und für 70 % jährlicher Erneuerung (T2 Fig.66). Dabei zeigt sich, daß je geringer die jährliche Erneuerung ist, um so konstanter verläuft der Gang der Tritiumwerte.
- Sehr niedere Tritiumwerte lassen auf eine hohe Verweildauer im Untergrund schließen, was einer geringen prozentuellen jährlichen Erneuerung entspricht. So ist zum Beispiel 50 % des Wassers einer Quelle, mit 3 % jährlicher Erneuerung, älter als 20 Jahre. (T2 Fig.58) Tritiumwerte, die heute unter 5 TU liegen, zeigen eindeutig auf Wasser hin, die vor den Wasserstoffbombentestserien (1953) in den Untergrund gelangten.
- Quellen mit hoher Verweildauer und großer Schüttung besitzen nach dem Exponentialmodell ein großes unterirdisches Reservoir. In der Natur wird das Reservoir meist größer sein als das berechnete Reservoir. Dies hängt von der Wasserwegsamkeit der Karstkörper ab. So ist bei Dolomitgestein die Feinlumigkeit für die konstante Schüttung der diesen Körper entspringenden Quellen charakteristisch.



- Karstquellen mit großen Schwankungen in den Schüttungen deuten auf Wasser mit geringer Verweildauer bzw. grosser jährlicher Erneuerung. Hierbei muß aber beachtet werden, ob nicht bei solchen Quellen zwei Wasserkörper einander überlagern und so zeigt sich wieder die Bedeutung der Schüttungsmessung für die Beurteilung der Isotopenwerte.

Im speziellen Fall des Untersuchungsgebietes Molln, kann der Versuch an Hand des Exponentialmodelles das Alter von Quellwasser, bzw. deren prozentmäßige jährliche Erneuerung, trotz der aufgezeigten Mängel bei den vorhandenen Grundlagen, zu bestimmen, als Anhaltspunkt für die Beurteilung der Gewässerbeobachtungsstellen genommen werden. Die Einzelwerte schwanken in einer gewissen Bandbreite, aber der Gang der Isotopenwerte paßt sich gut den Gegebenheiten an.

Es kann daher gesagt werden, daß die von der Bundesanstalt für Wassernaushalt von Karstgebieten seit Mitte 1972 eingeleitete systematische Sammlung von Niederschlagsproben, zur Bestimmung der Isotopengehalte, über ein Netz von ca. 85 Stationen im österreichischen Bundesgebiet verteilt, die Grundlage für weitere isotopenhydrologische Untersuchungen bildet.







BUNDESANSTALT FÜR WASSERHAUSHALT VON KARSTGEBIETEN  
(vormals Speläologisches Institut)

Zl. 331-75/55

Wien, 1975 11 25

A b s c h l u ß b e r i c h t  
=====

über die  
für das Projekt Pumpspeicherwerk Molln durchgeführten  
karsthydrologischen Untersuchungen

A) Quellaufnahmen im erweiterten Projektgebiet

In den Jahren 1966 - 1967 wurden im Bereich der Ober- und Unterstufe in Molln - Breitenau Quellaufnahmen durchgeführt, deren Ziel es war, die hydrologisch bedeutsamen Quellen bis zum Stauziel (und zum Teil auch darüber) zu erfassen. Ergänzende Quellaufnahmen wurden in den Jahren 1968/69 im Einzugsbereich des Reichtamingbaches und 1969 bzw. 1972 in den Einzugsbereichen der Krummen Steyrling und des Steyr-Flusses im Bereiche des Mollner Beckens durchgeführt. Die Aufnahmen des Speläologischen Institutes wurden durch Erkundungen der Sektion Sierning des Landesvereines für Höhlenkunde abgerundet, die neben Quellen auch Karsterscheinungen (Erdfälle, Dolinen, Schächte und Höhlen) umfaßten.

Insgesamt wurden rd. 300 Quellen und sonstige Gewässer erfaßt, von denen - soweit möglich - die Schüttungen geschätzt die Wassertemperaturen gemessen und der Chemismus bestimmt wurde.







## B) Karsthydrologische Langfristbeobachtungen

Nach Abschluß der Quellaufnahmen wurde ein Gewässerbeobachtungsprogramm eingeleitet, das insgesamt 48 Beobachtungsstellen (Quellen, Flüsse, Bäche, Bohrlöcher und Teiche) umfaßte.

Die Meßreihen umfaßten unterschiedliche Zeiträume:

1968 - 1970 . . . . . 20 Beobachtungsstellen

1969 - 1970 . . . . . 13 - " -

1969 oder 1970 . . . . . 15 - " -

An den Beobachtungsstellen wurden vorerst wöchentlich, später monatlich Wassertemperatur und Schüttung gemessen (bzw. geschätzt), sowie Proben für die chemische Untersuchung entnommen. Die Meßergebnisse wurden für jede Beobachtungsstelle in Diagrammen zusammengefaßt (Schüttung, Temperatur, Gesamthärte, Karbonathärte, Calciumhärte in % der Gesamthärte und bei Bohrungen der Wasserstand).

Ziel dieser Langfristbeobachtungen war es, das Regime der einzelnen Quellen bzw. Gewässer, vor allem im Hinblick auf dessen Beeinflussung durch Niederschläge und Schneeschmelze festzustellen, und Hinweise auf den Einzugsbereich der Quellen und dessen Verkarstungsgrad zu erhalten.

Die Ergebnisse der Messungen bestätigen die von Prof. JOB (Innsbruck) aufgestellte chemische Klassifizierung der Quellen.



## Beschreibung der einzelnen Quellbereiche

### Südlicher Stauraumabschnitt

Die Quellen MO-11 (Steiernquellen), MO-14/15 (Maulaufloch) und MO-19 sind ausgeprägte Karstquellen, die stark auf Schneeschmelze und auf Niederschläge reagieren. Der rasche Durchfluß und die z. T. großen Schüttungen weisen auf stark wasserwegsame Zubringergefäße im Untergrund hin. Die Quellen 11 und 19 dürften überwiegend an Opponitzerkalkzüge gebunden sein, die Quelle 14/15 entspringt aus dem Hierlatzkalkzug der Ebenforstam. Das Ost-West-Streichen der Kalkzüge läßt darauf schließen, daß in den Einzugsgebieten dieser Quellen die Hauptwasserbewegung überwiegend mit Ost-West- bzw. West-Ost-Richtung auf die Krumme Steyrling zu erfolgt.

### Hauptbecken (nördlich des Buchbergbaches)

Die dort beobachteten Quellen (MO-205 und MO-38) weisen geringe Schüttungen auf und sind wohl nur von lokaler Bedeutung. Für die Quellgruppe um MO-38, die geringe Schwankungen in Schüttung, Temperatur und Chemismus aufweist, wird wohl das Moränengebiet der "Santen" als Haupteinzugsgebiet in Frage kommen. Die Quelle MO-205 fällt durch ihre hohen Tritiumwerte auf, die auf eine längere Verweildauer des Wassers im Untergrund hinweisen.

Häufig zu beobachtende Wasseraustritte entlang der Krummen Steyrling sind als Austritte des Grundwasserbegleitstromes zu deuten.

Auffallend ist das Fehlen jeder oberirdischen Entwässerung im Sandbauerngraben. Schon von den Hängen her erfolgt der Abfluß unter einer meist mächtigen Dolomitgrusdecke, die in den Hanggräben bis mehrere Meter stark werden kann. Es ist zu vermuten, daß die im Lockermaterial unter dem Talboden abfließenden Wasser dem Grundwasserkörper des Beckens und damit der Krummen Steyrling zugeführt werden.

### Hilgerbach

Die oberste beobachtete Quellgruppe (MO-59-61) schüttet nur während der Schneeschmelze und bei starken Niederschlägen, dann aber bis zu mehreren m<sup>3</sup>/s. Sie entspringt am Nordrand einer stark verkarsteten Wettersteinkalkmasse und ist wohl als Übersprung eines in diesem Wettersteinkalk vorliegenden Karstwasserkörpers zu verstehen. In ihrem Verhalten entspricht diese Quelle am ehesten den im südlichen Stauraumabschnitt entspringen Steiernquellen.



Als erster perennierender Quellaustritt tritt weiter nördlich im Hilgerbachbett die Quellgruppe MO 145-149 aus, die vor allem durch ihren ausgeglichenen Gang in Temperatur und Chemismus auffällt, was überwiegend durch die feinklüftigen Dolomite in ihrem Einzugsbereich bedingt sein dürfte.

Wie in Abschnitt D) ausgeführt wird, versinkt der Großteil dieser Wässer bei Erreichen der Wettersteinkalkmasse der Welchau, um am Nordrand des Wettersteinkalkes in der Quellgruppe 152/53 wieder zutage zu treten. Es ist nicht auszuschließen, daß im Bereiche dieser Wettersteinkalkmasse ein ausgeprägter (auf den Wettersteinkalk begrenzter) Karstwasserkörper vorliegt.

Im Bereiche der Hatzenbichleralm (Wasserboden) treten die Quellen MO-151 und MO-53 aus. Beide zeigen einen stark gedämpften Jahresgang der Temperatur und ziemlich konstante Härtewerte. (Die Härteschwankungen von MO-151 können allenfalls auf die zeitweise schlechten Probenentnahmebedingungen zurückzuführen sein.) Auffallend sind die hohen Tritiumwerte von MO-151, die auf eine längere Verweildauer der Wässer im Untergrund hinweisen. (Von MO-53 liegen keine Tritiumwerte vor.) Beide Quellen entspringen aus wenig durchlässigem Dolomit, was auch die längere Verweildauer erklärt.

Wie die Markierungsversuche im Bereiche der Welchau gezeigt haben (siehe Abschnitt C), gelangen die im Bereich des Wettersteinkalkes der Welchau versickernden Wässer in der Quellgruppe 152/53 wieder zum Austritt.

Die beim Forsthaus Welchau entspringende Quelle MO-47B zeigt zwar einen ausgeglichenen Jahresgang der Temperatur, doch weisen die starken Schwankungen der Härtewerte auf eine starke Beeinflussung durch Niederschläge hin. Hier dürfte nur ein kleinräumiges lokales Einzugsgebiet vorliegen.

Die rechtsufrig des Hilgerbaches in der Welchau entspringende Quelle MO-44 fällt vor allem durch ihre niedrigen Tritiumwerte auf, die auf eine äußerst lange Verweildauer der Wässer im Untergrund hinweisen. Nach dem Exponentialmodell würde die jährliche Erneuerung des diese Quelle speisenden Karstwasserkörpers nur 2 - 4 % betragen, was bei einer Durchschnittsschüttung von 8 l/s ein Speichervolumen von mehr als 8 Mio. m<sup>3</sup> ergeben würde. Die Wassertemperatur ist ziemlich konstant, ebenso die Gesamt- und Karbonathärte (abgesehen von einigen deutlich aus der Reihe fallenden Werten). Hier scheint dem überwiegend alten Wasser zeitweise jüngerer Wasser zugeführt zu werden.



### Hausbach

In den Mäanderschlingen des Hausbaches sind zahlreiche Wasseraustritte und Versickerungsstellen zu beobachten, die auf eine starke Grundwasserbewegung hinweisen. In den Bohrungen Mu-358 - Mu 360 wurde ein zweiter, etwa 1 - 2 m tiefer liegender Bergwasserspiegel festgestellt.

### Krumme Steyrling zwischen Hausbach und Blumau

Im Bereiche der Köhlenschmiede und nördlich davon treten im Tal der Krummen Steyrling mehrere Quellen aus, die durch ihre Sulfatgehalte auffallen (MO-95, 107 - 108 und 103) und an einen Aufbruch von Opponitzerkalken gebunden sind.

Am auffälligsten ist die direkt unter der Köhlenschmiede im Niveau der Krummen Steyrling austretende Quelle MO-103, die äußerst niedrige Tritiumwerte aufweist. Die Temperaturen zeigen einen schwach ausgeprägten Jahresgang (mit Tiefstwerten während der Schneeschmelze), was für eine zumindest geringe Beteiligung von oberflächennahen Wässern spricht. Die Härtewerte sind weitgehend konstant, der Gipsgehalt beträgt allein rd. 14 Härtegrade. Nach dem Exponentialmodell würden die Tritiumwerte auf eine jährliche Erneuerung des die Quelle speisenden Karstwasserkörpers von rd. 3 % hinweisen. Bei einem Durchschnitt der geschätzten Schüttungswerte von rd. 5 l/s würde dies ein Speichervolumen von mehr als 5 Mio. m<sup>3</sup> ergeben. Da die Quelle direkt im Niveau der Krummen Steyrling austritt, muß angenommen werden, daß ein Großteil der Wasser direkt in den Fluß übertritt und die tatsächliche Gesamtschüttung dieser Quelle weit aus höher ist, was ein entsprechend größeres Speichervolumen zur Folge hätte. (Nach dem Exponentialmodell wären bei einer 3%igen jährlichen Erneuerung 60 Prozent des austretenden Quellwassers älter als 16 Jahre!) Wesentlich ist die Feststellung, daß aus dem O-W-streichenden Opponitzerkalkzug, der im Bereiche der Köhlenschmiede das Tal der Krummen Steyrling quert, alte Wasser zum Austritt gelangen. Dies unterstreicht die Bedeutung dieses Opponitzerkalkzuges als stark wasserwegsame O-W-streichende Drainage.



Die relativ hoch über dem Talgrund entspringende Quelle MO-250A (Schüttungen um 0,3 l/s) unterscheidet sich von den Quellen bei der Köhlenschmiede durch den nur geringen Sulfatgehalt. Trotz der auf eine längere Verweildauer der Wässer im Untergrund hinweisenden Tritiumwerte dürfte sie aber nur von lokaler Bedeutung sein.

Zu erwähnen ist hier noch die Quelle MO-240, die wiederum höhere Sulfatwerte aufweist. Hydrologisch steht sie wohl mit den Quellen bei der Köhlenschmiede in keinem Zusammenhang und dürfte einem von diesen getrennten Opponitzerkalkzug zuzuordnen sein. Auf Grund der Tritiumwerte kann eine Beteiligung von älterem Wasser nicht ausgeschlossen werden.

#### Bereich der Mollner Terrasse

Am Fuße der Mollner Terrasse treten im Niveau der Krummen Steyrling und des Steyr Flusses mit einer deutlichen Häufung im Bereich des Zusammenflusses (tiefste Lage des Vorfluters!) zahlreiche kleine Quellen aus, deren Schüttungen nur schwer meßbar sind. Für den Gesamtbereich muß wohl eine Schüttungssumme von rd. 100 l/s (oder mehr) angenommen werden. Die Quellen sind in der Regel sulfatführend. Die Tritiumwerte (z. B. von MO-459) weisen auf eine längere Verweildauer der Wässer im Untergrund hin. Ob die Wässer erst im Bereiche der Mollner Terrasse mit Sulfat angereichert werden oder bereits sulfatbeladen in die Mollner Terrasse eintreten, muß offen bleiben. Allerdings weisen zahlreiche Dolinen auf der Mollner Terrasse wie auch der Einsturz der Wunderlucke auf die Bildung von großen Laugungshohlräumen unter der Mollner Terrasse hin, was auf das Vorliegen von Gips im Terrassenuntergrund schließen lassen könnte.

Die südlich der Mollner Terrasse am Ufer des Steyr Flusses entspringende Quelle MO-472 zeigt einen ausgeglichenen Gang von Temperatur und Chemismus (mit schwacher Jahreschwankung). Die Tritiumwerte lassen auf eine längere Verweildauer der Wässer im Untergrund schließen, der hohe Magnesiumanteil weist auf ein dolomitisches Einzugsgebiet hin.

#### Paltenbach - Garnweid

Als typische Karstquelle ist die Quelle MO-137 zu bezeichnen, die etwa mit der Quelle MO-14/15 im südlichen Stauraum verglichen werden kann.

Der Einzugsbereich der Karstquelle MO-195 dürfte im Bereich des Schwarzkogels (westlich des Paltenbaches) zu suchen sein. Für die unterhalb davon entspringende Quellgruppe MO-195A kann eine Beteiligung von Paltenbachwasser nicht ausgeschlossen werden.



In der Quelle MO-140 dürfte (schon auf Grund der Tritiumwerte) weiter oben versickerndes Bachwasser zum Austritt gelangen. Der Quelle MO-143 wird nur ein lokaler Einzugsbereich zuzuordnen sein.

Die Quelle MO-185 (Quelle des Mollnerbaches) zeigt einen ziemlich ausgeglichenen Temperaturgang und nahezu konstante Härtewerte. Sie erinnert damit an die typischen Dolomitquellen MO-53 und MO-151 im Wasserboden (Hatzénbichleralm). Ihr Einzugsbereich wird in den Hängen des Annasberges zu suchen sein. (Von dieser Quelle liegen keine Tritiummessungen vor.)

#### Reichramingbach

Aus diesem Bereich liegen nur Einzelmessungen der aufgenommenen Quellen vor. Dem Chemismus nach hat der größte Teil der dort entspringenden Quellen ausgesprochenen Dolomitcharakter. Nur einige wenige Quellen (wie im Bereiche Wilder Graben und Ebenforsterbach) weisen auf die Herkunft der Wässer aus Kalkbereichen hin. Aus den von dort vereinzelt vorliegenden Tritiummessungen können keine bindenden Schlüsse gezogen werden.

#### Bohrungen

In die Bohrungen Bl. 2 und Bl. 3 sickert dauernd Hilgerbachwasser ein. Die von diesen beiden Bohrungen vorliegenden Meßwerte spiegeln daher den Charakter der Mischung aller im Oberlauf des Hilgerbaches anfallenden Quell- und Oberflächenwässer wider.

Die Bohrungen Bl. 9 und Bl. 9A zeigen äußerst starke Jahreschwankungen der Temperatur, was auf eine bedeutende Beeinflussung von der Oberfläche her hinweist. Bl. 9 weist unerklärlich starke Schwankungen der Härtewerte auf. Bei Bl. 9A weisen die irregulären %Ca-Werte (unter 50 %) auf Störungen des natürlichen Wasserchemismus hin.

Von den Bohrungen in der Garnweid, deren Wasserchemismus für ein überwiegend dolomitisches Einzugsgebiet spricht, weisen GC2 und GC5 einen etwas erhöhten Sulfatgehalt auf.



### C) Markierungsversuche

#### a) Vorversuche im Bereiche der Welchau

Im Juni und Juli 1970 wurden im Bereich der Wettersteinkalkmasse der Welchau 3 lokale Markierungsversuche durchgeführt. Die Einspeisungen erfolgten nach Testung des Schluckvermögens der Schwinden in die Schachthöhle am Südrand der Wettersteinkalkmasse (20. Juni), in eine Doline links oberhalb der Klammstrecke (2. Juli) und in eine Doline links oberhalb der Welchau (18. Juli). In allen Fällen wurde Sulforhodamin G extra als Tracer verwendet. Bei allen 3 Versuchen wurde der Wiederaustritt des Farbstoffes nur in der Quellgruppe 152/53 (im Hilgerbachbett am Südrand des Wiesengeländes der Welchau) beobachtet. Die Laufzeit von der Schwinde zur Quelle betrug bei der Einspeisung in die Schwinde oberhalb der Welchau (bei kürzester Horizontalentfernung) nur 1,2 Stunden und war von der Doline links oberhalb der Klammstrecke mit 26 Stunden am längsten.

Die ausgebrachte Farbstoffmenge wurde für die Einspeisung in die Doline links oberhalb der Klammstrecke mit ca. 1% berechnet, bei den anderen beiden Einspeisungen betrug sie rd. 30%. Die stark unterschiedlichen Ausbringungsmengen dürften vor allem darin zu suchen sein, daß der Farbstoff Sulforhodamin G im Untergrund meist sehr starke Adsorptionsverluste erleidet, die umso größer sind, je feinkörniger die durchflossenen Gefäße sind und je mehr toniges Material und organischer Detritus in diesen Gefäßen vorliegen. Gerade bei der Doline links oberhalb der Klammstrecke war der Verunreinigungsgrad sehr hoch; so hat das eingespülte Fallaub während der Einspeisung dort sogar einen beträchtlichen Rückstau zur Folge gehabt, wodurch die adsorptive Bindung des Farbstoffes zweifellos begünstigt wurde.

Aus den Ergebnissen dieser 3 lokalen Markierungsversuche ist zu schließen, daß die Wettersteinkalkmasse der Welchau ein geschlossenes hydrologisches System darstellt. Die am Südrand und im Bereiche des Wettersteinkalkes versickernden Wässer gelangen am Nordrand des Kalkes im Hilgerbachbett in der Quellgruppe 152/53 wieder zum Austritt.







b) Hauptversuch (Einspeisung in Bohrloch 2)

Im Bohrloch 2 war zeitweise ein bis zu 25 m tief liegender Wasserspiegel festgestellt worden. Da die Wiederaustrittsstellen dieses tiefliegenden Wasserkörpers außerhalb des Oberbeckens (etwa im Bereiche der Köhlenschmiede und nördlich davon) liegen müßten, aus den Quellbeobachtungen allein aber keine Schlüsse auf derartige Wiederaustrittsstellen zu ziehen waren, sollte diese Frage durch einen großräumigen Markierungsversuch geklärt werden.

Am 13. August 1970 wurden in das Bohrloch 2 insgesamt 40 kg Uranin eingespeist. Insgesamt wurden 71 Quellen und Wasserläufe im Bereiche der Krummen Steyrling, des Steyrflusses, des Mollner- und Paltenbaches, der Enns und des Reichramingbaches auf Wiederaustritte des Farbstoffes beobachtet. Die Untersuchung erfolgte sowohl durch Direktmessung der Wasserproben, als auch mittels Aktivkohle-Anreicherung.

Die Beobachtung erfolgte anfangs in kürzeren Abständen (täglich bis mehrtäglich) und wurde später auf monatliche Probenentnahmen eingeschränkt. Die letzten Proben wurden rd. 2 Jahre nach der Einspeisung entnommen und untersucht.

In keiner der Beobachtungsstellen konnte während des Beobachtungszeitraumes ein Hinweis für den Wiederaustritt des in das Bohrloch 2 eingespeisten Uranins gefunden werden.

Da ausgeschlossen werden kann, daß etwa während des ersten Beobachtungsjahres ein Uraninaustritt an einer Quelle nicht erfaßt worden wäre, muß das Fehlschlagen dieses Versuches mit dem Vorliegen übermäßig langer unterirdischer Laufzeiten erklärt werden. Je länger die unterirdischen Laufzeiten sind, umso größer ist auch die Verdünnung des Farbstoffes. Das heißt, daß bei entsprechend langen Laufzeiten (u.U. über größere unterirdische Wasserkörper) der Farbstoff in keiner Quelle mehr nachgewiesen werden kann.



D) Versickerungsstrecken des Hilgerbaches

Ab September 1971 wurde der Hilgerbach anfangs wöchentlich, später monatlich von der Mündung bis zum Bach-km 5,0 begangen, wobei die jeweiligen Fließstrecken des Baches festgestellt wurden. Von den bedeutendsten Quellen, Versickerungs- und Wiederaustrittsstellen wurden Wasserproben entnommen und die wichtigsten chemischen Daten bestimmt. Dieses Meßprogramm wurde vorerst bis September 1972 durchgeführt. Spätere Messungen (bis 1974) bestätigten die im ersten Jahr gewonnenen Ergebnisse.

Nach den Meßergebnissen gliedert sich die beobachtete Strecke in 3 Abschnitte, und zwar in

- den Dolomitbereich südlich des Wettersteinkalkes der Welchau, mit den durchgehend schüttenden Quellen 145-149 (wobei der Bereich südlich dieser Quellen bis zur Quelle 59-61 überwiegend streckenweise trocken liegt);
- den Wettersteinkalkbereich der Welchau, an dessen Südrand die von den Quellen 145-149 abfließenden Wässer und in dessen zentralem Bereich die Wässer des Wasserbodenbaches zum größten Teil versinken, um an seinem Nordrand (in der Quellgruppe 152/53) wieder zutage zu treten;
- den Talbereich zwischen Welchau (Quellgruppe 152/53) und der Mündung in die Krumme Steyrling.

Der Talbereich zwischen Welchau und Mündung in die Krumme Steyrling liegt bei geringer Wasserführung des oberen Hilgerbaches und des Wasserbodenbaches bzw. bei geringer Schüttung der Quellgruppe 152/53 zeitweise über größere Strecken trocken, woraus hervorgeht, daß in diesem Bereich des Hilgerbaches ein unterirdischer Abfluß erfolgt.

So verliert die Quelle 44 bei Trockenliegen des Hilgerbaches meist schon wenige Meter nach ihrem Austritt das gesamte Wasser an den Untergrund. (Das gleiche gilt auch für die Quelle bei Bohrloch 2.)

Zeitweise kann der Hilgerbach über 200 - 300 m oberhalb des Bohrloches 2 auch dann Wasser führen, wenn die oben und unten anschließenden Bachstrecken trocken liegen.



Es erfolgt also oberhalb des Bohrloches 2 (im Bereich der Engstelle des Tales) ein verstärktes Aufdrängen des Grundwasserstromes. Im Bereiche des Bohrloches 2 treten dann wieder erhöhte Verluste an den Untergrund ein. (Wasserstände im Bohrloch 2 bis zu 25 m und im Bohrloch MS 317 bis zu 12 m unter der Talsohle.)

Ein Versuch der EKW, die Größenordnung des im Bereiche des unteren Hilgerbaches unterirdisch abfließenden Wassers zu berechnen, ergab für den Bereich des Pegels Hilgerbach (etwa 250 m oberhalb der Mündung in die Krumme Steyrling) einen möglichen unterirdischen Abfluß von rd. 200 l/s.

In Bohrungen an der Sperrenstelle Kienberg und im Hausbachtal wurden ebenfalls tiefer als der Bachwasserspiegel liegende Gebirgswasserspiegel festgestellt. Gegen Norden steigen die Drücke dieses Bergwasserspiegels im Verhältnis zum Grundwasserspiegel immer mehr an und erreichen in den Bohrungen an der Sperrenstelle der Unterstufe Überdrücke von 70 cm Wassersäule und mehr.

In Bohrungen an der Sperrenstelle Kienberg und im Hausbachtal wurden ebenfalls tiefer als der Bachwasserspiegel liegende Bergwasserspiegel festgestellt. Im Verlauf der Krummen Steyrling steigen die Drücke dieses Bergwasserspiegels gegenüber dem (nach Norden zu stärker abfallenden) Grundwasserspiegel immer mehr an und erreichen in den Bohrungen an der Sperrenstelle Unterstufe Über-Drücke von 70 cm und mehr. Der Vergleich der Höhenlagen dieses Bergwasserspiegels mit dem tiefsten im Bohrloch 2 festgestellten Wasserspiegel zeigt, daß ein unterirdischer Abfluß der im Bereich des Bohrloches 2 versinkenden Wasser über diesen im Tal der Krummen Steyrling festgestellten Bergwasserkörper durchaus möglich ist.



## E) Zusammenfassung

Untergrund und Umrahmung des Unter- und Oberbeckens Molln-Breitenau werden fast ausschließlich von Karbonatgesteinen aufgebaut, die in unterschiedlichem Ausmaße der Verkarstung unterliegen.

Bei der Beurteilung müssen folgende allgemeine Überlegungen berücksichtigt werden:

Die in der Tiefe eines (nach oben zu nicht begrenzten) Karstgesteinskörpers zirkulierenden Wasser bilden einen Karstwasserkörper. Der Scheitel eines derartigen Karstwasserkörpers liegt in der Regel unter den zentralen Teilen des Infiltrationsgebietes, von wo aus der Karstwasserspiegel - je nach den vorliegenden Gegebenheiten mehr oder weniger stark - zu den Vorflutern (Quellbereiche in den Tallagen) abfällt. Je geringer die Durchlässigkeit des Gesteines ist, umso höher wird der Scheitel des Karstwasserkörpers über den Vorflutern liegen und umso größer wird das Gefälle seiner Flanken sein.

Die Hauptwasserbewegung eines Karstwasserkörpers vollzieht sich in der Regel im Bereiche des je nach den jahreszeitlichen Infiltrationsverhältnissen in seiner Höhe schwankenden Karstwasserspiegels, wo auch die stärkste Hohlraumbildung erfolgt. Gegen die Tiefe und das Zentrum des Karstwasserkörpers zu nimmt die Intensität der Wasserbewegung ab, womit im selben Ausmaße auch die Hohlraumbildung zurücktritt.

Das Ausmaß der Verkarstung wird in erster Linie durch den Gesteinsbestand bedingt. In stark klüftigen Kalken überwiegen meist rasch durchflossene, großlumige, zum Teil tiefgreifende Karstwasserwege. In feinklüftigen (und schwer löslichen) Dolomitgesteinen herrscht dagegen eine oberflächennähere Wasserbewegung mit nur geringen Fließgeschwindigkeiten vor. Kalk-Karstquellen zeigen daher in der Regel starke Schüttungsschwankungen und führen überwiegend rezent Wasser. Dolomit-Karstquellen weisen meist ausgeglichene Schüttungen auf und führen oft ältere Wasser, was die meist große Speicherfähigkeit von Dolomitgesteinen unterstreicht.



Im Bereiche der beiden Staustufen Breitenau überwiegen Dolomitgesteine, deren Quellen die typische Dolomit-Charakteristik zeigen. Das durch andere Untersuchungen festgestellte starke Ansteigen des Bergwasserspiegels weist ebenfalls auf die geringe (gegen die Tiefe zu abnehmende) Durchlässigkeit des Gesteines hin.

Kalkzüge mit entsprechend starken und ausgeprägten Karstquellen finden sich im südlichen Teil des Hauptbeckens. Das Ost-West-Streichen der Kalkzüge schließt eine nordgerichtete Wasserbewegung aus. Die zentralen Teile der Einzugsbereiche dieser Quellen liegen unter den hohen Bergkuppen der Beckenumrahmung, unter denen (unter dem Scheitel des Karstwasserspiegels) eine nur geringe Tiefenwasserbewegung zu erwarten ist.

Die Kalkmasse der Welchau stellt ein in sich geschlossenes Karstwassersystem dar, das zum Hilgerbach entwässert und gegen Westen von nur gering durchlässigen Dolomitgesteinen ummantelt wird.

Der im Talbereich der Krummen Steyrling zwischen den Sperrenstellen Oberbecken und Unterbecken festgestellte Bergwasserkörper kommt auf Grund der bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse als Abflußsystem der im Bereiche des unteren Hilgerbaches versickernden Wässer in Frage, wie überhaupt den Talfurchen des Hilgerbaches und der Krummen Steyrling als Wasserabzugssysteme besondere Bedeutung zukommt.

Der vorliegende Abschlußbericht wurde auf Grund der nachfolgend angeführten Teilberichte des Speläologischen Institutes (nunmehr Bundesanstalt für Wasserhaushalt von Karstgebieten) erstellt, denen die Grundlagendaten und Detailangaben zu entnehmen sind.



Verzeichnis der Teilberichte des Speläologischen  
Institutes (jetzt Bundesanstalt für Wasserhaus-  
halt von Karstgebieten)

---

- 1) Notizen zu den karsthydrologischen Untersuchungen  
im Bereich Molln. (Nov. 1968)  
1 Bericht (6 Seiten) und 6 Beilagen (B 1 - B 6). ✓
- 2) Karsterscheinungen im Bereiche Krumme Steyrling -  
Reichramingbach (Begehungsnotizen 1952, Bericht 1968).  
Bericht mit 18 Seiten und 6 Tafeln. ✓
- 3) Quellaufnahmen im Bereiche Molln (4.-8. Februar 1969).  
Bericht mit 14 Seiten und 2 Beilagen. ✓
- 4) Quellbeobachtungen im Bereich Breitenau - Molln.  
Beobachtungsdiagramme 1968-1969. (48 Diagramme mit Erl.) ✓
- 5) Kurzbericht über die im Jahre 1970 im Rahmen des  
Projektes Molln durchgeführten karsthydrologischen  
Arbeiten. D  
Diskussionsgrundlage für die Besprechung am 23. November  
1970 (8 Seiten Bericht, 8 Diagramme, 1 Kartenbeilage).
- 6) Quellbeobachtungsdiagramme Molln 1968 - 1970.  
(91 Diagramme mit 3 Seiten Erläuterungen) ✓
- 7) Messung von Quellen und Bohrungen im Bereiche  
Breitenau - Steyrtal (13.-16. Juni 1972).  
Bericht mit 7 Seiten und einer Beilage. ✓
- 8) Versickerungsstrecken des Hilgerbaches.  
(Beobachtungsergebnisse Sept. 1971 - Sept. 1972)  
11 Seiten Bericht, 13 Diagramme, 3 Tafeln im Anhang. ✓
- 9) Übersicht über die bisher im Rahmen des Projektes Molln  
durchgeführten karsthydrologischen Untersuchungen.  
(Bericht mit 2 Seiten vom 2. Oktober 1972) C
- 10) Gewässerbeobachtungen im Raume Molln 1968 - 1970.  
Bericht vom Dez. 1974, mit 10 Seiten Text, 48 Diagrammen  
mit Schüttung, Temperatur und Chemismus, 31 Diagrammen  
mit Isotopenwerten, 1 Kartenbeilage im Anhang. ✓



F) Ausblick auf weitere Untersuchungen

Die bisher im Rahmen des Projektes Molln durchgeführten Voruntersuchungen ergaben über die im Projektsbereich vorliegenden Verhältnisse einen umfassenden Überblick, der jedoch bei Realisierung des Projektes durch manche Detailuntersuchungen zu ergänzen sein wird.

Erfahrungsgemäß spielt bei derartigen Grundlagenuntersuchungen der Zeitfaktor eine wesentliche Rolle.

Es ist zu befürchten, daß bei Terminfestsetzung für die Bauarbeiten nur mehr ein beschränkter Zeitraum zur Durchführung der ergänzenden Detailuntersuchung zur Verfügung stehen wird.

Es sollte daher ernsthaft in Erwägung gezogen werden, ob nicht manche derartige Untersuchungen in der kommenden Zeit ohne Terminzwang durchgeführt werden sollten, dies auch vom Gesichtspunkt einer Wahrung der Kontinuität der bisherigen Arbeiten her gesehen.

So wäre unter anderem an die Verarbeitung mancher bei den bisherigen Untersuchungen gewonnenen Nebenergebnisse zu denken, die für die nunmehr vorliegenden Abschlußberichte zwar ohne Belang sein mögen, bei Realisierung des Projektes aber wesentliche Bedeutung erlangen können. Ebenso könnten manche Detailbeobachtungsprogramme durchgeführt werden, für die bei oft nur geringen materiellen Erfordernissen der Zeitbedarf (z.B. zur Erhebung von Langfristreihen) von essentieller Bedeutung ist.

Auch Vorstudien zur Erfassung der Abflußwege der im Bereiche des unteren Hilgerbaches versickernden Wässer, die nach den Ergebnissen der bisherigen Untersuchungen im Talbereich der Krummen Steyrling zu suchen sein werden, könnten durchgeführt werden.

Die Tatsache, daß die für derartige Arbeiten erforderliche Zeit auch durch noch so hohe materielle Aufwendungen nicht ersetzt werden kann, und daß nunmehr genügend Zeit zur Verfügung stehen dürfte, sollte Grund genug für entsprechende Überlegungen sein.

D. T. Müller



Univ.-Professor Dr. Josef ZÖTL  
Bergmannngasse 19, A-8010 Graz

An die  
Ennskraftwerke A.G.  
Postfach 167  
4400 S t e y r

11/D 15

EKW	EING. Nr. : 12658/A		
VP	VS		
14. DEZ. 1970			
B	UF	Sk	OR
EM	SI	Rb	Ek
WW	Rv	Pb	AV

EXLEDIG  
RL 1x  
ll 1x 6l  
gp 8x

Z w i s c h e n b e r i c h t

Über die im Jahre 1970 durchgeführten karsthydrologischen  
Untersuchungen im weiteren Bereich des Großspeicherprojek-  
tes Molln und

gutachtliche Stellungnahme

zu den bisher vorliegenden Ergebnissen.

Graz, am 12. Dezember 1970



Vorbemerkung

Die im Jahre 1970 durchgeführten karsthydrologischen Untersuchungen im Bereich des Großspeicherprojektes Molln gliederten sich in

- a) die Fortsetzung der im Jahre 1969 begonnenen Messungen der natürlichen Tritium- und Deuteriumgehalte an Niederschlagswässern und ausgewählten Quellen (Dr. J. MAIRHOFER, BVFA, Wien),
- b) Geländebegehungen und Festlegung eines Rahmenplanes für Markierungsversuche (gemeinsam mit Dr. F. BAUER, Speläologisches Institut Wien), und
- c) Markierungen unterirdischer Wässer (Dr. F. BAUER).

Die Arbeiten wurden in ständigem Kontakt mit dem zuständigen geologischen Sachverständigen Dr. H. HÄUSLER durchgeführt, dessen Gutachten über den Stand der geologischen Untersuchungen bereits vorliegt.

In der folgenden gutachtlichen Stellungnahme wurden diverse Zwischenberichte über die Ergebnisse der Isotopenmessungen, zwei Kurzberichte von Dr. F. BAUER (November 1970 und 1. Dezember 1970) und ein Bericht von Dr. J. MAIRHOFER (eingelangt 9. 12. 1970) berücksichtigt. Der schriftlichen Stellungnahme ging eine eingehende Diskussion der erwähnten Fachbearbeiter mit Vertretern der Ennskraftwerke A.G. am 23. November 1970 in Wien voraus.



## 1. Die Messungen des natürlichen Isotopengehaltes der Wässer

Die Ergänzung der durch das Speläologische Institut durchgeführten Quellenaufnahme im weiteren Untersuchungsbereich durch Messungen des Tritium-, Deuterium- und Oxygen-18-Gehaltes der Niederschlags- und Quellwässer wurde bei einer Besprechung am 28. 10. 1968 beschlossen. Die Probennahme begann mit Jänner 1969 und wurde - nach Vorliegen erster Ergebnisse - in reduziertem Maße bis April 1970 durchgeführt.

Im Bericht von Dr. J. MAIRHOFER werden in Bezug auf die Auswertung der Tritiummessungen verschiedene Typen von Wässern unterschieden:

- A) Wässer, die keinen Jahresgang, wie er im Niederschlag aufscheint, zeigen. (Die im Bericht für diesen Typ gebrauchte Benennung "Reine Karstwässer" wird besser vermieden).
- B) Wässer, die einen Gang gleichlaufend mit dem des Niederschlages aufweisen (ohne Rücksicht auf die Höhe des Tritiumgehaltes).
- C) Wässer, die den Gang des Niederschlages verzögert widerspiegeln.

Die Verteilung der Wässer nach dieser Klassifikation wird auf einer Beilage dargestellt. (Auf dieser sind - entsprechend dem mir gelieferten Exemplar - die Zeichen für über ( $>$ ) bzw. unter ( $<$ ) dem Mittelwert zu vertauschen, wie die Rechtecke bei den Quellen Nr. 151, 205 u.a. zeigen; andererseits gehört zur Quellgruppe Nr. 97 - 101 kein Kreis sondern ein Rechteck).



Um die Ergebnisse der Tritiummessungen und deren Deutung anschaulicher zu machen, wurden die im Bericht der BVFA in Tabellen gelieferten Werte für den eigenen Bericht in Kurven dargestellt (Beilagen Blatt 1 bis 5). Diese Kurven können wie folgt interpretiert werden:

Blatt 1: Die Kurven von 250 a und 97 - 101 sind ab Juli 1969 konform dem Jahresgang beim T-Gehalt der Niederschläge. Da jedoch viel höhere Werte vorliegen, gibt es grundsätzlich 2 Möglichkeiten:

- a) Es handelt sich um eine Verschiebung des Jahresganges. Dann müßte sich die vorliegende Kurve auf Wasser des Jahres 1967 begründen (der T-Gehalt im Jahre 1968 war niedriger).
- b) Es liegt eine stete Beimengung wesentlich älterer Wasser zum rezenten Niederschlag mit einer Phasenverschiebung von 1 bis 2 Monaten vor.

Der letztere Fall ist der wahrscheinlichere, dafür sprechen auch die Leitfähigkeitswerte. Die Folgerung günstiger Infiltrationsverhältnisse (Bericht BVFA, S. 4) ist richtig. Eine weitere Folgerung ist, daß in diesen Bereichen nicht nur die Niederschläge des Winterhalbjahres sondern auch die Sommerniederschläge das Karstwasser alimentieren. Letztlich: In den orographisch höher liegenden Bereichen dieser Quelltypen ist mit einer hohen Durchlässigkeit zu rechnen!

Die Kurve von Quelle Nr. 95 täuscht eine Gleichheit mit Nr. 250 a und Nr. 97/101 vor, dies durch die Beimengung von Niederschlagswasser im Juni/Juli 1969. Sonst liegt eine Gegenläufigkeit zu diesen Quellen und zur Regenkurve vor. Der Hauptteil des



Wassers dürfte aus der Versickerung im Winterhalbjahr 1968/69 stammen, der Anteil der rezenten Sommerniederschläge ist geringer und anscheinend auf besonders ergiebige Niederschläge beschränkt. Eine gewisse Angleichung an die Verhältnisse bei den Quellen 107/108 und 103 (s. Blatt 2) ist unverkennbar. Die Zuordnung zum Typ A (Bericht BVFA) ist daher richtig.

Noch weniger mit der Niederschlagskurve hat die T-Kurve der Quelle Nr. 44 zu tun. Sie ist ein noch extremerer Fall der nur auf Intensivregen und Schneeschmelzen reagierenden Quellen, deren Wasser sonst ausschließlich aus Herbst-, Winter- und Frühjahrsniederschlägen (1968/69 bzw. 1967/68) stammt. Das ist auch aus den Leitfähigkeitswerten klar ersichtlich. Die Zuordnung zum Typ B (Bericht BVFA) ist daher unbegründet.

Blatt 2: Die Kurven der Quellen Nr. 151 und 205 zeigen eine stete Abgabe älteren Wassers mit im großen und ganzen ausgeglichener Tendenz, nur gelegentlich durch stärkere Niederschläge und Beimengung jüngeren Wassers beeinflusst. Ein stärkerer Einbruch zeichnet sich bei Quelle 205 im Juni sehr deutlich ab, er wird auch durch den Leitwert bestätigt. Es liegt daher kein verzögerter Jahresgang der Niederschlagswerte vor und die Beordnung zum Typ C (Bericht BVFA) ist unbegründet.

Die wichtigste Folgerung aus diesem Befund im Bereich dieses Quelltypes ist, daß in diesen Quellgebieten ein beachtlicher lokaler Grund- bzw. Karstwasserkörper mit relativ englumigen Räumen vorliegen muß.



Die Ganglinie von Quelle Nr. 38 kann u.U. als Typ C gedeutet werden (s. Bericht BVFA), die Quellen Nr. 103 und 107/108 wurden bereits besprochen.

Blatt 3: Bei den dargestellten Kurven (Quellen Nr. 11, 14/15 und 19) liegen sichtlich echte, wenn auch gedämpfte Auswirkungen des Jahresganges des Tritiumganges im Niederschlag vor. Die Verschiebung beträgt 1 - 3 Monate. Der T-Gehalt entspricht in Summe dem gewogenen Jahresmittel 1969 und beweist den Hauptanteil rezenten Niederschlagswassers.

Die Folgerung daraus geht einerseits dahin, daß kein großes Speichungsvermögen im Bereich dieser Quellen vorliegt. In geologischer Hinsicht könnte dies sowohl einen wenig wasserwegigen Kern des Gebirges als auch relativ rasch durchflossene Wasserwege bedeuten. Nur genauere örtlich geologische Aufnahmen können klären, welche der beiden Situationen gegeben ist.

Schließlich ist zu bemerken, daß auch in diesen Bereichen eine ganzjährige Alimentation des unterirdischen Wassers durch die Niederschläge erfolgt.

Blatt 4: Wenn auch nur in Ansätzen gemessen, so ist doch erkenntlich, daß die Quellen Nr. 152/153 weitgehend das Wasser von Nr. 145/149 führen (Folgequellen).

Eine wesentliche Folgerung aus diesem Befund war, die örtlichen Markierungsversuche von der Einspeisung in B<sub>2</sub> zu trennen.



Die für die Zeit von Mai bzw. Oktober 1969 bis Februar 1970 fehlenden Proben lassen eine eindeutige Beurteilung, ob eine Verschiebung der Jahresganglinie des T-Gehaltes im Niederschlag oder eine ausgewogene Mischung vorliegt, nicht zu.

Blatt 5: Quelle Nr. 459 zeigt eine ausgeglichene Tritiumganglinie ohne Anlehnung an den Jahresgang der Niederschläge. Nur gelegentlich sind Einwirkungen stärkerer Infiltrationen bemerkbar, die auch durch Schwankungen der Leitfähigkeit angedeutet werden. Es liegt durchaus älteres Wasser vor, am ehesten vergleichbar mit den Befunden bei den Quellbereichen Nr. 151 und 205, von denen auch die Signaturen bzw. die Einordnung geändert werden sollen (s. Bemerkungen zu Blatt 2).

Bei den Kurven der Quellen Nr. 439 und 414 scheint eine Einwirkung der Niederschlagskurve angedeutet zu sein, für ausschließlich rezentes Wasser liegen jedoch die Werte zu hoch. Die Beimengung älteren Wassers und ein gewisser Verzögerungseffekt sind unverkennbar.

So aufschlußreich und richtungsweisend die Tritiummessungen waren, die Ergebnisse der Deuteriummessungen sind eher bescheiden (vgl. Bericht BVFA). Dies begründet sich vor allem im Fehlen der Oxygen-18-Messungen, deren Durchführung für den seinerzeitigen Vorschlag Voraussetzung war. Es wäre jedoch unbillig, die Lieferversäumnisse ausländischer Firmen der BVFA anzulasten, dies umsomehr als die Leitwertmessungen ohne diesbezügliche Vereinbarungen durchgeführt wurden. Mein Vorschlag, die Leitfähigkeitswerte der Quellwasser zu messen, hatte weniger den Zweck, ein neues Untersuchungselement bei-



zufügen, die diesbezüglichen Aussagen wären nur eine Ergänzung der schon länger durch das Speläologische Institut durchgeführten chemischen Untersuchungen der Quellwässer. Die Bedeutung der Leitwertmessungen liegt darin, daß durch sie festgestellt werden kann, ob Schwankungen im Tritiumgehalt durch die Zufuhr rezenter Wässer bedingt sind, da dies aus der Beimengung von Wässern geringeren Lösungsgehaltes (= geringerer Leitfähigkeit) ersichtlich wird. In diesem Sinne erwiesen sich diese Messungen als äußerst wertvoll.

## 2. Die Markierungsversuche

Im Zuge einer Geländebegehung am 30. April und 1. Mai 1970 wurden gemeinsam mit Herrn Direktor Dr. F. BAUER die für Markierungen der unterirdischen Karstwässer möglichen Einspeisungsstellen festgelegt und ein Rahmenprogramm für die Feldversuche entworfen. Die Versuche wurden durch das Speläologische Institut Wien in einvernehmlich abgestufter Reihenfolge ausgeführt. Schon bei der Begehung wurden durch erste Kontaktgespräche mit örtlichen Stellen Pumpversuche zur Prüfung des Schluckvermögens der Einspeisungsstellen vorbereitet.

### 2.1. Die lokalen Markierungsversuche im Bereiche des Hilgerbaches.

Das Ergebnis der Beschickung der Schachthöhle A (vgl. Bericht Dr. F. BAUER) läßt den Schluß zu, daß die einzige wesentliche Verbindung zur Quellgruppe Nr. 152/153 beim Hilgerbach in der Welchau besteht. Hiefür sprechen sowohl der rasche Farbdurchgang als auch die wieder ausgebrachte Menge des Markierungsmittels.



Dieselbe Beurteilung erlaubt das Ergebnis der Einspeisung C in die Doline nördlich oberhalb der Welchau. Hier wird dieser Schluß noch dadurch bekräftigt, daß auch eine Nachspülung 7 Tage nach der Einspeisung einen neuerlichen positiven Befund an der genannten Quellgruppe zur Folge hatte.

Wesentlich vorsichtiger ist das Ergebnis der Beschickung B (Doline oberhalb der Klammstrecke) zu beurteilen. Ob die Ausbringung von nur 1 % der eingesetzten Menge des Markierungsstoffes ausschließlich auf die Filterwirkung von im tieferen Teil der Doline akkumuliertem Laub zurückzuführen ist, ist fraglich. Es darf darauf verwiesen werden, daß die Prüfung der Schluckfähigkeit der Doline eine Aufnahme von 5 l/s ohne Rückstau über 4 Stunden ergab (Bericht Dr. F. BAUER, S. 2). Außerdem sind so hohe Adsorptionsverluste für den Farbstoff Sulforhodamin G extra ungewöhnlich.

## 2.2. Die Beschickung der Bohrung 2 am Ausgang des Hilgerbachtales

Der Versuch, den durch dieses Bohrloch aufgeschlossenen tiefliegenden Karstwasserkörper zu markieren, war ein Hauptziel der Untersuchungen. Der Vorschlag, eine Verbesserung der Schluckfähigkeit des Bohrloches im Kalk durch Salzsäuresprühungen zu erzielen, wurde von Dr. F. BAUER mit Erfolg aufgegriffen (s. Bericht S. 3). Es darf vermerkt werden, daß alle Vorbereitungsarbeiten, die komplizierte Einspeisung und das weitläufige Beobachtungsprogramm von den Organen des Speläologischen Institutes unter dem persönlichen Einsatz von Direktor Dr. F. BAUER und den dabei tätigen Mitarbeitern in vorbildlicher Weise abgewickelt wurden. Daß eine katastrophale Hochwasser-



situation die Beobachtung stark behinderte bzw. teilweise unmöglich machte und die Ergebnisse in Frage stellte, ist eine vis maior und kann dem Speläologischen Institut nicht angelastet werden.

Auch die zurückhaltende Beurteilung der vom Antersbach vorliegenden, uraninpositiven Aktivkohleproben bezeugt die verantwortungsbewußte Einschätzung der Meßergebnisse (Bericht Dr. F. BAUER, S. 7). Für die Annahme, daß Waschmittel oder Badezusätze für das Fluoreszenzspektrum der Probe verantwortlich sein könnten, spricht der Umstand, daß es sich nur um eine einzelne Probe handelt. Andererseits stellt sich die Frage, warum dann nicht auch andere von verdünnten Abwässern kontaminierte Aktivkohleproben dieselbe Auswirkung zeigten. Auch die fraglichen positiven Befunde an den Beobachtungsstellen S 6 und M 3 bleiben offen.

### 3. Folgerungen und Vorschläge

Die Ergebnisse der Tritiumuntersuchungen und der Markierungsversuche erlauben Folgerungen, die für die Beurteilung des Projektes von großer Bedeutung sind:

1. Der Tritiumbefund von Quelle 145/149, 152/153 und B<sub>2</sub> und das Ergebnis der Beschickung der Schachthöhle A zeigen, daß die Fließrichtung des Karstwassers in diesem Bereich der Tallinie des Hilgerbaches folgt.
2. Das Ergebnis der Einspeisung in die Doline C zeigt, daß die Dolinenreihe oberhalb der linken Talflanke des Hilgerbachtals im Bereich unterhalb der Einmündung des Hatzenbichler Grabens praktisch ausschließlich in das Hilgerbachtal entwässert.



3. Die Folgerungen in Pkt. 1 und 2 unterstützt von den Befunden bei den Bohrungen in der Gafnweid, führen zu dem Schluß, daß die Tiefenverkarstung und damit die tieferreichende Wasserzirkulation vor allem den tektonisch vorgezeichneten Talrichtungen und etwaigen anderen Störungslinien folgt.
4. Die Tritiumbefunde der Quellen Nr. 151 bzw. Nr. 11, 14/15 und 19 weisen darauf hin, daß in den den Stauraum begrenzenden Dolomitbereichen stellenweise ein lokaler, in englumigen Systemen ruhender Karstwasserkörper ("Polster"), andernorts u.U. sogar ein relativ unverkarsteter Kern vorliegt. Beide Befunde erlauben eine weitaus günstigere karsthydrologische Beurteilung der Flanken als vor den Untersuchungen.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß diesbezüglich die Beurteilung des Kienbergzuges von den anderen Flankenbereichen im Dolomit zu trennen ist. Der Kienbergzug ist zu schmal, als daß sich ein größerer Karstwasserkörper darin ausbilden könnte. Hochliegende kleine Quellaustritte (Nr. 155, 156, 154, 182) lassen jedoch annehmen, daß ein relativ gesunder, wenig verkarsteter Kern vorliegt. Dies und der Umstand, daß der Rücken nicht durch Störungen zerhackt ist (vgl. geolog. Karte Dr. H. HAUSLER) läßt erwarten, daß die Abdichtung mit wirtschaftlich durchaus tragbarem Aufwand erreicht werden kann.

5. Das Resultat der Einspeisung in die Doline B ist unzureichend. Da die beschickte Doline oberhalb der Grabenlinie Welchau - Hatzenbichler Alm - Eberstall liegt, ist eine Wiederholung des Versuches erforderlich, wobei der Beobachtungsbereich wesentlich weiter zu fassen ist.



6. Wie bereits bei der Besprechung am 23. 11. 1970 in Wien eingehend diskutiert wurde, sollen der zu empfehlenden Wiederholung der Markierung des tieferen Karstwasserkörpers im Raume der Bohrung 2 die Niederbringung einer Bohrung größeren Durchmessers in diesem Bereich und die Reaktivierung der Bohrung im Talboden der Garnweit vorausgehen.

Die Beobachtung der Quellen zur Einspeisung 1970 in Bohrloch 2 soll mit Aktivkohledetektoren noch über das Frühjahr 1971 (Schneeschnmelze) hinaus durchgeführt werden.

7. Die Niederbringung der unter Pkt. 6 genannten Bohrungen ist dringlich. In diesen Bohrlöchern sollen auf jeden Fall Messungen der Fließrichtung und -geschwindigkeit des Karstwassers, sowie Beobachtungen der Spiegelschwankungen vorgenommen werden. Für die ersten Richtungs- und Geschwindigkeitsbestimmungen wird die Anwendung der Point-dilution-Methode (BVFA, Dr. J. MAIRHOFER) empfohlen. Die Bohrungen sollen so ausgestaltet sein, daß auch Pumpversuche durchgeführt werden können.

8. Die vom geologischen Sachverständigen Dr. H. HAUSLER empfohlenen Bohrungen sollen im Einvernehmen mit den Karsthydrologen örtlich fixiert werden. Der durch sie aufgeschlossene Karstwasserkörper soll bei geeigneter Situation ebenfalls durch Richtungs- und Geschwindigkeitsmessungen näher untersucht werden.

9. Die Probenentnahme für die Bestimmung der natürlichen Isotope in den Quellwässern kann eingestellt werden. Die BVFA wäre jedoch zu veranlassen, die bisher vor-



liegenden, nicht gemessenen Proben vorläufig zu lagern, damit gegebenenfalls die Messung bei einzelnen Proben durchgeführt werden kann.

10. Wie schon mündlich betont, kann auf die Bedeutung der Studien im Zusammenhang mit dem Söllenvortrieb von der Steyr zum Unterwasserbecken Molln für die karsthydrologischen Probleme nicht früh genug hingewiesen werden. Die sorgsame Bearbeitung und Auswertung der dabei sich ergebenden Aufschlüsse ist nicht zuletzt eine entscheidende Möglichkeit zur Festlegung gezielter Maßnahmen unter Wahrung größtmöglicher Wirtschaftlichkeit.

Abschließend kann gesagt werden, daß die vorliegenden Untersuchungsergebnisse die Richtigkeit der durch die Ennskraftwerke AG veranlaßten Arbeiten bestätigen. Eine verantwortungsbewußte Prüfung der Resultate läßt die karsthydrologische Situation trotz der zweifellos gegebenen Schwierigkeiten in einem wesentlich günstigeren Licht erscheinen als vor der Durchführung dieser Untersuchungen. Für eine endgültige Beurteilung ist die Fortführung der von geologischer und karsthydrologischer Seite empfohlenen Arbeiten unbedingt notwendig. Nach dem derzeitigen Stand der Kenntnisse kann die Erreichung der Dichtheit des Stauraumes mit wirtschaftlich tragbaren Mitteln angenommen werden.

*J. Zötl*

( Dr. Josef Zötl )







## N i e d e r s c h r i f t

über eine Besprechung am 1.8.1974 bei der VG Wien, betreffend  
Pumpspeichergruppe Molln, Karsthydrologie

<u>Teilnehmer:</u>	Prof. Dr. Horninger	TH Wien
	Prof. Dr. Zötl	TH Graz
	Dir. Dr. Bauer	Speläol. Institut Wien
	Dr. Häusler	Geologe, Linz
	Dr. Widmann	} TKW Salzburg
	Ing. Rienössl	
	Dr. Rudan	VG Wien
	Dr. Radler	} EKW Steyr
	DI Gasperl	

Einleitend referiert Dr. Radler über die Entwicklung des Karst-  
problems im Bereich Molln während der Projektierungsarbeiten  
(sh. Notiz vom 1974 07 31 EB Dr. Rl/Di). Zu den einzelnen Punkten  
wurde wie folgt Stellung genommen:

- 1) Zum Färbeversuch wird bemerkt, dass die offen gebliebenen  
Austrittsmöglichkeiten zum Stauraum Ternberg nach der Aufnahme  
Dr. Bistritschan keine Quellaustritte zeigen. Grössere Quellen  
müssten bei einigermaßen aufmerksamer Kartierung festgestellt  
worden sein, da diese wegen der raschen Ennsseintiefung wahr-  
scheinlich über dem Niederwasserspiegel liegen.
- 2) Horizontalgeschwindigkeitsmessungen ergeben nur dann einwand-  
freie Ergebnisse, wenn keine oder nur geringe Vertikalge-  
schwindigkeiten auftreten.
- 3) Bei der Fernsehsondierung konnte man auf vorgelegten Photos  
nicht einwandfrei feststellen, ob Klüfte durchgehend offen



oder nur durch die Bohrarbeiten ausgebrochen sind. Dr. Häusler und Dr. Rudan konnten, mit wenigen Ausnahmen, dies jedoch auf Grund des Kluftverlaufes und der Kluftform bei Drehung der Fernsehsonde und durch fallweise Wasseraustritte genauer eingrenzen.

- 4) Da nur ein Dauerabpressversuch durchgeführt wurde und der grossen Bedeutung, die diesen Ergebnissen beigemessen werden, besteht der Wunsch nach gelegentlicher Ausführung weiterer Versuche.

Nach dem derzeitigen Stand der Untersuchungen wurde übereinstimmend festgehalten, dass die Ausführung des Injektionsschirmes mit üblichen Methoden möglich sein wird. Offen bleiben lediglich die Abmessungen des Schirmes, dafür sind Kostenreserven eingeplant. Injektionsversuche an der Sperrenstelle des Unterbeckens sind zum derzeitigen Zeitpunkt nicht sinnvoll.

Wichtiger ist die Abklärung der generellen Wasserwegigkeit im Bereich der Oberstufe. Diese Arbeiten werden sich in erster Linie auf die Sperrenstelle Kienberg konzentrieren, da nach Ansicht der Karstexperten die Beckenumrandung weitgehend dicht ist und Wasserdurchtritte am wahrscheinlichsten im Tal der Krummen Steyrling sind. Diese Abklärung ist sowohl für die Einreichung bei der Staubeckenkommission für das Unterbecken als auch für die Vorlage des Gesamtprojektes Molln beim Projektsprüfungsausschuss erforderlich.

fr

fr. RL

fr. Bleich



✓  
Steyr, 1974-07-31  
EB Dr.Rl/Di

N o t i z

für die karsthydrologische Besprechung am 1. August 1974 in Wien

CHRONOLOGIE DER KARSTDOKUMENTATION MOLLN

- 1) Aus der einschlägigen Literatur des Vorgängerprojektes (Stiny, Ampferer, Lugeon, Ludin, Clar usf.) sind wenig Hinweise auf Karst zu finden. Es existieren aber wohl Aufzeichnungen, z.B. über die Wunderlucke und die Steinbachhöhle bei Molln, und ausserdem Skizzen von Josef Zeitlinger (Leonstein).
- 2) Auf Grund der Abflusspenden in den Nachbartälern der Krummen Steyrling schliesst Rosenauer in "Wasser und Gewässer in Oberösterreich", 1947, auf Seite 75, konkret auf Karst. Er schreibt:

"Es ist z.B. höchst unwahrscheinlich, dass die Wasserspende im Gebiet der Teichl und der Krummen Steyrling so sehr unter dem Wert liegen sollte, der sonst dem Gebiet eigentümlich ist. Die Wasserspenden betragen in der Teichl bzw. in der Steyr:

bei Spital am Pyhrn .....	45 lit./s u. km <sup>2</sup>
bei Steyr-Bruck .....	68 "
bei Klaus .....	49 "
bei Pergern .....	43 "

sie weisen also in den Niederschlagsverhältnissen begründete Abnahme vom Gebirge gegen das Vorland zu auf. Bei der Reichsstrassenbrücke bei Windischgarsten führt aber die Teichl nur 35 lit./s pro km<sup>2</sup>, die Krumme Steyrling führt bei Molln sogar nur 25 Lit./s pro km<sup>2</sup>. Auch hier scheint das Wasser Wege zu nehmen, die wir noch nicht erkennen können.



Aus allen diesen, aus Messungen sich gründenden Ergebnissen geht einwandfrei und deutlich erkennbar hervor, dass im Bereich unseres Kalkgebirges dem Wasser untertägige Wege offen stehen, die wir nicht kennen. Es können das - wie schon angedeutet - Klüfte und Hohlräume im karstartigen Gebirge sein, es ist aber auch möglich, dass in den Schotterlagen der Tal-läufe unterirdische Wege sich ergeben, die durch die Lösbarkeit des Kalkes im Wasser sich ständig vergrössern. Ein Beispiel hierfür zeigt sich längs der Mündungsstrecke der Krummen Steyrling bei Molln, die tief in die Schotterflur eingeschnitten ist; Erdfälle in der Schotteroberfläche machen dort diesen Vorgang der Auslaugung auch dem Auge erkenntlich.

Diese Tatsachen müssen uns vorsichtig machen bei der Beurteilung der Wasserführungen im Bereich der Kalkalpen, und es muss gewarnt werden von Schätzungen, etwa auf Grund benachbarter zahlenmässiger Ergebnisse; nur Beobachtung und Messung können zweifelsfreie Angaben liefern."

- 3) F. Bauer "Zur Verkarstung des Sengsengebirges in O.Ö., Beiträge zur alpinen Karstforschung", Heft 3, 1956.
- 4) Brief von Josef Zeitlinger an den Landeshauptmann Dr. Gleissner (vom 27.4.1966).
- 5) Stellungnahme dazu von Dr. Radler (vom 20.5.1966).  
Mit den Annahmen von Rosenauer für Verdunstung und vegetative Aufnahme sowie den Niederschlags- und Abflussmessungen der bisher verfügbaren Aufzeichnungen wird keine Fehlmenge festgestellt.
- 6) Bohrungen (1966) an der Hauptsperre Kienerg (Universale, Latzel & Kutscha). Insbesondere bei Bohrloch 2 wird sehr wasserdurchlässige Opponitzer Rauchwacke angetroffen. Der einige Meter unter dem Wasserspiegel des Hilgerbaches liegende Kluftwasserspiegel gibt zu denken.



- 7) Pumpversuche und Wasseranpressversuche (1968), in das Bohrloch 2. Der Wasserspiegel des Bohrloches 2 wird dabei bis auf Kote 474,00 m ü.A. abgesenkt und verbleibt dort längere Zeit, im Rhythmus jedoch mit dem Wasserspiegel des Bohrloches 3 (wie auch Hilgerbach), Plan Mo 355. Die aus den Bohrungen der OKA und EKW ableitbare tiefste Lage des Dolomit an der Aufstandsfläche der Sperre Kienberg beträgt jedoch etwa 475 m. Es wird also auf einen Karstabfluss bzw. auf eine noch nicht gefundene Klamm geschlossen.
- 8) Lokale Markierungsversuche im grossen Beckenraum (1970)  
Einspeisungen in 3 Karsthöhlen bzw. Schächte, die durchwegs positiv verlaufen: Ausbringung innerhalb des Beckenraumes.
- 9) Grosser Einspeisversuch (1970) in das Bohrloch 2 mit 40 kg Uranin. Es wird mit verdünnter Salzsäure vorgespült, um die Karstgänge aufzumachen. Versuch verläuft negativ.
- 10) Weitere Bohrungen im Bereich des Unterbeckens von 1971-1974 zeigten weiterhin sehr grosse Wasseraufnahmen bei den Wasseranpressversuchen. Es wird weiters festgestellt, dass im Fels ein vom Grundwasser unabhängiges Wasserregime herrscht, dessen Drucklinie flacher als die Grundwasserdrucklinie verläuft. Im Bereich des Hausbaches liegt die Drucklinie unterhalb der des Grundwassers, im Bereich der Köhlenschmiede etwa 30-80 cm darüber, ist also gespannt.
- 11) Vertikal- und Horizontalgeschwindigkeitsmessungen (1971-1974)  
Über Empfehlungen von Zötl, Bauer und Häusler werden von der BVFA Vertikal-(Soletanche-Sonde) und Horizontalgeschwindigkeitsmessungen (Ein-Loch-Methode mittels Tracer) an div. Bohrlöchern durchgeführt. Diese ergeben, insbesondere bei den Bohrlöchern des Unterbeckens Sperre Köhlerschmiede, sehr grosse Horizontalgeschwindigkeiten (Maximum 3,5 cm/s bei Bohrloch MU 372, d.i. Sperrenstelle linkes Ufer).



12) Bilanz Niederschlag-Abfluss 1968-1971 (Jänner 1973)

Auf Grund der vorhin genannten Ercheinungen wird mit den grossen Horizontalgeschwindigkeiten und einem angenommenen durchströmten Felsquerschnitt ein Kluftwasserabfluss von der Grössenordnung  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  überschlagen.

Mit den neuen Unterlagen über Niederschlag und Abfluss wird eine neuerliche Niederschlag-Abfluss-Bilanz hergestellt, die allerdings das orographische Einzugsgebiet berücksichtigt (es ist aber bekannt, dass orographische Gebiete des Einzugsgebietes der Kruppen Steyrling ausserhalb dieses Gebietes entwässern; vorderer Rettenbach mit einer Spende von  $70 \text{ lit./s}$  und  $\text{km}^2$ , Ebenforst u.dgl.mehr). Unter diesen zweifelhaften Annahmen resultiert tatsächlich eine Fehlbilanz von etwa  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

13) 1. Tracerversuch (Juli 1973)

Im unmittelbaren Bereich der Köhlerschmiede, Einspeisung in den Bohrlöchern MU 364, 367 und 372 und Messung in den Bohrlöchern MU 353, 354 und 369. Verwendet wurden die Tracer: Brom 82, Jod 131 und Molybdän 99. Der Versuch verläuft insoferne negativ, als lediglich 3 Proben (bei halbstündiger Probenentnahme) eine über die Nachweisgrenze hinausgehende Aktivität zeigten. Bei den 3 positiven Proben handelt es sich um Mischproben aus dem oberen Horizont der Bohrung MU 353. Das festgestellte Nukleid war das in MU 364 eingebrachte J 131. Die vom Injektionsgut nachgewiesene Menge betrug insgesamt ca.  $0,45 \%$ . Die Ursache der geringen Ausbringung ist entweder auf die grosse Geschwindigkeit oder auf die Tatsache, dass auf Grund der kurzen Entfernung eben nur ein kleiner Nebengang erfasst wurde, die Hauptmenge jedoch daneben vorbei lief.

14) Bohrlochsonde (Frühling 1974)

Im Frühjahr as.J. wurde die neue Fernsehsonde der DoKW eingesetzt. Es konnte hier erstmals über die tatsächliche Art der Klüftung Auskunft erzielt werden (Photos Dr. Häusler). Es handelt sich maximal um  $1\text{-}3 \text{ mm}$  starke Klüfte, man kann also nicht von



einem Karst, sondern von einer Wasserbewegung in Klüften sprechen.

- 15) Pump- und Wiederanstiegsversuche (5.-8.5.1974) beim Grossbohrloch MU 374 (Überlagerung Durchmesser 80 cm, Fels-Durchmesser 50 cm, beide Wasserhorizonte isoliert), die Pumpzeit betrug ca. 31 Stunden, die Pumpwassermenge betrug zwischen 99 lit./s (Anfangszustand) und 91 lit./s (Endzustand bei 6 m Absenkung). Für den als stationär angenommenen Zustand der Absenkung am Ende des Pumpversuches und vor dem Pumpversuch wurden Potential- und Strömungslinien gezeichnet, die eine qualitative Aussage über die Strömungsbewegung bzw. Beeinflussungen geben.
- 16) Dauerabpressversuch (15.5.1974)  
Dieser ergab im Endzustand (nach 4 Stunden) wesentlich geringere Wasseraufnahmen als im Anfangszustand. Beim Bohrloch 381 wurde in der Pässe von 120-125 m bei einem effektiven Druck von 8,3 atü eine Anfangsaufnahme von 57,08 lit./min. und lfm festgestellt, der Endzustand nach 4 Stunden betrug 4,5 lit./min u.lfm bei demselben Druck.
- 17) 2. Tracer-Versuch (Beginn 6.6.1974) mit den Isotopen Molybdän, Jod und Quecksilber. Es wurde in den Bohrlöchern MU 355 (Hg), MU 356 (Mo) und MU 357 (J unten und Mo oben) eingespeist. Beprobte wurden die Bohrlöcher MU 372, 363, 364, 366, 367, 361, 375, 381, 374, 379 und 380 mittels Saugpumpen bzw. Unterwasserpumpen. Mit Ausnahme, dass das Quecksilber von MU 355 nach 3 Wochen im Bohrloch MU 357 nachgewiesen wurde, verblieb der Versuch negativ.

Verteiler:

Prof.Dr.Horninger, TH Wien  
Prof.Dr.Zötl, TH Graz  
Dir.Dr.Bauer, Speläol.Institut,Wien  
Dr.Häusler, Linz  
Dr. Rudan,VG Wien  
TKW, Dr.Widmann

VPe

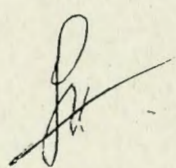
Prok.DI Oberleitner

*Natlin*



Ennskraftwerke AG  
S t e y r

Steyr, 1975 10 17  
EB.Gp/Di



N i e d e r s c h r i f t  
=====

Betr.: Pumpspeicher Molln;  
Karsthydrologie

Am 14. 10. 1975 fand auf der Hochschule für Bodenkultur in Wien, Lehrkanzel Prof. Dr. RADLER, das karsthydrologische Abschlussgespräch über die Pumpspeichergruppe Molln statt.

Teilnehmer: Prof. Dr. ZÖTL

TH Graz

Prof. Dr. JOB

Institut für Balneologie an  
der Universität Innsbruck

Dr. BAUER

Speläologisches Institut Wien

Dr. HÄUSLER

Geologe, Linz

Dr. RUDAN

Geologe, Verbundgesellschaft Wien

Prof. Dr. RADLER

Hochschule für Bodenkultur

Dipl.-Ing. GASPERL

Ennskraftwerke AG

1. Gutachten Prof. JOB:

Die chemischen Wasseranalysen und der Bericht hierüber von Prof. JOB stellen die letzten karsthydrologischen Untersuchungen für das Pumpspeicherprojekt Molln dar. Das Gutachten wurde nach Einlangen bei den Ennskraftwerken an die Besprechungs- teilnehmer verschickt. Während einer längeren Diskussion darüber wurde festgestellt, dass die Untersuchungen von Prof. JOB mit jenen von Dr. BAUER grundsätzlich übereinstimmen. Festzuhalten ist weiter, dass kein Hinweis auf salinare Ge- steine im Projektsgebiet vorgefunden wurde. Dr. HÄUSLER berichtet, dass im Gebiet Molln 2 Karstsysteme vorhanden sind, u.zw. ein altes und ein zwischeneiszeitliches, welches mit kristallinem Sand verfüllt ist.



Dr. BAUER hat aus der Verdünnung der natürlichen Isotope, welche mit der Exponenten-Methode untersucht wurde, festgestellt, dass die im Projektsgebiet Molln untersuchten Quellen Mischungen von verschieden altem Wasser liefern.

Auf Vorschlag von Prof. ZÖTL werden die Punkte der beiliegenden Notiz für die karsthydrologische Besprechung am 1. 8. 1974 in Wien vom 31. 7. 1974 durchbesprochen. Auf Grund neuerer Untersuchungen und Erkenntnisse kann diese Notiz in folgenden Punkten ergänzt werden:

Pkt. 8): Als Endergebnis der lokalen Markierungsversuche konnte festgestellt werden, dass der Abfluss überwiegend in das Bett des Hilgerbaches stattgefunden haben muss. Das ergibt sich aus der durchgegangenen Farbstoffmenge, vor allem jedoch aus den kurzen Fliesszeiten.

Nach Pkt. 10) wäre der Pkt. 10a) einzufügen: Tritium-Messungen der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Auswertungen Dr. Mayrhofer und Prof. ZÖTL:

Es wurde ein hochliegender Bergwasserspiegel im nördlichen Beckenrand festgestellt; im Vergleich mit den damals vorliegenden anderen Untersuchungen konnte eine Konzentration des Abflusses auf tektonische Schwächezonen festgestellt werden. In erster Linie stellen die vorhandenen Talungen stärkere Schwächezonen dar. Weiters ist hier Pkt. 10 b) einzufügen: Geoelektrische Messungen von Prof. WEBER:

Diese zeigen einen Bergwasserpolder vor allem im Rücken des Kienberges. Diese Feststellung stimmt mit den Wasserspiegelmessungen in den Bohrlöchern des Hausbachtals überein, welche einen stärker als der Grundwasserspiegel schwankenden Bergwasserspiegel zeigen. Im ursprünglichen Pkt. 10) wäre hinzuzufügen:

Im Bereich der Bohrungen wurden starke Wasserwegsamkeiten festgestellt. Mittels der Fernsehsonde wurden in den von der BVFA festgestellten Zonen mit starker horizontaler und vertikaler



Wassergeschwindigkeit starke Turbulenzen beobachtet. Feinteilchen und Sand wurden dadurch bewegt.

Zu Pkt, 15): Die gemessene Wasseroberfläche zeigt eine Zuströmung in den Talbereich. Die bisherigen Auswertungen genügen, um gegen die Errichtung des Dammes Köhlerschmiede aus karsthydrologischer Sicht keine Bedenken zu haben.

Zu Pkt. 16): Auch diese Untersuchungen dienen zur Untermauerung des Zusatzes zu Pkt, 15).

Ähnliche Verhältnisse konnten bei der Oberstufe nicht festgestellt werden. Dort blieben die Wasseraufnahmen am Anfang und Ende des Dauerabpressversuches etwa gleich gross.

Weiters wären folgende Punkte anzufügen:

Pkt. 18: Die Temperaturmessungen in Bohrungen von Dr. JANSCHKE geben Hinweise auf einen unterirdischen Abfluss in Talrichtung.

Pkt. 19): Gasmessungen: Damit wurde festgestellt, dass die im Projektgebiet vorhandenen Störungen Gase ausscheiden, wobei von Prof. ERNST der Gehalt an Methan und  $\text{CO}_2$  gemessen wurde.

Pkt. 20): Chemische Untersuchung von Wässern durch Prof. JOB: Durch diese chemischen Analysen wurden 3 Arten von Quellwässern unterschieden. Die einzelnen Arten treten in abgrenzbaren, ost-west-verlaufenden Gebieten auf, welche auch mit der geologischen Gliederung übereinstimmen. Die weiteren Schlüsse bzw. Auswirkungen auf das Bauwerk wird Dr. HÄUSLER in seinem Schlussgutachten ziehen.

Dr. EAUER wird nun ein Gutachten zu seinen Quellbeobachtungen erstellen.

Dr. HÄUSLER regt an, dass auf den Bohrungen 353, 364, 365 und 366 Gaskappen montiert werden. Falls weitere Gaskappen vorhanden sind, sind diese auf den Bereich Oberbecken Hilgerbach und Hausbach zu verteilen.



Dr. HÄUSLER bringt den Wunsch von Prof. ERNST vor, dass die Gasmesstation in Molln von derzeit Methan auf CO<sub>2</sub> umgestellt werden soll.

Von Prof. JOB wird die Publikation der Untersuchungen für das Pumpspeicherprojekt Molln in den "Steirischen Beiträgen zur Hydrologie" unter Mitwirkung der Besprechungsteilnehmer und weiters von Prof. ERNST, Prof. WEBER und der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, ungefähr im Jahre 1977, angeregt.

Die Grundlage für das Schlussgutachten bildet die Notiz vom 31. 7. 1975 mit den oben angeführten Ergänzungen.

Beilage:

Aktenvermerk  
v. 31.8.1974

*Jasperl*

*ges. Tiurin*

Verteiler:

Prof. Dr. Zötl, TH Graz	}	mit je 1 Aktenvermerk vom 31. 7. 1974
Prof. Dr. Job, Universität Innsbruck		
Dr. Bauer, Speläol. Institut Wien		
Dr. Häusler, Linz		
Dr. Rudan, VG Wien		
Prof. Dr. Radler, Wien	}	

VE m. Aktenvermerk v. 31.7.1974



N o t i z

für die karsthydrologische Besprechung am 1. August 1974 in Wien

CHRONOLOGIE DER KARSTDOKUMENTATION MOLLN

- 1) Aus der einschlägigen Literatur des Vorgängerprojektes (Stiny, Ampferer, Lugeon, Ludin, Clar usf.) sind wenig Hinweise auf Karst zu finden. Es existieren aber wohl Aufzeichnungen, z.B. über die Wunderlucke und die Steinbachhöhle bei Molln, und ausserdem Skizzen von Josef Zeitlinger (Leonstein).
- 2) Auf Grund der Abflusspenden in den Nachbartälern der Krummen Steyrling schliesst Rosenauer in "Wasser und Gewässer in Oberösterreich", 1947, auf Seite 75, konkret auf Karst. Er schreibt:

"Es ist z.B. höchst unwahrscheinlich, dass die Wasserspende im Gebiet der Teichl und der Krummen Steyrling so sehr unter dem Wert liegen sollte, der sonst dem Gebiet eigentümlich ist. Die Wasserspenden betragen in der Teichl bzw. in der Steyr:

bei Spital am Pyhrn .....	45 lit./s u. km <sup>2</sup>
bei Steyr-Bruck .....	68 "
bei Klaus .....	49 "
bei Pergern .....	43 "

sie weisen also in den Niederschlagsverhältnissen begründete Abnahme vom Gebirge gegen das Vorland zu auf. Bei der Reichsstrassenbrücke bei Windischgarsten führt aber die Teichl nur 35 lit./s pro km<sup>2</sup>, die Krumme Steyrling führt bei Molln sogar nur 25 Lit./s pro km<sup>2</sup>. Auch hier scheint das Wasser Wege zu nehmen, die wir noch nicht erkennen können.



Aus allen diesen, aus Messungen sich gründenden Ergebnissen geht einwandfrei und deutlich erkennbar hervor, dass im Bereich unseres Kalkgebirges dem Wasser untertägige Wege offen stehen, die wir nicht kennen. Es können das - wie schon angedeutet - Klüfte und Hohlräume im karstartigen Gebirge sein, es ist aber auch möglich, dass in den Schotterlagen der Taläufe unterirdische Wege sich ergeben, die durch die Lösbarkeit des Kalkes im Wasser sich ständig vergrössern. Ein Beispiel hierfür zeigt sich längs der Mündungsstrecke der Krumpfen Steyr bei Molln, die tief in die Schotterflur eingeschnitten ist; Erdfälle in der Schotteroberfläche machen dort diesen Vorgang der Auslaugung auch dem Auge erkenntlich.

Diese Tatsachen müssen uns vorsichtig machen bei der Beurteilung der Wasserführungen im Bereich der Kalkalpen, und es muss gewarnt werden von Schätzungen, etwa auf Grund benachbarter zahlenmässiger Ergebnisse; nur Beobachtung und Messung können zweifelsfreie Angaben liefern."

- 3) F. Bauer "Zur Verkarstung des Sengsengebirges in O.Ö., Beiträge zur alpinen Karstforschung", Heft 3, 1956.
- 4) Brief von Josef Zeitlinger an den Landeshauptmann Dr. Gleissner (vom 27.4.1966).
- 5) Stellungnahme dazu von Dr. Radler (vom 20.5.1966).  
Mit den Annahmen von Rosenauer für Verdunstung und vegetative Aufnahme sowie den Niederschlags- und Abflussmessungen der bisher verfügbaren Aufzeichnungen wird keine Fehlmenge festgestellt.
- 6) Bohrungen (1966) an der Hauptsperre Kienerg (Universale, Latzel & Kutscha). Insbesondere bei Bohrloch 2 wird sehr wasserdurchlässige Opponitzer Rauchwacke angetroffen. Der einige Meter unter dem Wasserspiegel des Hilgerbaches liegende Kluftwasserspiegel gibt zu denken.



- 7) Pumpversuche und Wasserehnpressversuche (1968), in das Bohrloch 2. Der Wasserspiegel des Bohrloches 2 wird dabei bis auf Kote 474,00 m ü.A. abgesenkt und verbleibt dort längere Zeit, im Rhythmus jedoch mit dem Wasserspiegel des Bohrloches 3 (wie auch Hilgerbach), Plan Mo 355. Die aus den Bohrungen der OKA und EKW ableitbare tiefste Lage des Dolomit an der Aufstandsfläche der Sperre Kienberg beträgt jedoch etwa 475 m. Es wird also auf einen Karstabfluss bzw. auf eine noch nicht gefundene Klamm geschlossen.
- 8) Lokale Markierungsversuche im grossen Beckenraum (1970)  
Einspeisungen in 3 Karsthöhlen bzw. Schächte, die durchwegs positiv verlaufen: Ausbringung innerhalb des Beckenraumes.
- 9) Grosser Einspeisversuch (1970) in das Bohrloch 2 mit 40 kg Uranin. Es wird mit verdünnter Salzsäure vorgespült, um die Karstgänge aufzumachen. Versuch verläuft negativ.
- 10) Weitere Bohrungen im Bereich des Unterbeckens von 1971-1974  
zeigten weiterhin sehr grosse Wasseraufnahmen bei den Wasserabpressversuchen. Es wird weiters festgestellt, dass im Fels ein vom Grundwasser unabhängiges Wasserregime herrscht, dessen Drucklinie flacher als die Grundwasserdrucklinie verläuft. Im Bereich des Hausbaches liegt die Drucklinie unterhalb der des Grundwassers, im Bereich der Köhlenschmiede etwa 30-80 cm darüber, ist also gespannt.
- 11) Vertikal- und Horizontalgeschwindigkeitsmessungen (1971-1974)  
Über Empfehlungen von Zötl, Bauer und Häusler werden von der BVFA Vertikal-(Soletanche-Sonde) und Horizontalgeschwindigkeitsmessungen (Ein-Loch-Methode mittels Träcer) an div. Bohrlöchern durchgeführt. Diese ergeben, insbesondere bei den Bohrlöchern des Unterbeckens Sperre Köhlerschmiede, sehr grosse Horizontalgeschwindigkeiten (Maximum 3,5 cm/s bei Bohrloch KU 372, d.i. Sperrenstelle linkes Ufer).



12) Bilanz Niederschlag-Abfluss 1968-1971 (Jänner 1973)

Auf Grund der vorhin genannten Erscheinungen wird mit den grossen Horizontalgeschwindigkeiten und einem angenommenen durchströmten Felsquerschnitt ein Kluftwasserabfluss von der Grössenordnung 1 m<sup>3</sup>/s überschlagen.

Mit den neuen Unterlagen über Niederschlag und Abfluss wird eine neuerliche Niederschlag-Abfluss-Bilanz hergestellt, die allerdings das orographische Einzugsgebiet berücksichtigt (es ist aber bekannt, dass orographische Gebiete des Einzugsgebietes der Kruppen Steyrting ausserhalb dieses Gebietes entwässern; vorderer Rettenbach mit einer Spende von 70 lit./s und km<sup>2</sup>, Ebenforst u.dgl.mehr). Unter diesen zweifelhaften Annahmen resultiert tatsächlich eine Fehlbilanz von etwa 1 m<sup>3</sup>/s.

13) 1. Tracerversuch (Juli 1973)

Im unmittelbaren Bereich der Köhlerschmiede, Einspeisung in den Bohrlöchern MU 364, 367 und 372 und Messung in den Bohrlöchern MU 353, 354 und 369. Verwendet wurden die Tracer: Brom 82, Jod 131 und Molybdän 99. Der Versuch verläuft insofern negativ, als lediglich 3 Proben (bei halbstündiger Probenentnahme) eine über die Nachweisgrenze hinausgehende Aktivität zeigten. Bei den 3 positiven Proben handelt es sich um Mischproben aus dem oberen Horizont der Bohrung MU 353. Das festgestellte Nuklid war das in MU 364 eingebrachte J 131. Die vom Injektionsgut nachgewiesene Menge betrug insgesamt ca. 0,45 %. Die Ursache der geringen Ausbringung ist entweder auf die grosse Geschwindigkeit oder auf die Tatsache, dass auf Grund der kurzen Entfernung eben nur ein kleiner Nebengang erfasst wurde, die Hauptmenge jedoch daneben vorbei lief.

14) Bohrlochsonde (Frühling 1974)

Im Frühjahr us.J. wurde die neue Fernsehsonde der DoKW eingesetzt. Es konnte hier erstmals über die tatsächliche Art der Klüftung Auskunft erzielt werden (Photos Dr. Häusler). Es handelt sich maximal um 1-3mm starke Klüfte, man kann also nicht von



einem Karst, sondern von einer Wasserbewegung in Klüften sprechen.

- 15) Pump- und Wiederanstiegsversuche (5.-8.5.1974) beim Grossbohrloch MU 374 (Überlagerung Durchmesser 80 cm, Fels-Durchmesser 50 cm, beide Wasserhorizonte isoliert), die Pumpzeit betrug ca. 31 Stunden, die Pumpwassermenge betrug zwischen 99 lit./s (Anfangszustand) und 91 lit./s (Endzustand bei 6 m Absenkung). Für den als stationär angenommenen Zustand der Absenkung am Ende des Pumpversuches und vor dem Pumpversuch wurden Potential- und Strömungslinien gezeichnet, die eine qualitative Aussage über die Strömungsbewegung bzw. Beeinflussungen geben.
- 16) Dauerabpressversuch (15.5.1974)  
Dieser ergab im Endzustand (nach 4 Stunden) wesentlich geringere Wasseraufnahmen als im Anfangszustand. Beim Bohrloch 381 wurde in der Pässe von 120-125 m bei einem effektiven Druck von 8,3 atü eine Anfangsaufnahme von 57,08 lit./min. und lfm festgestellt, der Endzustand nach 4 Stunden betrug 4,5 lit./min u.lfm bei demselben Druck.
- 17) 2. Tracer-Versuch (Beginn 6.6.1974) mit den Isotopen Molybdän, Jod und Quecksilber. Es wurde in den Bohrlöchern MU 355 (Hg), MU 356 (Mo) und MU 357 (J unten und Mo oben) eingespeist. Beprobt wurden die Bohrlöcher MU 372, 363, 364, 366, 367, 361, 375, 381, 374, 379 und 380 mittels Saugpumpen bzw. Unterwasserpumpen. Mit Ausnahme, dass das Quecksilber von MU 355 nach 3 Wochen im Bohrloch MU 357 nachgewiesen wurde, verblieb der Versuch negativ.

Verteiler:

Prof.Dr.Hörninger, TH Wien  
Prof.Dr.Zötl, TH Graz  
Dir.Dr.Bauer, Speläol.Institut,Wien  
Dr.Häusler, Linz  
Dr. Rudan,VG Wien  
TKW, Dr.Widmann

VPe  
Prok.DI Operleitner

*Näher*







N i e d e r s c h r i f t

Betr.: Pumpspeichergruppe Molln;  
karsthydrologische Besprechung

1973 02 27 fand im Hause der VG in Wien eine Besprechung über das karsthydrologische Arbeitsprogramm statt.

<u>Teilgenommen haben:</u>	Zötl	Technische Hochschule Graz	
	Bauer	}	Speläologisches Institut Wien
	Völkl		
	Mairhofer	}	BVFA Wien
	Hacker		
	Häusler		Geologe, Büro Linz
	Rudan		VG Wien
	Schubert	}	EKW Steyr
	Radler		

Einleitend berichtet Radler über den derzeitigen Stand, die Ergebnisse des Herbst- und Winterprogrammes und über die bis Sommer 1973 vorgesehenen Untersuchungen (Bohrungen, Geoelektrik, Fernsehsondierung, BVFA-Messungen).

Es wird weiters über die Quellaustritte flussab der Krummen Steyrling berichtet. Diese stehen seit Jänner 1973 (Bereich "rinnende Wand") durch Wasserproben und Aktivkohlesäckchen unter Kontrolle.

Was die Hydrologie im gesamten betrifft, wird dargelegt, dass die Gesamtheit des Projektsgebietes und der Nachbargebiete hinsichtlich topografisch feststellbarer und abflussmässig nicht eindeutig zuzuordnender Einzugsgebiete und der entsprechenden Abflusspenden neu überarbeitet wird (Hinweis auf den Vorderen Rettenbach mit einer etwa 2 1/2 - 3 mal grösseren Abflusspende als die Krumme Steyrling).

In diesem Zuge soll auch die Herkunft der Wasser aus der Steiern-Quelle und des "Maulaufloches" geklärt werden.



Eine Liste der Ausarbeitungen und Gutachten über Geologie, Geophysik und Karsthydrologie in chronologischer Folge wird übergeben mit der Bitte um ev. Vervollständigung.

Bauer bringt bereits Ergebnisse der Analysen der oben zitierten Quellaustritte: Die Proben S 9 - S 12 haben teilweise hohen Sulfatgehalt und können daher dem Abflusssystem der Krummen Steyrling zugeordnet werden; der Sulfatgehalt der Proben S 13 - S 18 vom Bereich der "rinnenden Wand" hingegen ist wesentlich geringer und lässt diesen Schluss nicht zu.

Bezüglich der hohen Abflusspende des Vorderen Rettenbaches weist Bauer darauf hin, dass das Abflusssystem des Vorderen Rettenbaches durch die Nordstaulage, den Wettersteinkalk des Sengsengebirges und durch nördlich lagernde stauende Schichten stark gefördert wird. Es erfasst daher (niederschlagsmässig) ein grösseres Gebiet, als topographisch ableitbar.

Bezüglich der Steiern-Quellen vermutet Bauer, dass eine Entwässerung aus dem oberen, stark verkarsteten Bereich des Hilgerbaches möglich ist.

Entlang des Reichramingbaches brauchen ab jetzt keine Aktivkohlesäckchen mehr ausgesetzt werden; die jetzt ausgesetzten sollten in etwa 2 Monaten eingeholt und einer Schlussuntersuchung zugeführt werden.

Bauer schlägt eine Neufestlegung der Probenentnahmen vor, u.zw.: Die Proben S 9, - S 18 brauchen in Hinkunft nicht mehr entnommen werden, die Aktivkohlesäckchen werden noch einmal gewechselt und dann erfolgt nach etwa 2 Monaten eine letzte Untersuchung auf Uranin.

Die Probenentnahmen bei den Bohrlöchern (üblicher Turnus Mösslang) bl. 2, 3, 4, 5, 9 und 10, MS 314, 316, 316a, 317, 318 GC 1 A, GC 2, GC 4, GC 5 und GC 6 sowie MG 208 kann in Hinkunft entfallen, es wird lediglich der Wasserstand in diesen Bohrlöchern gemessen. Das übrige Probeentnahmeprogramm verbleibt wie bisher; zusätzlich sollen von der Quelle 11 (Steiern-Quelle) Proben gezogen werden (u.zw. 1 Liter und 1/2 Liter wie bei den übrigen Proben).



Übereinstimmend wird festgelegt, dass der Bereich flussab der "rinnenden Wand" bis zum Flyschkontakt noch begangen werden muss. Probenentnahmen in diesem Bereich sind erforderlich. Die Festlegung erfolgt einvernehmlich nach einer gemeinsamen Begehung unter Beisein Bauer und Häusler.

Häusler erinnert, dass Prof. Ernst bezüglich der Gasgenetik nochmals befragt werden muss. Die  $\text{CO}_2$ -Bilanz charakteristischer Bohrlöcher sollte mittels Proben festgehalten werden; die Probenentnahme ist jedoch problematisch.

Mairhofer berichtet von dem Gerät der BVFA für Probenentnahmen in tiefen Bohrlöchern (Batteriebetrieb). Dieses Gerät kann er uns dafür zur Verfügung stellen.

Häusler erläutert die Ergebnisse <sup>der</sup> Fernsehsondierung am Bohrloch 353 an Hand eines abgewickelten Aufnahmeprofiles. Man ersieht daraus, dass die Wasserdurchlässigkeit nicht auf einem Karstproblem, sondern auf einem tektonischen Zerrproblem beruht. Die Talsohle ist auf Grund der relativ raschen Gewichtsentlastung durch die Erosion die schwächste Zone und zeigt Aufspannungstendenzen, die sich in Klüften durch aufgehende, meist horizontale Fugen auswirken.

Sämtliche Bohrlöcher sollten noch mit einer Temperatursonde überprüft werden. Das Temperaturprofil soll möglichst gleichzeitig erstellt werden (Momentaufnahme). Diese Temperaturaufnahme wird vom Speläologischen Institut durchgeführt.

Die Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit mittels Platinsonden steht abermals zur Debatte.

Radler berichtet, dass ein Abfischen der Enns, der Steyr und der Krummen Steyrling durch die Abt. Wasserwirtschaft erfolgen wird. Vom Stauraum Ternberg sind Beobachtungen bekannt, wonach die Eisdecke im Bereich zwischen Trattenbach und Wendbach an mehreren Stellen auftauft, was auf Quellen zurückgeführt werden könnte.

Häusler berichtet diesbezüglich über Erfolge beim Kraftwerk Altenmarkt, wo lediglich über die elektrolytische Leitfähigkeit Wasseraustritte nachgewiesen wurden.



Zötl weist darauf hin, dass es sehr schwer sein wird, im eingestauten Bereich des Stauraumes Ternberg Quellaustritte noch zu finden, hier könnte die Aufnahme Bistritschan noch Auskünfte geben. Nach Häusler hat jedoch Bistritschan trotz sehr sorgfältiger Aufnahme keine Quellaustritte festgestellt. Er verweist darauf, dass dieses Auftauen auch durch Turbulenzen erfolgen könnte.

Bauer weist darauf hin, dass es in diesem Bereich des Ennstales wirklich möglich wäre, dass hier keine Quellen sind, da die geologischen Strukturen parallel zum Tallauf gehen und somit die Zubringer prädestiniert für die Entwässerung sind.

Bauer schlägt vor, aus charakteristischen Bohrlöchern des Unterbeckens Proben für Tritiumbestimmung zu entnehmen (1 Liter-Flaschen) um über die Herkunft des Wassers Aufschluss zu bekommen. Diese Proben werden anlässlich der Temperaturprofilmessungen gleichzeitig vom Speläologischen Institut entnommen.

Einhellig wird festgestellt, dass von allen neu hinzukommenden Bohrungen Geschwindigkeitsmessungen durchzuführen sind, die voraussichtlich bis Mitte Mai abgeschlossen sein können. Ebenso steht fest, dass zur endgültigen Klärung dieses Karstproblem es eine Reihe von Vorversuchen und ein abschliessender Grossversuch durchgeführt werden muss. Schon für die Abwicklung der Vorversuche ist eine approximative Klärung der Laufzeit des Karstwasserstromes erforderlich, um Anhaltspunkte für die Wahl des Tracers zu bekommen. Für den Grossversuch steht Uranin ausser Frage, für die Vorversuche kommen neben Salz auch Farbstoffe und sämtliche radioaktiven Tracer infrage.

Mairhofer gibt einen kurzen Überblick über die Möglichkeiten der Tracer-Wahl, im besonderen auf die Möglichkeit der Verwendung nicht-aktiver Tracer (Indium), die ungefährlich und von der Halbwertszeit unabhängig sind, da erst die Probe in einem Reaktor beschossen und aktiviert wird. Die Festlegung des Tracers für die Vorversuche wird nach Abschluss der Vorarbeiten, voraussichtlich Anfang Juni, stattfinden.



Mairhofer weist darauf hin, dass die Lieferzeit der Isotopoe mindestens 14 Tage beträgt und dass bei der Abwicklung dieser Vorversuche darauf Bedacht zu nehmen ist.

Häusler und Rudan weisen darauf hin, dass im Zuge der geoelektrischen Untersuchungen noch je eine Bohrung an den beiden Flankenrücken der Sperre Köhlerschmiede niedergebracht werden muss. Für eine weitere karsthydrologische Untersuchung (Abfluss in das Garnweidtal) wird eine Bohrung vom Flussbett des Heitzengrabens unmittelbar flussauf der Sperrenstelle Unterbecken vorgeschlagen.

Als Programm für die weitere Bearbeitung ergibt sich folgender Ablauf:

Ende April: Fertigstellung der Bohrungen.

Ende Mai:  $V_v$  und  $V_h$ -Messungen durch BVFA und Fernsehsondierungen (Makowetz) abgeschlossen.

Vorliegen der geoelektrischen Untersuchungen von Weber.

Anfang Juni: Lokalausgleich in Molln, Entscheidung über Tracer, Festlegung des chronologischen Ablaufes der Versuche, Beiziehung Prof. Ernst für  $CH_4$  und  $CO_2$ -Messungen.

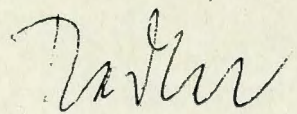
Dann müssen die Ergebnisse der Vorversuche abgewartet werden.

Da die Ergebnisse der Vorversuche mitunter einige Monate auf sich warten lassen können, ist in Aussicht zu nehmen, dass der Grossversuch erst im Herbst 1973 oder wahrscheinlich erst Anfang nächsten Jahres durchgeführt werden kann.

Verteiler:

Prof. Dr. Zötl, TH Graz  
Dir. Dr. Bauer, Speläol.Institut Wien  
Dr. Mairhofer, BVFA Wien  
Dr. Häusler, Linz  
Dr. Rudan VG Wien

VPe





Steyr, den 11. 12. 1974  
EB Gp/Di

N i e d e r s c h r i f t  
=====

über eine Projektsbegehung am 9. 12. 1974 im Bereich des Beckens  
Oberstufe Kolln

Teilnehmer:

Ing. Brugger

Dipl.-Ing. Gasperl

Die im Folgenden angegebenen Stellen beziehen sich auf Nummern im beigelegten Lageplan. Durch die starken Regenfälle und den Warmlufteinbruch am 7. und 8. Dezember war die Wasserführung der Krummen Steyr, des Hilgerbaches und der anderen Seitenbäche angestiegen.

Am 9. 12. um etwa 13,00 Uhr wurde festgestellt, dass das normalerweise trockene Gerinne unmittelbar beim Anwesen Rebhandl beginnenden und in fast genau südlicher Richtung verlaufenden Tales ausserordentlich viel Wasser führte. Die Zufahrtsstrasse zum Anwesen Rebhandl war auf eine Länge von etwa 15-20 m 5-10 cm hoch überflutet. Die grösste abfliessende Wassermenge wurde mit etwa 0,5 m<sup>3</sup>/s geschätzt. Die im Folgenden geschilderten Beobachtungen wurden bei einer Begehung gemacht, die etwa um 15,00 Uhr begann und bis 17,00 Uhr andauerte.

Die Begehung begann an der Stelle 1, jener Stelle, wo die Strasse durch das Gerinne überschwemmt wurde. Entlang des Bachlaufes wurde bis auf die Almböden, auf welchen sich die Punkte 2 und 3 befinden, gegangen, wobei in der Wasserführung des Baches keine auffällige Zu- oder Abnahme beobachtet werden konnte. Erst am Almboden bei den Punkten 2 und 3 konnte man feststellen, dass die auch hier oben geschätzte Wasserführung von etwa 500 lit/s sich etwa je zur Hälfte auf die Punkte 2 und 3 verteilte. Der Punkt 2 ist eine normalerweise nicht wasserführende Quelle, die unterhalb einer Geländeversteilung



aus dem gewachsenen Fels entspringt. Die Stelle 3 bilden die von den Geologen und Höhlenforschern schon festgestellten Dolinen, welche randvoll gefüllt mit Wasser waren bzw. mit einem Überlauf von etwa 250 lit/s überflossen. An den Dolinenrändern konnte festgestellt werden, dass der Wasserstand schon im Absinken begriffen war und dass der Höchststand etwa 10 cm höher als der eben beobachtete war. Spuren im Gras zeigen ebenfalls, dass vor kürzerer Zeit ein wesentlich grösserer Überlauf stattgefunden haben musste.

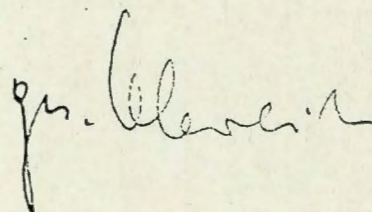
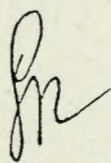
An der Stelle 4, d. s. die drei grösseren Dolinen am Tanzboden, wurde ein ähnliches Bild beobachtet. Am südlichsten Rand der südlichen Doline sprudelte aus der Rasendecke eine etwa armdicke Quelle. Beim Betreten des Dolinenrandes entstand durch entweichende Gase (möglicherweise Luft) im Umkreis von mehreren Metern ein schlürfendes Geräusch. Die südlichste Doline hatte einen Überlauf zur mittleren, und von dort verteilte sich das Wasser über mehrere Pfützen auf die Fläche zwischen den Dolinen und dem Stallgebäude am Tanzboden. Die nördlichste Doline hatte sehr trübes, schmutziges Wasser, ein Abfluss wurde hier nicht beobachtet. Der Wasserstand dieser Doline lag um etwa 1,5 m tiefer als in den anderen. Im Graben, welcher etwa bei den Dolinen beginnt und in nördlicher Richtung zur Krumpen Steyrling führt, konnte keine Wasserführung beobachtet werden.

In der Niederung der Krumpen Steyrling wurde an der Stelle 5 ein erhöhter Wasseraustritt im Bachbett der Krumpen Steyrling beobachtet. Ein Durchsickern durch eine Schotterbank der Krumpen Steyrling selbst konnte hier nicht ausgeschlossen werden. Die Stelle Nr. 6 war insofern bemerkenswert, als hier in der Mitte eines kreisrunden Hügels mit etwa 2-3 m Höhe ein Wasseraustritt stattfand und vom Hügel weg sich ein Gerinne bildete. Ein kräftiger Quellaustritt mitten aus einem Rasenstück wurde an der Stelle 7 beobachtet. Mit einem Durchmesser von etwa 15 cm sprudelte eine Quelle 10-20 cm hoch über Gelände. Wurde der Quellabfluss behindert, so wölbte sich der umliegende Boden kräftig auf. Bei Entlasten des Quellaustrittes war dann ein erhöhter Wasseraustritt festzustellen. Einige Meter oberhalb dieses Austrittes wurde die Rasendecke durchstossen und sofort begann auch hier eine Quelle zu fliessen.



Der Abfluss erfolgte in dem Gerinne, welches unmittelbar am Haus Rebhandl vorbeifliesst. Am Ende der Begehung um etwa 17,00 Uhr wurde die Zufahrt zum Haus Rebhandl nicht mehr über-  
ronnen.

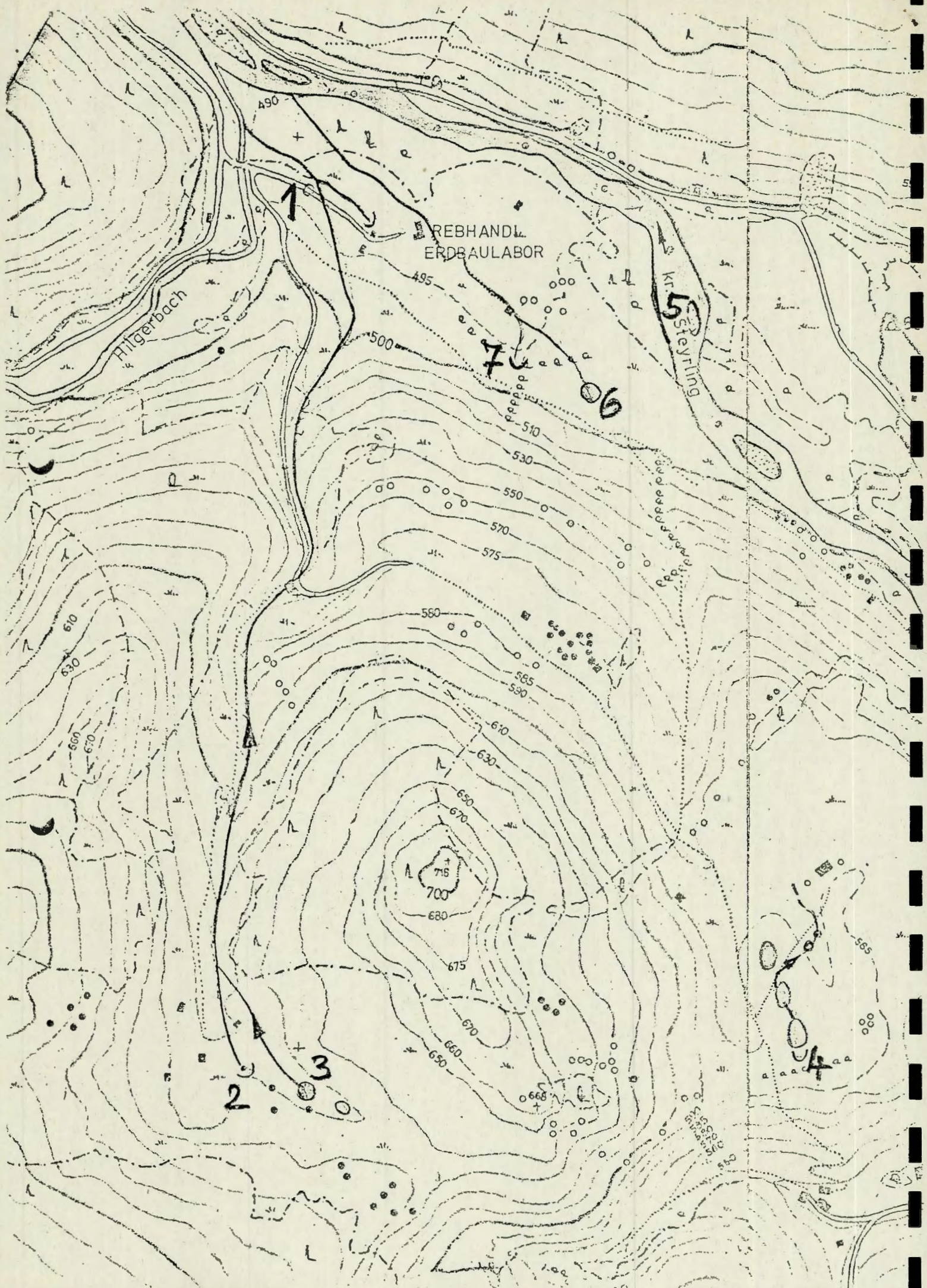
Für den Fall, dass künftig ähnlich grosse Wasserführungen in diesem Bereich auftreten, wurde die Anweisung im Haus Rebhandl hinterlassen, die vorhin genannten Stellen zu photographieren, die Wassertemperatur zu messen und eine Halbliterprobe zu entnehmen.



Verteiler:

Prof. Dr. Zötl, Graz  
Dir. Dr. Bauer, Spel. Inst. Wien  
Dr. Häusler, Linz  
Dr. Rusan, VG Wien  
Erdbaulabor Kolln







Univ.-Professor Dr. Josef ZÖTL  
Bergmannngasse 19, A-8010 Graz

---

gr. 9423  
11/D 16

An die  
Ennskraftwerke A.G.

Postfach 167  
4400 S t e y r

---

E r g ä n z u n g s b e r i c h t

zur Auswertung der 1969/70 durchgeführten Isotopenmes-  
sungen an Wässern im weiteren Bereich des Großspeicher-  
projektes Molln.

Graz, am 7. August 1972



Univ.-Professor Dr. Josef ZÖTL  
Bergmannngasse 19, A-8010 Graz

11/D 16

An die  
Ennskraftwerke A.G.

Postfach 167  
4400 Steyr

E r g ä n z u n g s b e r i c h t

zur Auswertung der 1969/70 durchgeführten Isotopenmes-  
sungen an Wässern im weiteren Bereich des Großspeicher-  
projektes Molln.

Graz, am 7. August 1972



# 1. Vorbemerkung

Bei der am 19.6.1972 am Speläologischen Institut in Wien abgelaufenen Besprechung betreffend die Weiterführung der Arbeiten am Großspeicherprojekt Molln wurde u.a. vereinbart (s. Niederschrift EB Gp/Di vom 4.7.1972 Seite 3), daß die seinerzeit gewonnenen Ergebnisse der Isotopenmessungen an Wässern im weiteren Bereich dieses Gebietes nochmals von mir überarbeitet werden sollten.

Die Ergebnisse dieser Isotopenmessungen wurde seinerzeit in einem "Bericht über Bestimmung des Tritium- und Deuteriumgehaltes an Quellwässern aus dem Raume Molln" von der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal in Wien (BVFA, Dr. Mai/Ro A.Nr. 24.12-1034 vom 7.12.1970) geliefert und von mir in einem Zwischenbericht vom 12.12.1970 interpretiert.

Neben den Wasserstoffisotopen Tritium und Deuterium wurde auch die elektrolytische Leitfähigkeit der Wässer gemessen. Dies geschah nicht nur, um über ein neues Untersuchungselement zu verfügen, sondern vor allem zur Erleichterung der Feststellung, inwieweit bei den Schwankungen des Isotopengehaltes die Zufuhr rezenter Wasser eine Rolle spielt.

Im folgenden wird vorausgesetzt, daß sich die genannten Berichte mit den darin enthaltenen Tabellen und Kurven im Besitz der Ennskraftwerke A.G. befinden, sodaß mit Zitaten auf sie verwiesen werden kann.



## 2. Die Interpretation der Isotopen- und Leitwertmessungen

### 2.1. Allgemeines und bisherige Folgerungen

Der Bericht der BVFA resultierte im wesentlichen in einer Gruppierung der Quellwässer, wobei 3 Typen ausgeschieden wurden (Bericht BVFA Seiten 3-4). Diese Gruppierung stützte sich vornehmlich auf den Tritiumgehalt der Wässer. Die Ganglinien der Deuterium- und Leitfähigkeitswerte wurden nur kurz und allgemein erläutert.

In meinem Bericht vom 12.12.1970 wurden die Ganglinien der Tritiumwerte auf 5 Beilageblättern aufgetragen und in den Seiten 3-6 kommentiert. Diese Kommentare und die im Bericht vom Dezember 1970 gezogenen Folgerungen und Vorschläge sollen durch weitere statistisch-graphische Bearbeitung der Meßwerte im folgenden nochmals überprüft und ergänzt werden.

### 2.2. Ergänzende Beurteilung der Tritiumwerte

Zunächst wurde als Ergänzung zu den dem Bericht 1970 beigegebenen Ganglinien der Tritiumwerte der Karst- und Quellwässer im weiteren Bereich des geplanten Großspeichers Molln ein Häufigkeitsdiagramm der Tritiumwerte der einzelnen Wässer entworfen (Fig. 1). Dabei bedeutet bei einer Skalenteilung von 20 T.U. jedes Kästchen einen im entsprechenden Skalenbereich liegenden Meßwert. So wurden z.B. bei Quelle Nr. 14/15 4 Werte zwischen 200 und 220 T.U. (April, Mai 1969 und Februar, April 1970, s. Tabellen Bericht BVFA), 2 Werte zwischen 220 und 240 T.U. (Februar, März 1969), zwei Werte zwischen 240 und 260 T.U. (Juni, Dezember 1969) und je 1 Wert zwischen 260 und 280 bzw. 280 und 300 T.U. (Oktober bzw. August 1969) gemessen. Das Häufigkeitsdiagramm verdeutlicht vor allem Schwerpunkt und Streuung der Werte wesentlich übersichtlicher als die Ganglinien, deren Auftragung auf einem einzigen Blatt wegen Unübersichtlichkeit überhaupt unmöglich ist.



Das Häufigkeitsdiagramm der Tritiumwerte zeigt, daß die engste Gruppierung des Schwerpunktes um das gewogene Mittel der Tritiumwerte des Niederschlages im Jahre 1969 (= 240 T.U. nach dem Bericht der BVFA) bei den Flußwässern (mit Ausnahme des Mollnerbaches) und den Quellen Nr. 240, 145/149, 152/153 und Nr. 38 auftritt. Das zeigt, daß in der Steyr und der Krummen Steyr und den sie vorwiegend speisenden Quellen das rezente Niederschlags- bzw. Schmelzwasser überwiegt. Für die Quellen des Steyrflusses am Nordostrand des Toten Gebirges wurde dies mittlerweile auch durch spezielle Untersuchungen bewiesen. Auf die besondere Stellung des Mollnerbaches wird im folgenden nochmals eingegangen. Die schon im Gutachten von 1970 (Seite 5) getroffene Feststellung, daß die Quellen Nr. 152/153 weitgehend als Folgequellen des periodischen Übersprungs Nr. 145/149 zu betrachten sind, wurde neuerdings unterstrichen.

Überaus deutlich treten im Häufigkeitsdiagramm der Tritiumwerte auch die Extreme der Quellen Nr. 205, 151 und 250a bzw. Nr. 44 und 103 hervor. Es empfiehlt sich aber die Diskussion der Tritiumwerte mit jener der Ergebnisse der Deuterium- und Leitfähigkeitsmessungen zu verbinden.

### 2.3. Vergleich der Ergebnisse der 1969/70 durchgeführten Tritium-, Deuterium- und Leitwertmessungen

Die Schlußfolgerungen in den bisher vorliegenden Gutachten stützten sich vor allem auf die Interpretation der Tritiummessungen, da den Deuteriumwerten die Ergänzung durch die ebenfalls vorgesehenen aber nicht durchgeführten Oxygen-18-Messungen fehlten.

Fig. 2 stellt ein Häufigkeitsdiagramm der  $\delta D$ -Werte dar.



Bezüglich der allgemeinen Abhängigkeit der Deuteriumwerte vom Jahresgang und Höheneffekt darf auf die Ausführungen in dem bereits vorliegenden Gutachten verwiesen werden.

Auch beim Deuterium tritt eine den Tritiumwerten ähnlich gelagerte Schwerpunktverteilung bei den Quellen Nr. 240, 145/149, 152/153 und 38 auf. Damit scheint die schon mehrmals als naheliegend bezeichnete und auch den Tritiumwerten entsprechende Annahme, daß es sich bei Nr. 152/153 um Folgequellen von Nr. ~~145~~/149 handelt, neuerdings bestätigt. Trotzdem tauchen bei weiterer Betrachtung Faktoren auf, die dem zu widersprechen scheinen; es handelt sich dabei vor allem um den Trend der Isotopenwerte vom Frühjahr zum Herbst.

Die Darstellung des Trends der Isotopenwerte erstrebt in Zusammenschau mit den Leitwerten folgende Aussagen: Die Ganglinien der elektrolytischen Leitwerte der einzelnen Quellen zeigen, ob einerseits ein Einfluß der Schneeschmelze bzw. andererseits der intensiven Juni-niederschläge gegeben ist (Fig. 5, 6). Was den Leitwert betrifft, so wirken sich beide in einer Verdünnung der Wässer (Abnahme der Leitfähigkeit) aus. Ihre Wirkung auf den Tritium- und Deuteriumgehalt ist eine verschiedene. Während die Schneeschmelze dem unterirdischen Karstwasserkörper die den Winterniederschlägen eigenen niedrigen Isotopengehalte zuführt, kommen mit den Sommer-niederschlägen höhere Isotopenkonzentrationen zur Versickerung. Dies gilt grundsätzlich sowohl für das Tritium als auch für das Deuterium, ist bezüglich des letzteren aber durch den Höheneffekt (Abnahme des D-Gehaltes mit der Höhe) wesentlich komplizierter zu erfassen.



Entsprechend den aus den Ganglinien der Leitfähigkeit der Wässer ersichtlichen Schmelzwasserauswirkungen wurden die Isotopenwerte der Quellen von März oder April als Schmelzwasser d.h. Winterwerte den Isotopengehalten des Monats Oktober gegenübergestellt. Das Ergebnis sind die in den Fig. 3 A, B und 4 A, B ausgeschiedenen Gruppen. Den Kern der Gruppe 3 A bilden die Quellen Nr. 11, 19, 14/15 und die Krumme Steyr vor der Mündung in den Steyrfluß (448). Die Quellen Nr. 11, 19, 14/15 weisen generell die niedrigsten Leitwerte auf (Fig. 5), der Jahresgang der Tritiumwerte zeigt deutlich ein gedämpftes Abbild des Jahresganges des Niederschlages (Blatt 3 Gutachten ZÖTL 1970), wobei die Verschiebung bei 1 bis 3 Monaten liegt. Obwohl die Streuung der Tritiumwerte größer ist als etwa bei der Quellgruppe 152/153 (vgl. Fig. 1), liegt der Mittelwert dennoch ebenfalls beim gewogenen Jahresmittel des Niederschlages von 1969. Sehr stark ist die Streuung der Deuteriumwerte (Fig. 2), an die nur mehr jene von Quelle Nr. 205, B 2 (!) und der Steyr ( $F_2$ ,  $F_3$ ) herankommt. Wir haben es bei den Wässern der Quellen Nr. 11, 19 und 14/15 eindeutig mit sehr kurzfristig gespeicherten rezenten Wässern zu tun, bei denen im April/Mai die Schmelzwässer der Niederschläge des vorangegangenen Winters und in den folgenden Monaten die Sommer-niederschläge zum Abfluß kommen.

Daß die Krumme Steyr grundsätzlich dieselben Tendenzen widerspiegelt, zeigt die Dominanz der vorhin genannten Quellwässer bzw. zutretender Wässer gleichen Typs, wenngleich die abschwächende Wirkung von Wässern der Gruppe in Fig. 3 B nicht zu übersehen ist.

Die scheinbar denselben Trend aufweisende Quelle 472 zeigt einen sehr gleichmäßigen Lösungsgehalt (Fig. 6), eine geringere Streuung (Fig. 1, 2) und einen wesentlich über dem Mittel von 1969 gelegenen Schwerpunkt des Tritiumwertes. Dies charakterisiert ein Mischwasser mit



starkem Anteil der Niederschläge von 1967 und 1968. In erhöhtem Maße gilt dies für die Quellen Nr. 205 (Fig. 3 A) und 151 (Fig. 4 B). Bei diesen in den Extremwerten liegenden Quellwässern handelt es sich um gut gemischte Wässer, deren Altersanteil in das Jahr 1965 zurückreicht. Die Jahresganglinien dieser Quellen werden nur von starken Intensivregen direkt kurzfristig beeinflusst, ansonsten ist der Prozentsatz rezenter Wässer gering. Für die Beurteilung der Dichtheit des nordwestlichen Beckenrandes ist dieser Befund von großer Bedeutung.

Generell genau die der Gruppe 3 A entgegengesetzte Tendenz zeigen die im Feld 3 B dargestellten Quellwässer, nämlich vom Frühjahr zum Herbst sowohl abnehmende Tritium- als auch Deuteriumgehalte, wobei die Schwerpunkte allerdings sehr stark auseinander liegen. Da sind zunächst wiederum die Extreme der Quellen Nr. 459 und Nr. 44, von denen Nr. 459 Mischwässer seit 1966, Nr. 44 aber noch Anteile von Niederschlägen vor 1963 erkennen läßt. Während sich Quelle Nr. 459 trotz eines anderen Trends bezüglich ihrer Aussage ähnlich wie die Quellen Nr. 151 und 205 interpretieren läßt, fällt Nr. 44 besonders hinsichtlich der Tritiumwerte völlig aus dem Rahmen (Fig. 1). Der Schwerpunkt der Deuteriumwerte ordnet sich der Quellgruppe um Nr. 95 ein. Es ist bemerkenswert, daß die hier auftretende Alterskomponente im von B 2 erschlossenen tiefliegenden Karstwassersystem nicht festgestellt wurde. Sonst wird das Feld in Fig. 3 B von den Wässern aller Quellen am Mittellauf der Krummen Steyr (Nr. 250 e, 97/101, 95, 103 und 107/108) beherrscht. Obwohl hier sehr verschieden alle Mischwässer auftreten (vgl. Fig. 1) und die unterirdische Entwässerung von verschiedenen Seiten diesem Quellhorizont zueilt, ist doch ein deutlicher Unterschied von den Wässern der Quellgruppe Nr. 11 - 19 unverkennbar.



Daß Quellen wie Nr. 38 und 414 ebenfalls in dieser Trendgruppe aufscheinen, sagt zunächst nichts über einen etwaigen Zusammenhang der Wässer aus. Hinzuweisen ist noch auf die Sonderstellung von Quelle Nr. 103. Der Schwerpunkt des Tritiumwertes kommt jenem von Quelle 44 am nächsten. Die Berücksichtigung der geographisch-orographischen Bedingungen läßt jedoch vermuten, daß die niedrigen Tritiumwerte nicht wie bei Quelle Nr. 44 auf eine Komponente des Mischwassers aus der Zeit vor 1963 zurückzuführen, sondern eher darin begründet sind, daß infolge verminderter Höhenlage, stärkerer Vegetationsdecke und verstärktem Einfluß der sommerlichen Verdunstung im Einzugsgebiet eine Speisung des unterirdischen Wasserkörpers vorwiegend aus den Winterniederschlägen bzw. Schmelzwässern erfolgt.

Bei Quelle Nr. 103 fällt weiters die außergewöhnlich hohe Leitfähigkeit des Wassers auf (Fig. 6). Es wäre durch chemische Untersuchungen zu prüfen, ob dies durch Sulfat- oder Chloridgehalte bedingt ist. Von Quelle 107/108 liegen nur wenige Proben vor, doch zeigen sowohl die Schwerpunkte der Isotopengehalte als auch die Streuung eine starke Ähnlichkeit mit den Werten von Nr. 103.

Die Quellen 250 a und 97/101 unterscheiden sich trotz des gleichen Trends sowohl im Schwerpunkt der Isotopwerte als auch deren Streuung von den Wässern von Nr. 103. Es liegt eine stete Beimengung älterer Wässer zum rezenten Niederschlag vor. Die Ganglinien zeigen, daß nicht wie bei Nr. 103 im Einzugsgebiet hauptsächlich nur die Winterniederschläge in den Untergrund versickern, sondern auch die Sommerniederschläge den Karstwasserkörper alimentieren. Schon 1970 (Seite 3) habe ich darauf verwiesen, daß dies bedeutet, daß in den höher liegenden Bereichen des Einzugsgebietes mit einer hohen Durchlässigkeit des Gesteins zu rechnen ist.



Die Quelle Nr. 95 wird im Sommer zweifellos von den intensiven Juniniederschlägen des Jahres 1969 beeinflusst. Ansonsten aber zeigen Schwerpunkt und Streuung der Isotopengehalte eine Beimengung von Wässern des Typs von Quelle Nr. 103.

Die Flußwässer finden sich mit Ausnahme der Krummen Steyrling, deren Isotopenverhältnis bereits besprochen wurde, im Feld B der Fig. 4. Für die Steyr ist der Trend (steigende Tritium- und fallende Deuteriumgehalte vom Frühjahr zum Herbst) leicht erklärbar. Die Zunahme der Tritiumgehalte begründet sich im Zeitfaktor, da die im Herbst abfließenden Sommerniederschläge höhere Tritiumwerte haben. Die Abnahme des Deuteriumgehaltes hat ihren Grund im Einfluß des Höheneffektes, da im spätwinterlichen Abfluß die Niederschläge der hochgelegenen Bereiche noch nicht enthalten sind.

Vom Mollnerbach liegen nur wenige Proben vor, die weitgehende Übereinstimmung mit Quelle Nr. 151 läßt jedoch ein gleichartiges Einzugsgebiet erkennen.

Im Feld A der Fig. 4 (steigende Tendenz der Deuteriumgehalte bei fallenden Tritiumwerten) liegen zunächst nur die Quellen Nr. 240 und Nr. 152/153.

Es ist bemerkenswert, daß diese beiden Quellgruppen auch in der Streuung und im Schwerpunkt der Isotopengehalte eine auffällige Übereinstimmung zeigen. Trotzdem reicht der Isotopenbefund allein nicht aus, um eine direkte Verbindung nachzuweisen. Andererseits spricht aber auch der sehr viel höhere Leitwert des Wassers von Quelle Nr. 240 nicht gegen eine solche Verbindung, da er durch örtliche Chlorid- oder Sulfatträger bedingt sein kann (Fig. 5).

Bedeutsam ist die Frage, warum die Quellgruppen Nr. 145/149 und 152/153 einen absolut gegensätzlichen Trend des Isotopenverhältnisses vom Frühjahr zum Herbst auf-



weisen (vgl. Fig. 4 A, B). Nun liegen von Nr. 145/149 relativ wenige Proben vor und die Schüttung setzte im Gegensatz zu Nr. 152/153 nicht nur im November und Dezember 1969 aus (beide Quellgruppen trocken lt. Tabellen im Bericht der BVFA), sondern auch in den Sommermonaten Juli und August 1969. Das kennzeichnet den typischen Charakter einer Überfallquelle und es kommen hauptsächlich die rezenten Schmelz- und Niederschlagswässer zum Austritt (vgl. Ähnlichkeit der Tendenz der Flußwässer in Fig. 4 B !). Nr. 152/153 zeigt im Jahresgang (Beilage Blatt 4 Bericht 1970) aber deutlich die Beimischung von Wässern vorhergegangener Jahre. So kann trotz des gegensätzlichen Trends der direkte Zusammenhang von Nr. 145/149 und 152/153 gegeben sein, da in ersterer Gruppe eben vorwiegend die rezenten Wässer überspringen.

Eine der wichtigsten Fragen, die bisher völlig unerwähnt blieb, ist jene nach der Vergleichbarkeit der Wässer aus B 2 mit anderen Quellwässern.

Ein Vergleich der Meßergebnisse von Wässern aus B 2 mit anderen Proben bringt zunächst folgende Gegebenheiten:

- a) Das Häufigkeitsdiagramm der Tritiumwerte von B 2 (Fig. 1) zeigt im Schwerpunkt und Streuung einen Durchschnitt der Werte von Nr. 145/149 und 152/153 mit geringer Beimischung älterer Wässer. Diese scheint sowohl vom Typ Nr. 44 als auch Nr. 151 her zu stammen, aber jeweils nur in äußerst geringen Mengen.
- b) Im Häufigkeitsdiagramm der Deuteriumwerte von B 2 (Fig. 2) werden die Streuung bzw. die niedrigsten Werte nur von den Daten der Quellen Nr. 11, 19, 14/15, 205 bzw. den Werten von F 2 und F 3 erreicht bzw. unterboten.



- c) Der Jahresgang des Tritiums von B 2 ist (bei größerer Amplitude) etwa parallel jenem von Quelle Nr. 152/153 (Bericht 1970 Beilage Blatt 4).
- d) Der Jahresgang der elektrolytischen Leitfähigkeit der Quellwässer von Nr. 152/153 entspricht im Mittel jenem der Wässer von B 2, ist aber stärker von Niederschlags- und Schmelzwässern beeinflusst (Fig. 5).
- e) Die Ganglinie der Deuteriumwerte (Fig. 7, 8) der Proben aus B 2 verläuft im Winter u. Frühjahr absolut parallel mit den Werten der Quellen 11, 19, 14/15 (Fig. 7), im Sommer hingegen parallel zu den Werten der Quellgruppe Nr. 152/153.

### 3. Zusammenfassung und Empfehlungen

Es wurde versucht, durch die Auswertung der vorliegenden Daten aus den Isotopen- und Leitwertmessungen über die Klassifikation der Wasseraustritte im weiteren Bereich des Speicherprojektes Molln hinaus gehende Aussagen zu gewinnen.

Solche Aussagen sind, daß die Quellgruppe Nr. 11, 19, 14/15 hauptsächlich rezente Wässer führt, die rasch abfließen und mit anderen gleichaltrigen Wässern den Großteil der Wasserführung der Krummen Steyrling bestreiten. Dieser Gruppe stehen Quellen gegenüber, die Mischwässer mit Anteilen relativ alter Wässer führen (Nr. 205, 151, 459, 44). Ihre Lage und die Isotopenzusammensetzung des Wassers beim Mollnerbach lassen für große Teile der Flanken des Beckens einen hochreichenden Kluftwasserpolster mit relativ langsamer Wasserbewegung und für Karstgebiete günstiger (geringer) Durchlässigkeit erwarten. Dieser generelle Hinweis schließt nicht aus, daß im Falle der Realisierung des Projektes einzelne Flankenbereiche des Beckens noch einer besonderen Untersuchung bedürfen.



Das Hauptziel dieser ergänzenden Auswertung lag jedoch in einer eingehenden Betrachtung der Werte von aus B 2 gezogenen Proben und ihres Vergleiches mit anderen Wässern.

Es ist anzunehmen, daß die Wasserproben aus B 2 der oberen, diesem tiefliegenden Karstwasserspiegel nahe-  
liegenden Zone entstammen. Obwohl tiefere Zonen dieses Karstwasserkörpers wesentlich älteres Wasser führen können, zeigen die Befunde des Wassers aus B 2, daß schon derzeit ein rascher und ungehinderter Zufluß zu diesem tiefen Karstwasserkörper besteht, und zwar, wie die Diagramme und Kurven eindeutig belegen, nicht nur aus dem engeren Gebiet des Hilgerbachtales sondern auch aus anderen Gebieten. Damit ist in allen Bereichen des Beckens mit einer Verbindung des Wassers im geplanten Staunum zu dem tiefliegenden Karstwasserkörper und allen daraus folgenden Konsequenzen zu rechnen. Maßnahmen zur Verhinderung einer starken Aktivierung der Bewegung im tiefliegenden Karstwasserkörper und entsprechend hoher Wasserverluste werden daher nur dann erfolgreich sein, wenn es gelingt, jene Karstwasserwege zu orten und abzudichten, die zur alten Vorflut des tiefliegenden Karstwasserkörpers führen. Dem Gebirgsbau entsprechend ist zu hoffen, daß diese Wege tektonischen Zonen folgen und das Gebirge zwischen diesen einen gesunden Kern besitzt. Die Ortung dieser Durchgangszonen ist eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Abdichtung im Untergrund des Beckens. Ein wichtiger, bereits im Gang befindlicher Untersuchungsweg ist diesbezüglich die Weiterführung der geophysikalischen Messungen.

Weiters erscheint mir, wie schon wiederholt betont, eine Wiederholung des Markierungsversuches mit Einspeisung in die sogenannte Doline B mit erweitertem Beobachtungsbereich notwendig. Dieser Versuch könnte wesentliche



Aussagen erbringen. Auch andere örtliche Markierungen, wie sie bereits zur Diskussion gestellt wurden, wären eine sinnvolle Nutzung der seit 1970 niedergebrachten Bohrungen.

Aus Sparmaßnahmen wurden seinerzeit nicht alle monatlich bei den Quellen gezogenen Proben untersucht. Es wurde jedoch vereinbart, daß die nicht untersuchten Proben in der BVFA gelagert werden, um eventuell notwendige Ergänzungsmessungen durchführen zu können. Zur Festigung der Korrektur der gewonnenen Erkenntnisse schlage ich vor, von den nicht untersuchten Proben von B 2, Nr. 11, 14/15, 29, 38, der Monate Juli, September, November 1969, Jänner, März 1970, von Nr. 145/149 September 1969 und von Nr. 152/153 Jänner, Juli, September 1969, März 1970 nachträglich auf ihren Tritium- und Deuteriumgehalt und ihre elektrolytische Leitfähigkeit zu messen. Im Falle einer Realisierung des Projektes müßte geprüft werden, wie weit die Isotopen- und Leitfähigkeitswerte die Grundlage zu einer programmierten Auswertung durch einen Computer darstellen womit u.U. noch wesentliche Aussagen gewonnen werden könnten.

J. Zoll



*J. Hölzer bei Hae*

## B E R I C H T

### über die Hydrologie im Speicherbecken Molln (Wasserbilanz)

---

In dem folgenden Bericht wird im Rahmen der geologischen und karsthydrologischen Untersuchungen der Niederschlag dem Abfluß gegenübergestellt, um zu untersuchen, ob aus der Wasserbilanz Rückschlüsse auf die Wasserwegigkeit des Gebietes möglich sind. Das untersuchte Gebiet im Bereich des Hauptspeichers Molln wird in die beiden Einzugsgebiete für die Pegelstellen Innerbreitenau und Molln unterteilt. Die Pegelstelle Innerbreitenau umfaßt etwa das gleiche Einzugsgebiet (99,6 km<sup>2</sup>), wie das Ober- und Unterbecken (103,8 km<sup>2</sup>). Die Ausdehnung auf das Einzugsgebiet des Pegels Molln erfolgt zu Vergleichszwecken, um festzustellen, ob signifikante Unterschiede zwischen beiden Pegelstellen bestehen.

#### 1.) Meßstellen: (Siehe Plan Ww 71135)

Nachstehend befindet sich eine Liste jener Meßstellen, deren Daten in dieser Ausarbeitung verwendet werden. Die Feststellung der Niederschlagshöhe erfolgt vorwiegend durch Gefäßmessung mit täglicher Ablesung um 7 Uhr früh. Die drei im Einzugsgebiet befindlichen Totalisatoren werden in Zeiträumen von etwa einem halben Jahr betreut, wobei wegen der Höhenlage des Aufstellungsortes der Geräte die Termine von den Schneeverhältnissen bestimmt werden.

Die Untersuchungen erstrecken sich auf den Zeitraum von 1968 - 1971, da in dieser Zeitspanne alle genannten Stationen in Betrieb waren. In die Auswertung nicht einbezogen ist die Niederschlagsmeßstelle Welchau (Milgerbach), welche im Jahr 1970 eingerichtet wurde und der Totalisator Blumaueralm (Seehöhe 800 m) im Bodinggraben. Letztgenannter wurde in



der Zeit vom 5.1.1970 - 11.1.1971 beobachtet, wobei die Messung monatlich durchgeführt wurde und in der Hauptsache zur Feststellung des Isotopengehaltes von Niederschlag diente.

1.1) Verzeichnis der Niederschlagsmeßstellen

a) Im EZ des Pegels Molln:

Name der Meßstelle:	Seehöhe in m ü.A.	Art der Messung:
Innerbreitenau	480	Regenschreiber
Breitenau	500	Gefäßmessung
Jaidhaus - Innerbreitenau	510	Gefäßmessung
Forsthaus Welchau	520	Gefäßmessung
Forsthaus Bodinggraben	640	Gefäßmessung
Niederer Trailing	950	Totalisator
Ebenforst	1200	Totalisator
Feuchtau	1400	Totalisator

Die Meßstelle Breitenau liegt im Einzugsgebiet zwischen den Pegeln Innerbreitenau und Molln, alle übrigen Stationen befinden sich innerhalb dem Einzugsgebiet des Pegels Innerbreitenau.

b) Außerhalb des EZ des Pegels Molln:

(Zur Interpolation der Isohyeten verwendete Meßstellen)

Ternberg	324	Gefäßmessung
Reichraming	380	Gefäßmessung
Molln	440	Gefäßmessung
Klaus	470	Regenschreiber
St. Pankraz	530	Regenschreiber
Windischgarsten	620	Regenschreiber
Puglalm	910	Gefäßmessung



c) Außerhalb des EZ des Pegels Molln:

(Zur Interpolation nicht verwendet, jedoch in Plan Ww 72143 eingetragen)

Name der Meßstelle:	Seehöhe in m ü.A.	Art der Messung:
Großbraming	376	Gefäßmessung
Weyer	400	Gefäßmessung
Kleinreiffling	400	Gefäßmessung
Laussa	450	Gefäßmessung
Maria Neustift	610	Gefäßmessung

1.2) Verzeichnis der Pegelstellen

Name des Pegels:	Gewässer:	Fluß-km	Einzugsgebiet in km <sup>2</sup>	Art d. Pegels:
Innerbreitenau	Krumme Steyrling	10,60	99,6	Schreibpegel
Molln	- " -	3,19	129,4	- " -
St. Pankraz	Teichl	3,71	232,8	- " -
Kniewas	Steyr	48,20	184,9	- " -
Klaus	- " -	39,84	542,4	- " -

2.) Stationsniederschlag:

In der untenstehenden Tabelle ist der Jahresniederschlag der einzelnen Stationen festgehalten. Wie in Punkt 1.) erwähnt, werden die Totalisatoren in unterschiedlichen Zeiträumen, aber generell in den Monaten Oktober und Mai betreut. Um die Auswertung der Totalisatoren entsprechend der Niederschlagsbeobachtung dem Kalenderjahr vom 1.1. - 31.12. anzugleichen, wird der Monatsniederschlag der nächstgelegenen Talstation in Prozente des Jahresniederschlages umgerechnet und die gleiche Verteilung für den Totalisator angenommen. Die Ablesungsperiode des Totalisators vom Oktober bis September wird damit auf die Werte Jänner bis Dezember verlegt.



2.1) Stationsniederschlag in mm:

Meßstelle:	Jahr				Mittelwert 1968 - 1971
	1968	1969	1970	1971	
Innerbreitenau	1274	1021	1806	1027	1282
Breitenau	1360	1107	1670	1771	1434
Jaidhaus-Innerbr.	1347	1108	1891	1137	1374
Forsthaus Welchau	-	-	1871	1086	1353
Forsthaus Boddinggraben	1565	1423	-	(1160)	-
Niederer Trailing	1608	1362	2339	1312	1662
Ebenforst	1712	1490	2304	1188	1616
Feuchtau	2037	1835	2663	1385	1813
			3032	1599	2126
Ternberg	1146	950	1495	1007	1150
Reichraming	1219	1104	1920	1131	1344
Molln	894	862	1473	946	1044
Klaus	1409	1228	2064	1119	1455
St. Pankraz	1198	1046	1902	1011	1289
Windischgarsten	1371	1039	1945	995	1338
Puglalm	1508	1159	2014	1113	1449

3.) Abhängigkeit Niederschlags- zu Seehöhe (siehe Plan Ww 72143):

Die Mittelwerte der Jahresreihe 1968 - 1971 (siehe Tab. 2.1) der einzelnen Niederschlagsmeßstellen sind im Plan Ww 72143 als Funktion der Stationshöhe aufgetragen. Die Zeichnung zeigt eine relativ starke Streuung in dem Bereich der niedrig gelegenen Stationen. Die Ursache dafür scheint in der geographisch sehr unterschiedlichen Lage der einzelnen Stationen zu liegen. Aus diesem Grund wurden die mit Ringen bezeichneten Niederschlagsmeßstellen für die weiteren Untersuchungen außer Betracht gelassen. In Anlehnung an Untersuchungen von KREPS wird in dem genannten Plan die Ausgleichsgerade nach dem Gesetz der kleinsten Quadrate somit nur für jene Stationen ermittelt, die durch ein Kreuz gekennzeichnet sind. Die Gerade folgt der Gleichung

$$N = 0,97 H + 739 \quad \quad \quad 0,91$$

$$N = 0,93 H + 789; \quad \quad \quad r = 0,88$$

N - Stationsniederschlag in mm  
H - Stationshöhe in m ü.A.  
r - Korrelationsfaktor

Die Auswertung dieser Formel ergibt bei einer Zunahme der Seehöhe um 100 m ein Anwachsen des Niederschlages um ca. 100 mm.



Dieses Ergebnis stimmt mit Untersuchungen von KREPS nicht überein, welcher in der Formel für den reduzierten Niederschlag (siehe Abschnitt 4) je 100 m Höhenunterschied einen Zuwachs von 50 mm Niederschlag vorschlägt. Dies war Anlaß, eine weitere Untersuchung anzustellen, in welcher nur jene Niederschlagsstationen einbezogen wurden, die sich innerhalb des Einzugsgebietes der Pegelstelle Molln befinden. Die Gleichung dieser Geraden lautet:

$$N' = 0,72 H + 1037; \quad r = 0,94$$

In dieser Formel beträgt je 100 m Höhendifferenz der Niederschlagszuschlag nur mehr 72 mm. Aufgrund der beiden Korrelationsgeraden ist anzunehmen, daß im Becken Molln infolge einer Staulage ein stärkerer Anstieg des Niederschlages in Abhängigkeit von der Seehöhe als bei großflächigen Betrachtungen zu verzeichnen ist.

#### 4.) Reduzierte Isohyeten - Jahresreihe 1968 - 1971: (Plan Ww72144 u.45)

KREPS schlägt vor, die Isohyeten mittels reduzierter Niederschlagswerte zu entwerfen, um sie unabhängig von der Höhengestaltung des untersuchten Gebietes darzustellen. Dies ist durch eine Reduktion auf einen Vergleichshorizont (Meeresniveau) möglich. Wie in Abschnitt 3 angeführt, wird von KREPS näherungsweise die Niederschlagszunahme von 50 mm je 100 m Seehöhe angeregt, so daß sich folgende Formel ergibt:

$$h_{N \text{ red}} = h_N - 0,5 H \text{ (Stationsniederschlag)}$$

$h_{N \text{ red}}$  - auf Meeresniveau reduzierter Niederschlag ( $h_N$ )

$h_N$  - Stationsniederschlag

$H$  - Stationshöhe in m ü.A.

Nach Planimetrieren der Flächen ergibt sich das Gebietsmittel des Niederschlages durch Rückrechnung mit dem Ansatz:



$$\bar{h}_N = \bar{h}_{N \text{ red}} + 0,5 H_m \quad (\text{Gebietsniederschlag})$$

$\bar{h}_N$  - mittlere Niederschlagshöhe des Einzugsgebietes bezogen auf die mittlere Gebietshöhe ( $H_m$ ) in mm

$H_m$  - mittlere Gebietshöhe in m ü.A.

$h_{N \text{ red}}$  - reduziertes Gebietsmittel des Niederschlages in mm

Im Plan Ww 72144 werden die Isohyeten nach der erstgenannten Formel gezeichnet.

Aufgrund des Planes Ww 72143 und der Ausführungen in Abschnitt 3 wird für das Einzugsgebiet des Pegels Molln je 100 m Höhenzuwachs ein Ansteigen des Niederschlages um 100 bzw. 75 mm festgestellt. Im Plan Ww 72145 wird daher eine zweite Auswertung mit reduzierten Isohyeten, diesmal jedoch nach der Formel

$$h'_{N \text{ red}} = h_N - H_m$$

und analog

$$\bar{h}'_N = \bar{h}'_{N \text{ red}} + H_m$$

vorgenommen. Damit ist die Feststellung des mittleren Gebietsniederschlages aus den reduzierten Niederschlagshöhen mit den Extremwerten  $0,5 H_m$  und  $H_m$  eingegrenzt.

Der Wert  $H_m$  wird durch Planimetrieren der Höenschichtlinien im Abstand von 100 m und im Maßstab 1 : 50 000 ermittelt. Die mittlere Gebietshöhe beträgt für das Einzugsgebiet

Pegel Innerbreitenau	934 m ü.A.
Pegel Molln	891 m ü.A.

Die Konstruktion der reduzierten Isohyeten erfolgt durch geradlinige Interpolation zwischen den Niederschlagsstationen im Einzugsgebiet und den benachbarten Stationen. Entsprechend der Definition der reduzierten Isohyeten wird die Geländeform des Einzugsgebietes bei der Linienführung nicht berücksichtigt.



Das Ergebnis der Auswertung für den mittleren Gebietsniederschlag der Jahresreihe 1968 - 1971 für das Einzugsgebiet des Pegels Molln lautet:

$$\bar{h}_N 1968-1971 = 1646 \text{ mm} \quad (\text{Wert } 0,5 H_m \text{ nach KREPS})$$

$$\bar{h}'_N 1968-1971 = 1733 \text{ mm} \quad (\text{Wert } 1,0 H_m)$$

Diese beiden Werte weichen nur geringfügig um den Betrag von 87 mm voneinander ab, so daß als wahrscheinliche Größe der Mittelwert von 1690 mm angenommen werden kann.

5.) Isohyeten für einzelne Jahre: (Siehe Plan Ww 72146 - 49)

Das Becken Innerbreitenau ist landschaftlich stark gegliedert. Für die Feststellung des Gebietsniederschlages einzelner Jahre werden die Isohyeten in der üblichen Art, also nicht reduziert entworfen und den Höhenschichtlinien angepaßt. Die Pläne Ww 72146 bis 72149 zeigen die Isohyeten der einzelnen Jahre im Zeitraum 1968 - 1971. In der Ausarbeitung des Jahres 1971 kann schon die neu eingerichtete Station "Forsthaus Welchau" berücksichtigt werden. Wie eingangs erwähnt, wird sowohl das Verhalten des Einzugsgebietes vom Pegel Innerbreitenau als auch vom Pegel Molln untersucht.

6.) Abfluß:

Die beiden Pegelstellen Innerbreitenau und Molln sind mit Schreibpegeln ausgestattet. Die Tagesmittelwerte werden durch Planimetrieren der Wasserstandsganglinien festgestellt und in Wassermengen umgewandelt. Die Schlüsselkurven werden gemeinsam mit dem Hydrographischen Dienst im Amt der OÖ. Landesregierung aufgestellt, die erforderlichen Abflußmessungen werden aus Kontrollgründen unabhängig sowohl von der HYDRO als auch der EKW vorgenommen.



### 6.1) Mittlerer Jahresabfluß:

<u>Pegel Innerbreitenau:</u>			<u>Pegel Molln:</u>		
	MQ in m <sup>3</sup> /s	h <sub>A</sub> in mm		MQ in m <sup>3</sup> /s	h <sub>A</sub> in mm
1968	2,22	705		2,89	707
1969	1,88	596		2,44	595
1970	4,20	1328		5,50	1340
1971	2,01	636		2,76	672
Mittel 1968-71	2,58	816		3,40	829

### 6.2) Gegenüberstellung Niederschlag:Abfluß

<u>Pegel Innerbreitenau:</u>				<u>Pegel Molln:</u>			
Jahr	Gebiets- nieder- schlag h <sub>N</sub> in mm	Abfluß h <sub>A</sub>	$\frac{h_A}{h_N}$	Gebiets- nieder- schlag h <sub>N</sub> in mm	Abfluß h <sub>A</sub>	$\frac{h_A}{h_N}$	
1968	1695	705	0,42	1626	707	0,44	
1969	1450	596	0,41	1384	595	0,43	
1970	2417 (2419)	1328	0,55	2319 (2321)	1340	0,58	
1971	1289 (1290)	636	0,49	1268 (1267)	672	0,53	
Mittel 1968-71	1713	816	0,48	1649	829	0,50	

Die vorstehende Tabelle zeigt ein nahezu gleichartiges Verhalten der beiden Einzugsgebiete, wobei etwa die Hälfte des Niederschlages zum Abfluß gelangt. Zur Vervollständigung der Untersuchung wird das Einzugsgebiet zwischen den beiden Pegelstellen betrachtet, wobei der Jahresniederschlag aus den Isohyeten und der Abfluß aus der Differenz der beiden Pegelstellen gewonnen wird.



### 6.3) Gegenüberstellung Niederschlag: Abfluß

Einzugsgebiet zwischen Pegelstelle Innerbreitenau und Molln

Jahr	Gebietsnieder- schlag $h_N$	Abfluß $h_A$		$\frac{h_A}{h_N}$
	in mm	in m <sup>3</sup> /s	in mm	
1968	1394	0,67	709	0,51
1969	1201	0,56	592	0,49
1970	1993	1,30	1375	0,69
1971	1200	0,75	794	0,66
Mittel 1968-71	1447	0,82	868	0,60

Das Zwischeneinzugsgebiet zeigt einen höheren Abflußbeiwert wie das Einzugsgebiet des Pegels Innerbreitenau. Die stärkeren Schwankungen des Abflußbeiwertes dürften mit dem relativ kleinen Einzugsgebiet von 29,8 km<sup>2</sup> zusammenhängen.

### 7.) Verdunstung; unterirdischer Abfluß:

Seit dem 17.4.1972 ist beim Jaidhaus Innerbreitenau eine Verdunstungswaage in Betrieb. Dieses Gerät mißt die Verdunstung der freien Wasseroberfläche und ist hinsichtlich der Ausführung (Metallschale mit hoher Wärmekapazität) und des Aufstellungsortes problematisch. Im allgemeinen sind die Meßwerte nur als relative Größen zu Vergleichszwecken geeignet.

Folgende Daten aus dem Jahr 1972 stehen zur Verfügung:

Mai	68,8 mm
Juni	82,5 "
Juli	61,8 "
August	83,1 "
	<hr/>
	296,2 mm



Erfahrungsgemäß erreicht die Verdunstung in den Sommermonaten 75 % des Jahreswertes. Daraus leitet sich eine Richtgröße von  $296,2 : 0,75 = 395 \text{ mm}$  ab.

WUNDT gibt in seinem Buch "Gewässerkunde" in Tabelle 4 auf Seite 298 Werte für die Verdunstung in Abhängigkeit von der mittleren Jahrestemperatur an. Die Kenngrößen für das Einzugsgebiet des Pegels Innerbreitenau betragen:

Mittlere Niederschlagshöhe 1968 - 1971  $h_N = 1713 \text{ mm}$   
(Siehe Tabelle 6.2)

Mittlere Gebietshöhe  $H_m = 934 \text{ m ü.A.}$

Mittlere Temperatur des Einzugsgebietes  $5,1^\circ$

errechnet aus der Temperaturbeobachtung 1971 beim Jaidhaus (510 m ü.A., Jahresmittel  $7,1^\circ$ ) und einer Temperaturabnahme von  $0,5^\circ$  je 100 m Höhenzunahme.

Aus den vorstehenden Angaben und der genannten Tabelle ergibt sich:

$h_V \dots \dots \dots 420 \text{ mm}$

$h_A \dots \dots \dots 1280 \text{ mm}$

Dem gegenüber beträgt die gemessene Abflußhöhe beim Pegel Innerbreitenau für die Jahresreihe 1968 - 1971  $h_A = 816 \text{ mm}$ .

Der Verdunstungsverlust besteht aus dem Verdunstungswert der Bodenoberfläche und der Transpiration der Pflanzen. Zu diesen Größen ist ein allfälliger unterirdischer Abfluß hinzuzufügen, um den Gesamtwasserverlust des Einzugsgebietes zu erhalten.

Über diese Verluste sind keine Meßdaten vorhanden. WUNDT gibt den Transpirationsverlust für Nadelwald mit etwa 167 mm während einer Vegetationsperiode an. Hinsichtlich des unterirdischen Abflusses ist zu bemerken, daß die Pegelstellen Innerbreitenau und Molln in Talfüllungen liegen, die einen unkontrollierten Grundwasserbegleitstrom nicht ausschließen.

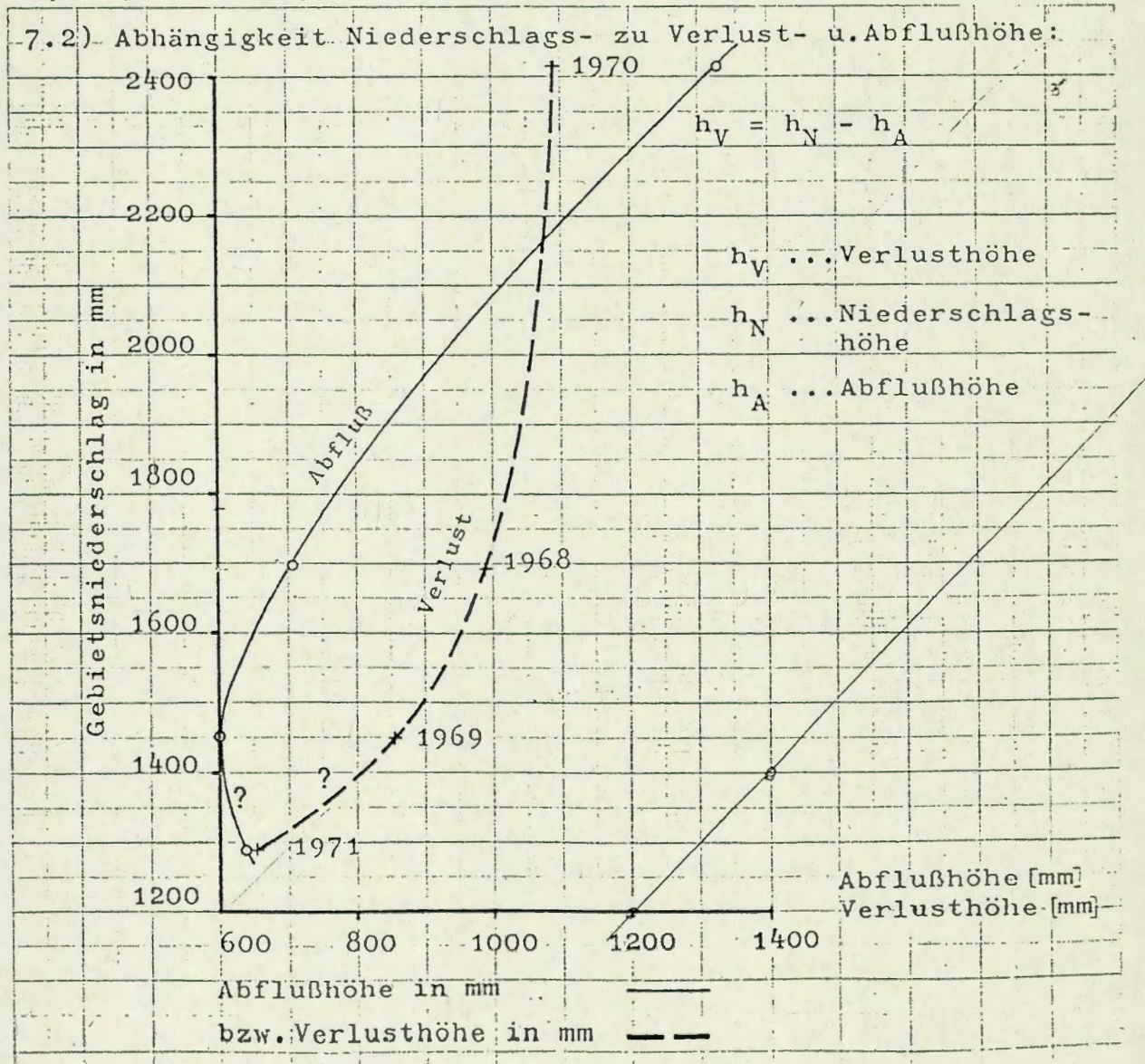
In der folgenden Tabelle werden die erwähnten Unbekannten zu einer Verlustgröße zusammengefaßt. Das nachstehende Graphikon wird zur Diskussion gestellt. In ihm scheinen die Verluste



einem Grenzwert zuzustreben, doch sind vier Beobachtungsjahre noch zu wenig, um eine endgültige Aussage zu treffen. Das abweichende Verhältnis zwischen Niederschlag und Abfluß im Jahr 1971 ist zunächst nicht erklärbar.

7.1) Abhängigkeit Niederschlags- u. Verlusthöhe  
Pegel Innerbreitenau:

Jahr	Gebietsnieder- schlag ( $h_N$ )	Abfluß- höhe ( $h_A$ ) in mm	Verlusthöhe ( $h$ )
1968	1695	705	990
1969	1450	596	854
1970	2417	1328	1089
1971	1289	636	653
Mittel 1968-71	17133	816	897





# 8.) Abflußspende:

Zum Vergleich wird die Abflußspende der Pegelstellen Innerbreitenau und Molln benachbarten Gewässern gegenübergestellt. Auffallend ist der niedere Wert für die Krumme Steyrling. In diesem Zusammenhang wird auf das Buch "Wasser und Gewässer in Oberösterreich" hingewiesen, in welchem ROSENAUER auf Seite 46 unterirdische Abflüsse in der Mündungsstrecke der Krummen Steyrling erwähnt.

## 8.1) Abflußspenden einiger Pegelstellen:

Pegelstelle	Gewässer	Einzugs- gebiet km <sup>2</sup>	Abflußspende in l/s.km <sup>2</sup>			
			1968	1969	1970	1971
Innerbreitenau	Kr.Steyrling	99,6	22,3	18,9	42,2	20
Molln	Kr.Steyrling	129,4	22,3	18,9	42,5	21
St. Pankraz Teichlbühel Kniewas (Abzw.Hinterst.)	Teichl	232,8	-	-	60,3	-
	Steyr	184,9	-	-	67,7	-
Klaus	Steyr	542,4	45,4	34,3	67,1	32
Große Klaus	Reichramingbach	74,0	33,7	23,4	56,6	29
Reichraming	Reichramingbach	168,6	31,0	24,0	54,6	30
Pergau		39,2				

Ennskraftwerke A. G.  
Abt. Wasserversorgung

*Enns*

5,8/186,3  
148,6

10,7/186,3