

Zeitschrift: Jahrbuch Oberaargau : Menschen, Orte, Geschichten im Berner Mitteland

Herausgeber: Jahrbuch Oberaargau

Band: 17 (1974)

Artikel: Die Grundwasserquellen der Brunnmatten bei Roggwil und die Brunnenkressekulturen von Mathias Motzet, Wynau

Autor: Binggeli, Val. / Leibundgut, Chr. / Jenny, Jak.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1071980>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 06.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

DIE GRUNDWASSERQUELLEN DER BRUNNMATTEN BEI ROGGWIL UND DIE BRUNNENKRESSEKULTUREN VON MATHIAS MOTZET, WYNAU

VAL. BINGGELI, CHR. LEIBUNDGUT UND JAK. JENNY

Die anfangs Jahrhundert in den Roggwiler Brunnmatten angelegten Brunnenkresse-Kulturen sind unmittelbar von Quantität und Qualität der dortigen Grundwasserquellen abhängig. Deren rückgängige Entwicklung stellt diesem speziellen Gewerbe entscheidende Probleme. Sanierungsmassnahmen fallen nicht leicht und treffen auf neuralgische Punkte unserer allgemeinen gesellschaftlichen und landschaftlichen Entwicklung¹, liegen aber grundsätzlich im Bereich des Möglichen².

Die Teile 1 bis 3 dieses Aufsatzes stammen in entsprechender Folge von den obgenannten Verfassern. Teil 1 stützt sich auf eine demnächst erscheinende grösste Arbeit, die im Druck ist und die zugehörige detaillierte Zitierung enthalten wird³. Für Teil 2 gilt Ähnliches, was eine noch unveröffentlichte Dissertation betrifft⁴. Teil 3 entspricht einer älteren, von der heutigen Situation aus auf neuen Stand gebrachten Veröffentlichung⁵.

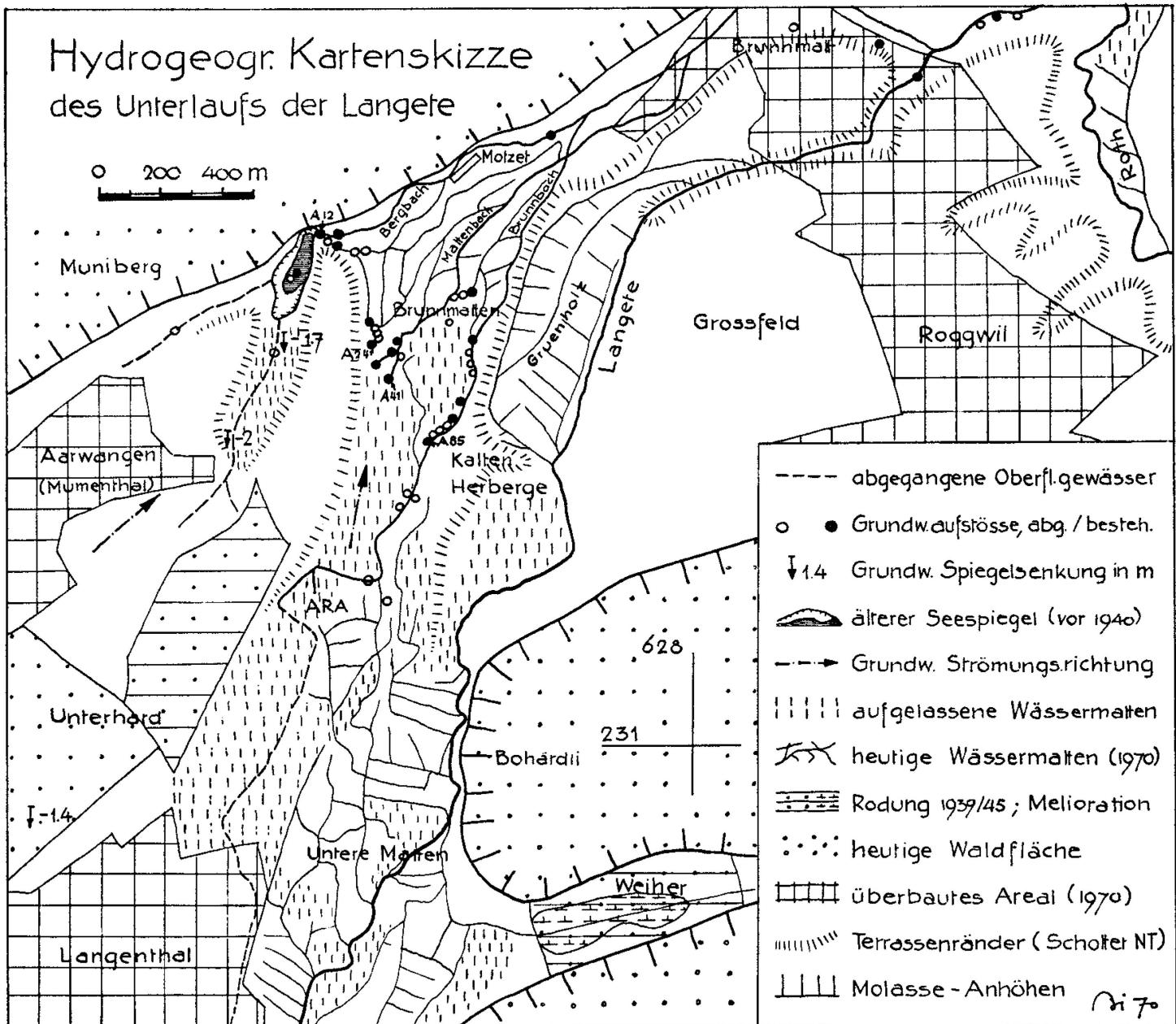
1. Lage, Entstehung und Entwicklung der Quellen

1.1. Lage

Unsern Erörterungen liegt vorwiegend die Kartenskizze Fig. 1 zugrunde, die gleichzeitig als geographische Übersicht zu dienen vermag. (Topographische Karte hiezu ist Blatt 1108 Murgenthal der Landeskarte 1:25 000.) Das Brunnmattengebiet liegt demnach zwischen Aarwangen, Wynau und Roggwil im Norden von Langenthal und weist eine Meereshöhe von 420—450 m auf. Hier haben zwischen den Molassehügeln von Bohärdli, Muniberg und Wynauer-Höchi eiszeitliche Gletscherflüsse, sowie darüber die Lanete in verschiedenen Armen und Laufwegen, ihre Schotter abgelagert und sie auch wieder zu einzelnen Terrassenflächen zerschnitten. (Abb. 1).

Solch höherliegende Terrassenareale bilden Grossfeld-Gruenholz von Roggwil und die Felder um den Mumenthaler Weiher. Dazwischen verlaufen

Fig. 1



Schmelzwasserrinnen, insbesondere jene entlang des Muniberges zwischen Mumenthal und Station Roggwil-Wynau sowie jene des Brunnbaches; beide stellen streckenweise ältere Talzüge der Langete dar³.

In diesen beiden Rinnen liegt ein Grossteil der hier zur Erörterung stehenden Grundwasseraustritte, die oft gruppenweise auftreten und ganze Bäche

bilden (Giessen). Dies erweckte in alten Karten, wie eine solche im Ausschnitt Fig. 2 wiedergibt, den Anschein, als ob die unterhalb Langenthals versickerte Langete hier wieder auftauche, was teilweise ja mittelbar über das Grundwasser auch wirklich der Fall war.

Die Grundwasserbäche — grössere tragen Namen: Bergbach, Mattenbach, Brunnbach — durchfliessen das Bewässerungsgebiet der Brunnmatten. Dieses Wässermatten-System ist wie die übrigen an der Langete (und im zentralen Mittelland allgemein) stark in Abgang begriffen (Abb. 2).

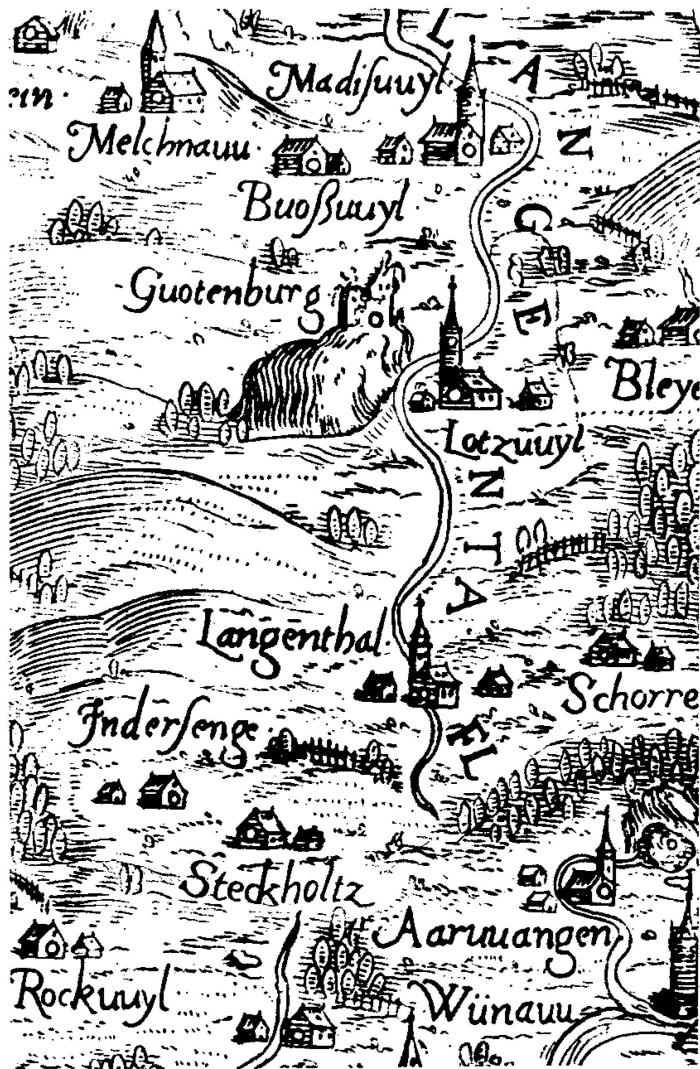


Fig. 2: Das untere Langetental in der Schoepfkarte von 1578. Sie zeigt verspätet, wie die Langete bis ins 12./13. Jahrhundert unterhalb Langenthals in den Aufschüttungen versickerte — und wie sich im Brunnmattengebiet ein neuer Flusslauf bildet.

Über Geschichte, landschaftlich-hydrologische Bedeutung und Problematik dieses Irrigationswerks verweisen wir auf *Bieri*,⁶ *Binggeli*⁷ und *Leibundgut*¹¹. Hier sei nur festgehalten, dass diesen im Mittelalter angelegten Bewäs-

serungsarealen wegen ihrer ausgedehnten Versickerung eine bedeutende grundwasseranreichernde Funktion zukommt. Ihre Entwicklung bestimmt entscheidend die allgemeinen Grundwasserverhältnisse der entsprechenden Gebiete, wie eben auch jene der Grundwasserquellen von Roggwil und damit das Gewerbe der Brunnenkressezucht.

1.2. Entstehung der Quellen

Die Grundwasseraufstösse zwischen Aarwangen, Wynau und Roggwil wurden durch verschiedene hydrogeologische Gegebenheiten gebildet:

1. Mit der Entfernung vom ehemaligen Gletscherrand und, was die über den fluvioglazialen Schottern liegenden fluvalen Langeteschotter betrifft, gegen die Aussenseite des Schuttfächers der Lanete, nimmt der Gehalt an Feinmaterial im Schwemmschutt zu. Entsprechend verringert sich der Grundwasserstrom.

2. Die Schottermassen wurden durch Flusserosion zerschnitten, teils bis fast auf den Molasseuntergrund, dabei wurden grundwasserführende Schichten angeschnitten und an den Terrassenabhängen traten Quellhorizonte zutag. Dies ist insbesondere um den Mumenthaler Weiher herum der Fall und am Hang zwischen Kaltenherberge, Textilwerk Gugelmann, P. 454 Gruenholz und der Rothbrücke bei Chülpberg nördlich von Roggwil.

3. Die Mächtigkeit des Schotterkörpers nimmt allgemein gegen NE zu ab; die Molassesohle (Sandsteine und Mergel des Aquitan) weist ein geringeres Gefälle auf als die Geländeoberfläche (2,5‰ entgegen von 9,0‰). Die Zahlen beziehen sich auf die Strecke von Pumpwerk Hard/Langenthal (464,5 m ü.M.; Molasse in —25,3 m) bis Brunnmatten/Roggwil beim Zusammenfluss von Brunnbach und Bergbach (434 m ü.M.; Molasse in nur —3,5 m Tiefe!). Bei-derorts können die Werte auf Reihen von Sondierbohrungen abgestützt werden.

Das Tälchen des Brunnbaches nördlich der Kaltenherberge weist auch im Molasseuntergrund eine leichte Rinne auf, die als Sammelader von Grundwasser spielt. Die Mehrzahl der Quellen stösst darin auf, an den Terrassenrändern und im Talgrund (Fig. 1).

1.3. Entwicklung der Quellergüsse

Während die Grundwasserquellen des mittleren Langetentals um Madiswil alle versiegten sind (im Plane von Riediger, 1724 sind deren 12 als «Quell» eingetragen; siehe *Flatt*⁸), gingen im Brunnmattengebiet von den ehemals

rund 50 Grundwasseraufstößen deren 30 ab oder spielen zumindest nur noch nach starker Wässerung der untern Langenthaler-Matten oder nach Hochwasser-Uberschwemmung der Lanete im Hard. Die restlichen, heute noch fliesenden Quellen weisen einen rückgängigen Erguss auf: Nach Messungen des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft betrug 1916 der Gesamtabfluss bei $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$ oder rund 100 000 l/min. Für 1949 gab Hug⁹ $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ an, für 1956 Schmassmann¹⁰ $1,1\text{--}1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ und 1968 stellten wir noch $0,8\text{--}1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ oder rund 50 000 l/min fest (Fig. 3).

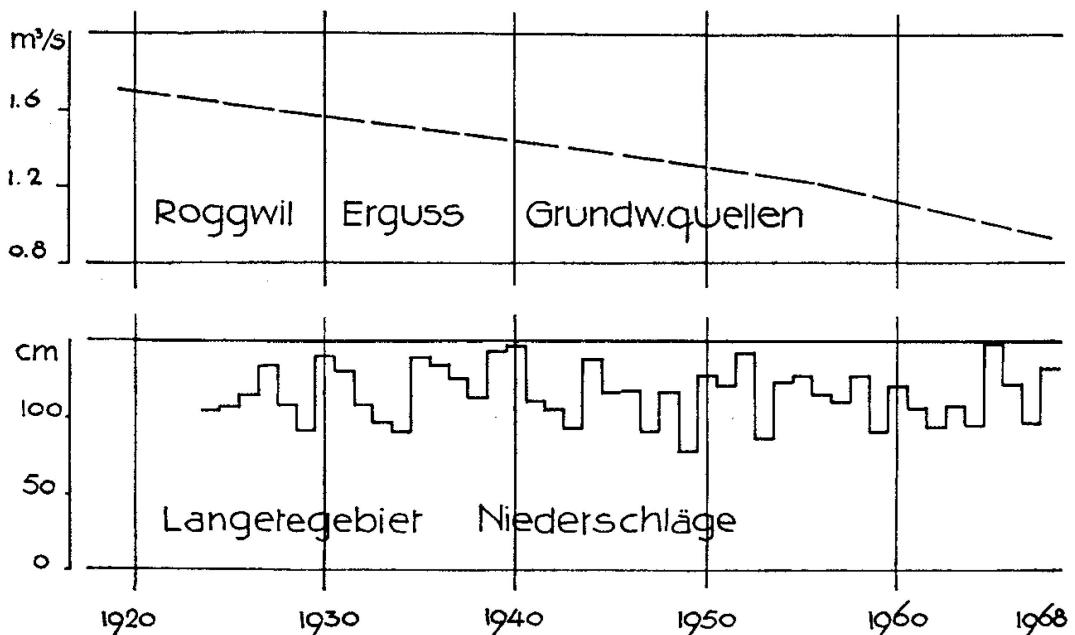


Fig. 3: Entwicklung der Abflussmenge (Erguss) der Roggwiler Grundwasserquellen, verglichen mit den zugehörigen jährlichen Niederschlagshöhen (Mittel von St. Urban + Affoltern i. E.).

Die allgemeine Spiegelsenkung des Grundwassers in unserer Gegend, worüber auch Fig. 4 Hinweise vermittelt, beträgt seit dem 2. Weltkrieg 1—2 m, also innerhalb der letzten starken Industrialisierungszeit. Die Werte stehen im Mittelfeld derjenigen des zentralen Mittellandes, wo stellenweise katastrophale Senkungen bis über 10 m vorliegen (Aarau, Suhretal).

Die Karte Fig. 1 zeigt neben den Gewässerveränderungen, wie sie sich im Rahmen und teils im Gefolge des allgemeinen Kulturlandschaftswandels einstellten, auch deren Ursachen: Überbauung früherer Sickerareale, höhere Was-

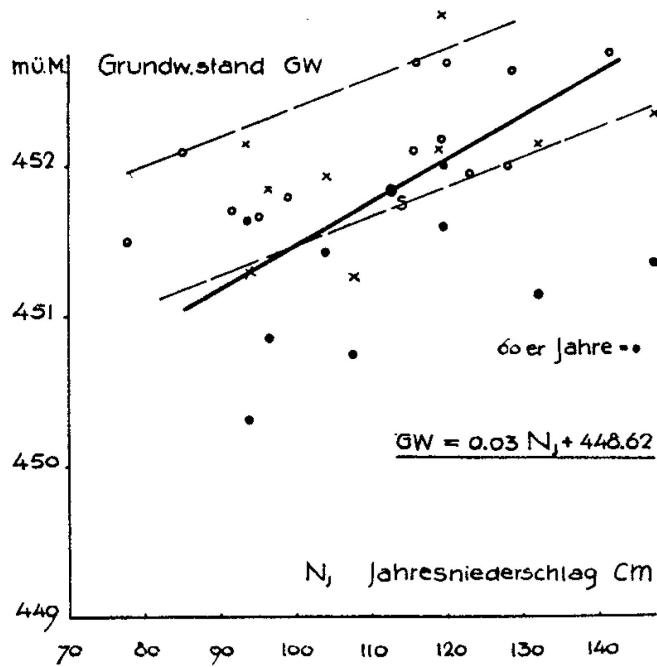


Fig. 4: Langenthal, Hard.
Grundwasserfassung der Gemeinde. Grundwasserstand als Funktion der Niederschlagsmenge, Jahreswerte 1947—68. Korrelations-Koeffizient $r = 0,59$. Die Streuung ist sehr gross und wird noch verstärkt durch die Spiegelsenkung zufolge menschlicher Eingriffe, wie die Werte aus den 60er Jahren zeigen (schwarze Punkte). Die Kreuze zeigen deren ungefähre Lage, wenn keine Spiegelsenkung vorhanden wäre. Das gestrichelte Band ist Hinweis auf die Schwankungsbreite für den selben Fall.

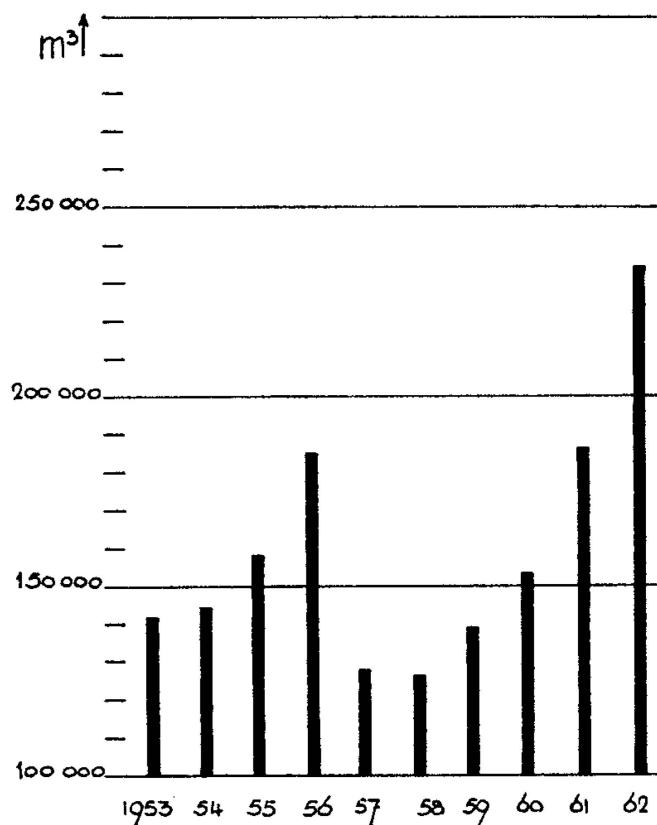


Fig. 5: Thunstetten-Bützberg.
Jährliche Wasserentnahme aus dem Grundwasservorkommen Bützberg-Hard/Langenthal-Roggwil.

serentnahmen durch verstärkte Besiedlung (Beispiele in Fig. 5 und 6), Kanalisationen und Meliorationen und insbesondere der erwähnte Rückgang der Wässerungen im alten Irrigationssystem der Langetematten.



Fig. 6: Die Siedlungs-entwicklung Langenthals 1860/1960. Das ausge-dehnte Überbauungsgebiet im Nordwesten liegt auf dem Hard-Grundwasser-feld.

Die sehr schön zu demonstrierende derartige Alimentierung der Brunnenmattquellen erfolgte vorwiegend und recht direkt aus den untern Langenthaler Matten (Löli-, Gross- und Neumatten); aus den erstgenannten ist dies auch heute noch teilweise zu beobachten. Rück- und Abgang in diesen Wässerbezirken ist in Fig. 1 angedeutet; *Leibundgut* hat sie 1970¹ im Detail aufgezeigt und in seiner Dissertation mit Reihenkartierungen über eine längere Zeit verfolgt.⁴

Wie stark die Ernteerträge an Brunnenkresse im Betrieb Motzett durch die jeweils austretenden Mengen an Grundwasser bedingt sind, demonstriert Fig. 7. Vier Winter-Halbjahre (Mitte XI—Mitte V), die bezüglich Wasserangebot recht verschieden waren, wurden ausgewählt, um zu letzteren den Ernteertrag in Beziehung zu setzen. Dabei wurde als unabhängige Grösse die Niederschlagsmenge der Monate X—V in Rechnung genommen. Deutlich

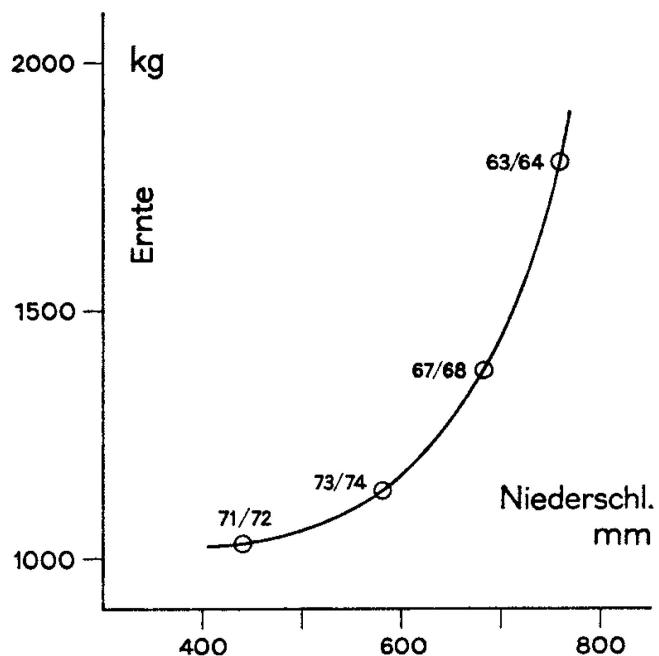


Fig. 7: Abhängigkeit der Emteerträge an Brunnenkresse im Betriebe M. Motzett, Wynau, von der Niederschlagsmenge. Kg = Monatsmittel von Mitte XI bis Mitte V. mm = Summe X bis V.

wird, dass im niederschlagsreichen Winter 1963/64 fast das doppelte an Brunnenkresse eingehemst werden konnte als 1971/72, wo umgekehrt nur fast die Hälfte an Niederschlag gegenüber dem früheren Jahre zu verzeichnen war.

Die besprochenen Quellen, wie der in Fig. 1 ebenfalls kartierte, geschwundene Mumenthaler Weiher, stellen sichtbare Zeugen einer gefährlichen unterirdischen Entwicklung dar, die der Mensch herbeigeführt hat. Der Grundwasserschwund geht indessen nicht nur an den Lebensnerv des so wasserabhängigen Gewerbes der Brunnenkresse-Kulturen, sondern berührt in wachsendem Masse die gesamte Bevölkerung des Gebietes. Wohl ist eine Rückkehr zu den früheren Grundwassermengen nicht gangbar; möglich aber bleibt eine gewisse Stabilisierung und sogar eine teilweise Sanierung, indem die natürlichen Gewässer und Sickergebiete, insbesondere jene der Wässermatten, in ihrer grundwasseranreichernden Wirkungsweise erhalten und sorgfältig unterhalten werden.

2. Zu Abfluss, Temperatur und Chemie der Grundwasserabflüsse

Obwohl die hydrologischen Verhältnisse unserer Region in den letzten zwanzig Jahren in schwerwiegender Art verändert wurden, sind die Brunnmatten noch stets ein Quellgebiet. Die Brunnmatten sind heute durch das

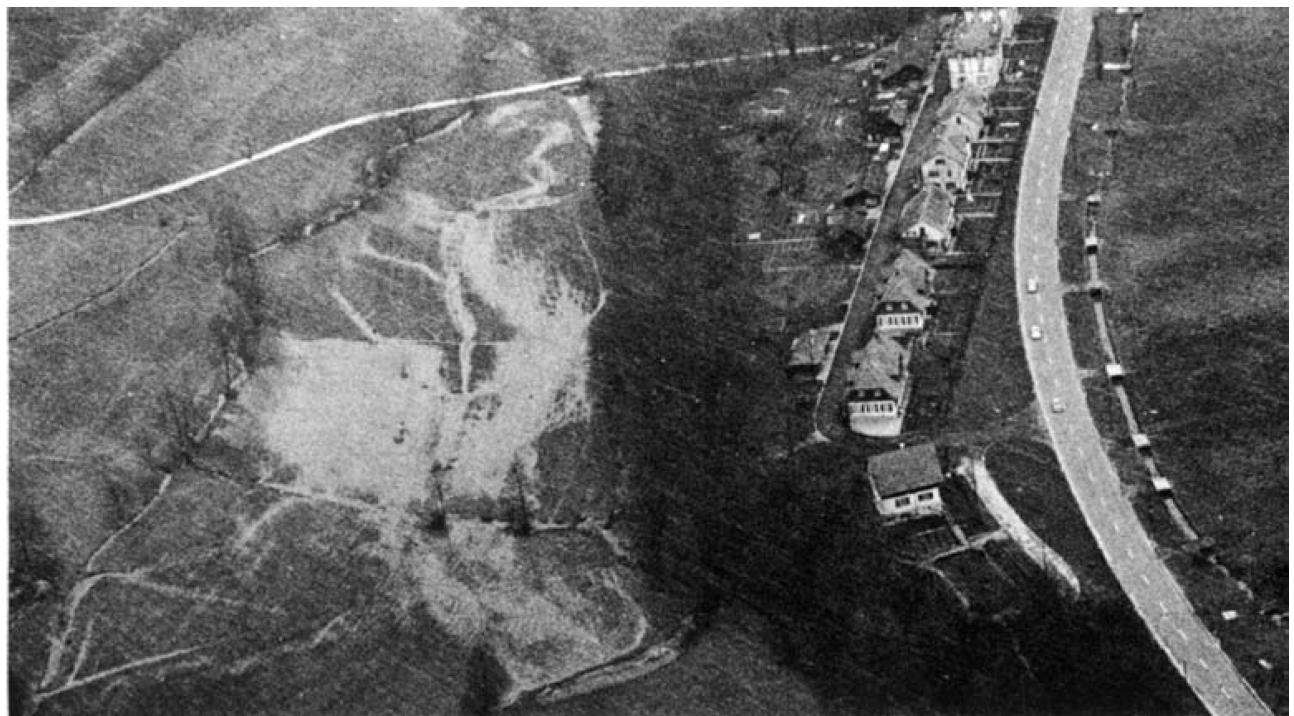
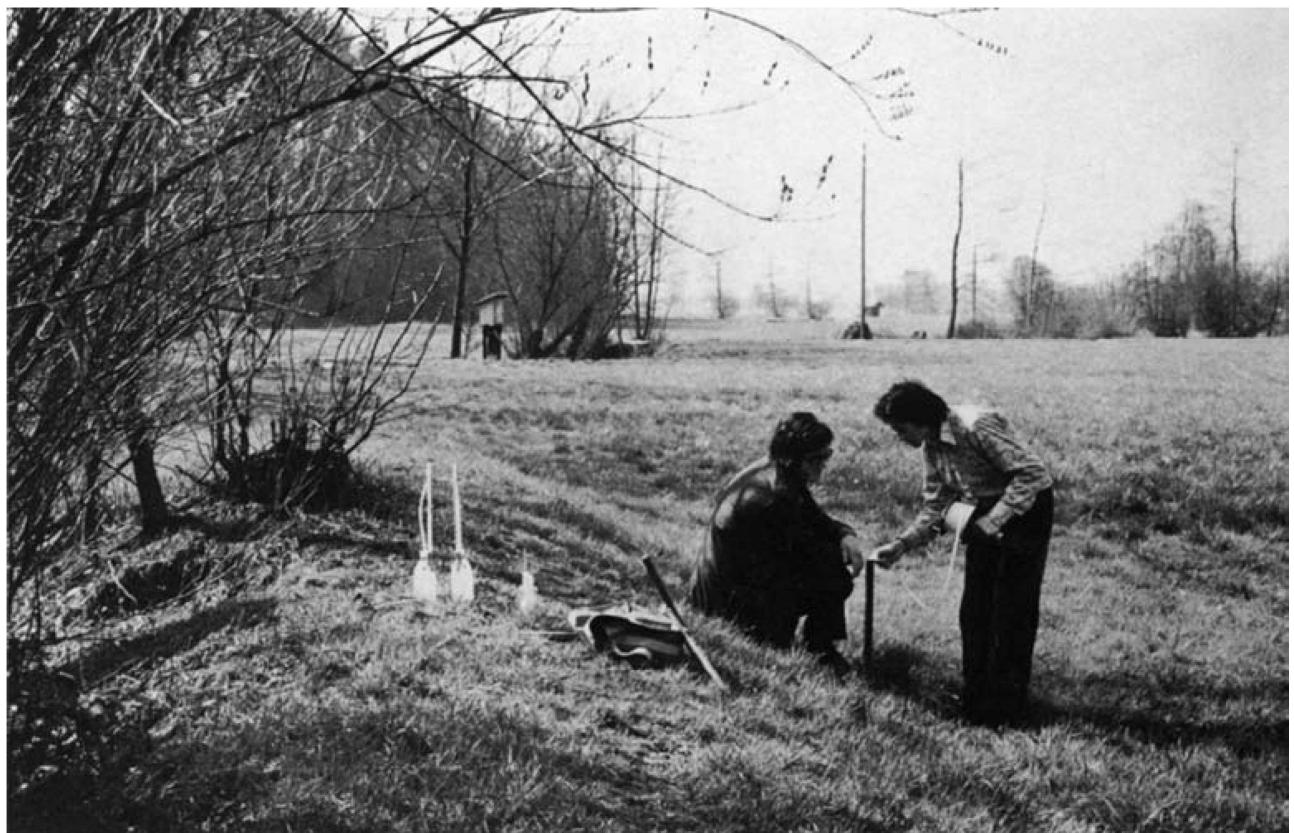


Abb. 1: Die Brunnmatten zwischen Weibelacher (rechts) und M. Motzet. Geflogen nach dem aussergewöhnlichen Hochwasser vom 21./22. November 1972. In den Schuttstrukturen der überschwemmten Wässermatten zeigen sich die noch betriebenen wie auch ehemalige Wässergrabensysteme.
Aufn. Val. Binggeli

Abb. 2: Brunnmatten, Roggwil. Grundwassermessung in Bohrrohr am Brunnbach. Im Mittelgrund links eine Abfluss-Messstation.
Aufn. Val. Binggeli



SBB-Trasse in einen östlichen und einen westlichen Teil geschieden. Der östliche Teil, den wir heute allein als Brunnmatten bezeichnen, wird landwirtschaftlich genutzt. Der westliche Teil ist praktisch identisch mit dem sogenannten Motzelpark, dem Gebiet der Fisch- und Kresseteiche. Aus unserer Betrachtung ausgeklammert ist hier das Gebiet des Mumenthaler Weiher, der morphologisch-hydrologisch auch den Brunnmatten zugerechnet werden muss.

Die vorliegende Arbeit hat sich vorwiegend mit dem westlichen Teil der Brunnmatten zu befassen. Da aber hydrologisch eine Trennung unmöglich ist, muss grundsätzlich eine Gesamtdarstellung erfolgen.

Im Rahmen einer grösseren Forschungsarbeit, mit dem Ziel der hydrologischen Grundlagenerarbeitung im Oberaargau⁴, erfolgten ab 1969 hydrologische Messungen im Gebiete der Brunnmatten. Neben der mengenmässigen Erfassung der Grundwasserabflüsse wurden auch qualitative Parameter, wie Temperatur und Wassergüte, sowie die kulturlandschaftliche Entwicklung untersucht.

2.1. Die Grundwasser-Abflüsse in den hydrologischen Jahren 1971—1973⁴

Die Abflüsse der Grundwasser-Aufstösse in den Brunnmatten werden durch drei Bäche gesammelt und abgeführt (Fig. 1). Im Gebiet des Löli, in den untersten Langenthalermatten, entspringt der Brunnbach. Dem Terrassenrand entlangfliessend nimmt er auch das aus den Schottern des Gruenholzes abfliessende Grundwasser auf. Das Wasser des mittleren Teils der Brunnmatten

Tabelle 1: Abflussmengen, Brunnbach, Brunnmatt-Roggwil Periode 1971–73 (hydrolog. Jahr = Okt.–Sept.)

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept
Monatsmittel	0,057	0,242	0,106	0,045	0,035	0,080	0,187	0,095	0,085	0,102	0,078	0,062
Maximum (Spitze)	0,500	9,000	0,510	0,220	0,155	0,460	0,780	0,950	1,480	2,400	0,620	0,400
Jahr	1972	1973	1973	1973	1973	1972	1973	1971	1973	1972	1973	1972
Minimum (Mittel)	0,008	0,001	0,011	0,027	0,010	0,011	0,043	0,027	0,009	0,027	0,009	0,003
Jahr	1973	1972	1972	1973	1972	1972	1972	1972	1973	1973	1973	1973

Durchschnittliche Jahresabflussmenge der 3 Jahre = 0,098 m³/s

Grösste mittlere Jahresabflussmenge der 3 Jahre = 0,128 m³/s (1973)

Kleinste mittlere Jahresabflussmenge der 3 Jahre = 0,060 m³/s (1972)

Tabelle 2: Abflussmengen, Mattenbach Brunnmatt-Roggwil Periode 1971–73

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.
Monatsmittel	0,055	0,107	0,106	0,082	0,058	0,063	0,107	0,071	0,084	0,107	0,101	0,091
Maximum (Spitze)	0,173	1,160	0,242	0,178	0,096	0,141	0,284	0,170	0,333	0,318	0,303	0,231
Jahr	1973	1973	1973	1973	1973	1972	1973	1971	1973	1973	1973	1972
Minimum (Mittel)	0,032	0,030	0,028	0,045	0,030	0,025	0,040	0,043	0,041	0,041	0,034	0,030
Jahr	1973	1973	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1971	1971

Durchschnittliche Jahresabflussmenge der 3 Jahre = $0,86 \text{ m}^3/\text{s}$

Grösste mittlere Jahresabflussmenge der 3 Jahre = $0,131 \text{ m}^3/\text{s}$ (1973)

Kleinste mittlere Jahresabflussmenge der 3 Jahre = $0,056 \text{ m}^3/\text{s}$ (1972)

Tabelle 3: Abflussmengen, Bergbach, Brunnmatt-Roggwil Periode 1971–73

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.
Monatsmittel	0,164	0,195	0,224	0,207	0,197	0,189	0,214	0,201	0,186	0,207	0,195	0,180
Maximum (Spitze)	0,250	1,500	0,454	0,295	0,265	0,280	0,327	0,360	0,379	0,295	0,265	0,265
Jahr	1973	1973	1973	1971	1972	1973	1972	1971	1972	1972	1972	1973
Minimum (Mittel)	0,135	0,125	0,135	0,166	0,148	0,136	0,140	0,144	0,123	0,157	0,166	0,162
Jahr	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1973	1973

Durchschnittliche Jahresabflussmenge der 3 Jahre = $0,197 \text{ m}^3/\text{s}$

Grösste mittlere Jahresabflussmenge der 3 Jahre = $0,212 \text{ m}^3/\text{s}$ (1973)

Kleinste mittlere Jahresabflussmenge der 3 Jahre = $0,166 \text{ m}^3/\text{s}$ (1972)

sammelt der Mattenbach, jene des westlichen Teiles und das Hangwasser des Molassezuges Muniberg-Höchi der Bergbach.

Seit 1971 liegen von diesen drei Grundwasserbächen kontinuierliche Abflussmessungen vor (drei Limnigraphenstationen, Quellertragsmessungen). Vorläufig sind als kürzeste Zeiteinheiten die mittleren täglichen Abflüsse ermittelt worden.

In Tabelle 1 bis 3 sind zusammenfassend die mittleren monatlichen und jährlichen Abflüsse und die Minimal- und Maximalabflüsse wiedergegeben.

Der Gesamtabfluss (inklusive Fassungen und unterirdischer Abfluss) beträgt im Mittel der drei Jahre $0,415 \text{ m}^3/\text{sec}$. Nach den Untersuchungen für das Gesamtgebiet⁴ ist der Abfluss der Messperiode $\sim 10\%$ zu tief gegenüber dem langjährigen Mittel. Der reduzierte, heutige Gesamtabfluss liegt bei $450 \text{ m}^3/\text{sec}$. Dies bedeutet rund ein Viertel der Abflussmenge zu Beginn unseres Jahrhunderts und rund ein Drittel zu Ende der fünfziger Jahre. Auf die Gründe dieser starken Abnahmen wurde bereits im ersten Teil dieser Arbeit eingegangen. Dass die Auflösung der hier vor allem wirksamen Wässerungen in den unteren Langenthalermatten entscheidenden Einfluss hat, ist nicht von der Hand zu weisen. Die Auflösungsphase fällt zusammen mit der Abnahme des Grundwasserertrages.

Die drei Grundwasserbäche weisen charakteristische Abflusseigenschaften auf. Sie können durch die in Tabelle 4 dargestellten Abflussgrößen beschrieben werden:

Tabelle 4

	minimaler Abfluss Tagesmittel m^3/sec .	maximaler Abfluss Tagesmittel m^3/sec .	Schwankungskoeffizient
Brünnbach	0,001	9,00	9000
Mattenbach	0,025	1,16	46
Bergbach	0,123	1,50	12
Langen-Lotzwil	0,096	39,00	406

Der Brünnbach hat periodisch die Funktion einer Hochwasser-Abflussrinne. Die Überwasser der Langen-Hochwasser, der Wässerungen und der ARA Langenthal werden durch den Brünnbach abgeführt. Aus dem grossen Schwankungskoeffizient ist der Oberflächengewässer-Charakter ersichtlich. Der sehr hohe Wert von 9000 ist allerdings stark durch den minimalen Mindestabfluss mitbedingt. Dies zeigt sich aus dem Vergleichswert von 406 der Langen.

Der Mattenbach nimmt eine Zwischenstellung ein. Er kann bei starken Hochwassern ebenfalls noch direkt beeinflusst werden. Der Bergbach hingegen weist sich durch den Schwankungskoeffizienten als fast reiner Grundwasserbach aus.

Die Abfluss-Dauerkurven bestätigen die eben gemachten Feststellungen. Der Oberflächengewässer-Charakter nimmt von E nach W — vom Brunnbach zum Bergbach hin — ab (Fig. 8).

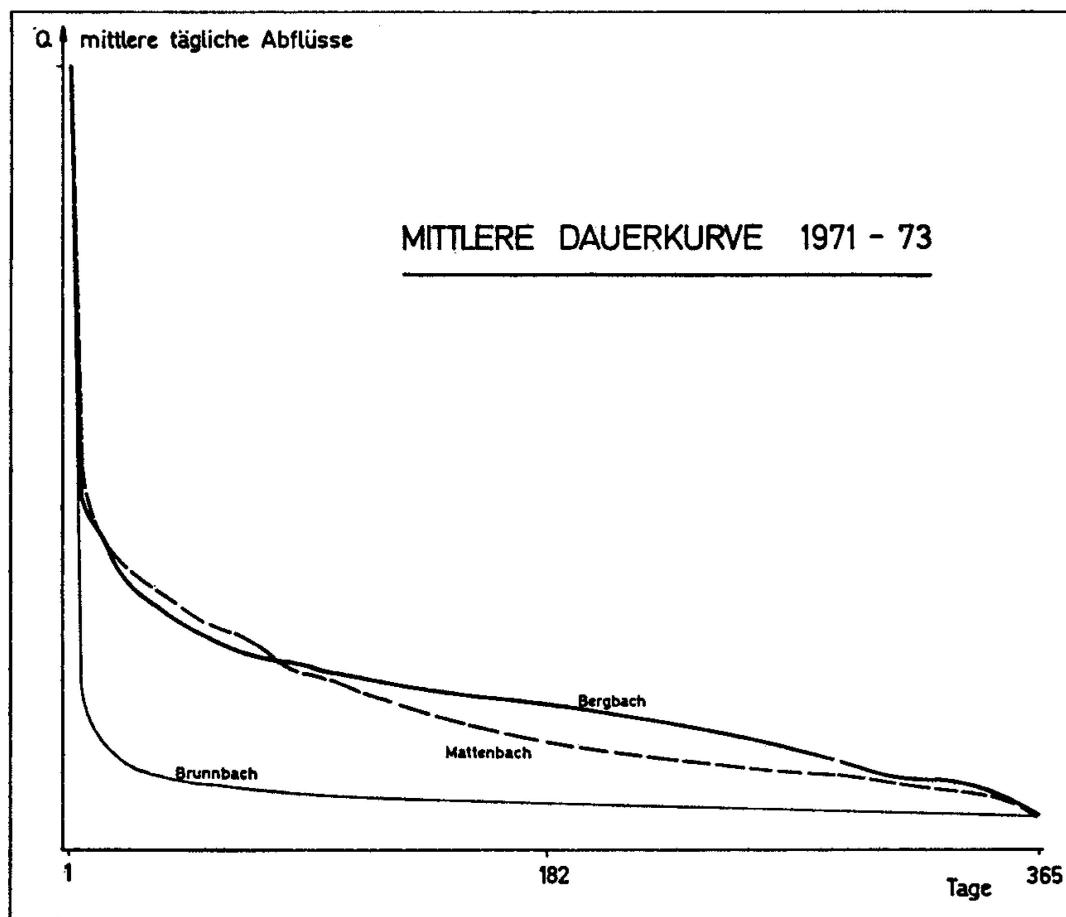


Fig. 8: Die mittleren Dauerkurven der Periode 1971–1973 zeigen, an wievielen Tagen pro Jahr eine bestimmte Abflussmenge erreicht oder überschritten wird. Es ist zu beachten, dass die Q-Werte (Ordinatenwerte) der drei Bäche verschiedene Größen aufweisen. Das jeweilige mittlere Maximum ergibt den Wert für 1 Tag.

Die Ganglinien der mittleren monatlichen Abflüsse zeigen gegenüber dem Langzeit-Abfluss nur eine grobe Ähnlichkeit, wobei diese vom Brunnbach zum Bergbach hin abnimmt (Fig. 9). Der November-Hochstand zeigt sich praktisch

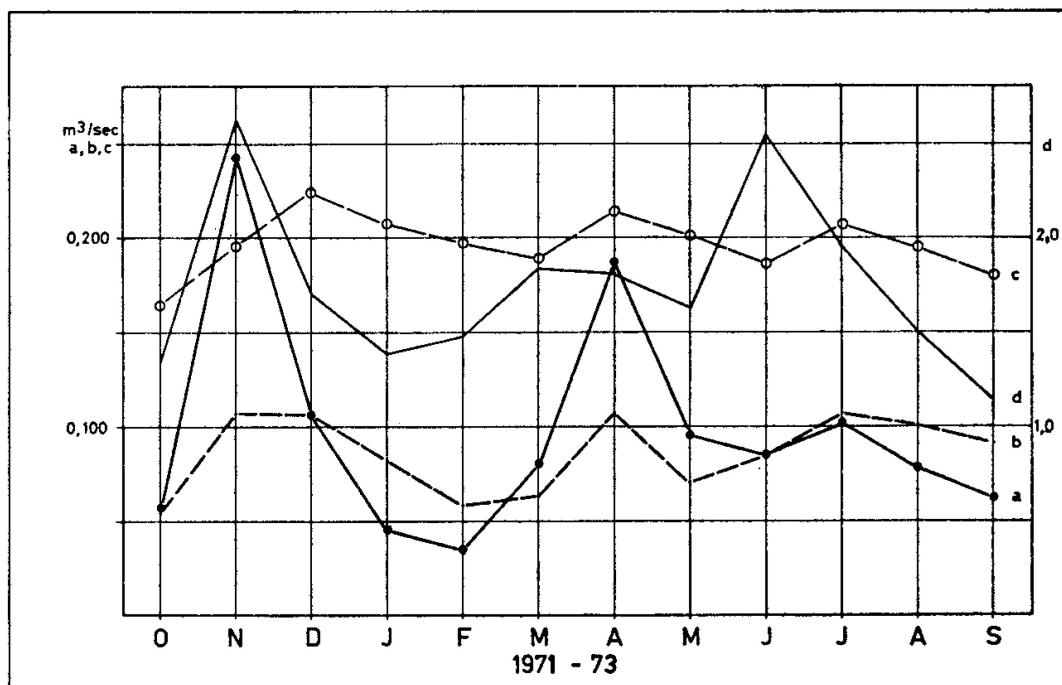


Fig. 9: Ganglinien der mittleren monatlichen Abflüsse der Brunnmattbäche und des Vergleichsgewässers Langete-Lotzwil. a = Brünnbach, b = Mattenbach, c = Bergbach, d = Langete-Lotzwil.

tisch unverändert auch im Brünnbach und abgeschwächt im Mattenbach. Im Bergbach tritt dieser Hochstand um einen Monat verzögert erst im Dezember auf. Das schwache Märzmaximum der Langete fehlt im Grundwasserabfluss, umgekehrt fehlt das deutliche Aprilmaximum des Grundwasserabflusses in der Langete. Die gleiche Maximaverschiebung wiederholt sich in den Monaten Juni/Juli. Aus den Untersuchungen über die Wässerungseinflüsse wissen wir, dass die Maximumstände des Novembers, des Aprils und des Juli durch Wässerungen bedingt sind^{11, 4}. In der vorliegenden Untersuchungsperiode wird allerdings der November-Peak durch Hochwassereinfluss und das Aprilmaximum durch den natürlichen Jahreshochstand akzentuiert.

2.2. Abfluss und Grundwasserstand

Grundwasserstand und Grundwasserabfluss sind funktional verknüpft. Steigen und Sinken des Grundwasserstandes hat entsprechend eine Steigung resp. Verminderung des Grundwasserabflusses zur Folge. Über die Anteile der einzelnen Speisefaktoren (untere Langenthalermatten, Gruenholz, direkte Niederschlagsversickerungen) können zurzeit noch nicht nähere Angaben ge-

macht werden. Das Wirkungsgefüge des Brunnmattenabflusses ist jedoch komplexer Art. Bei Brunn- und Mattenbach spielen auch die Wässerungen des Gruenholzes mit hinein.

Der Grundwasserspiegel ist in den letzten zwanzig Jahren so stark zurückgegangen, dass heute bei Niedrigwasserständen im Grundwasser die oben dargestellten Verhältnisse umgekehrt werden können. Fig. 10 zeigt, wie der

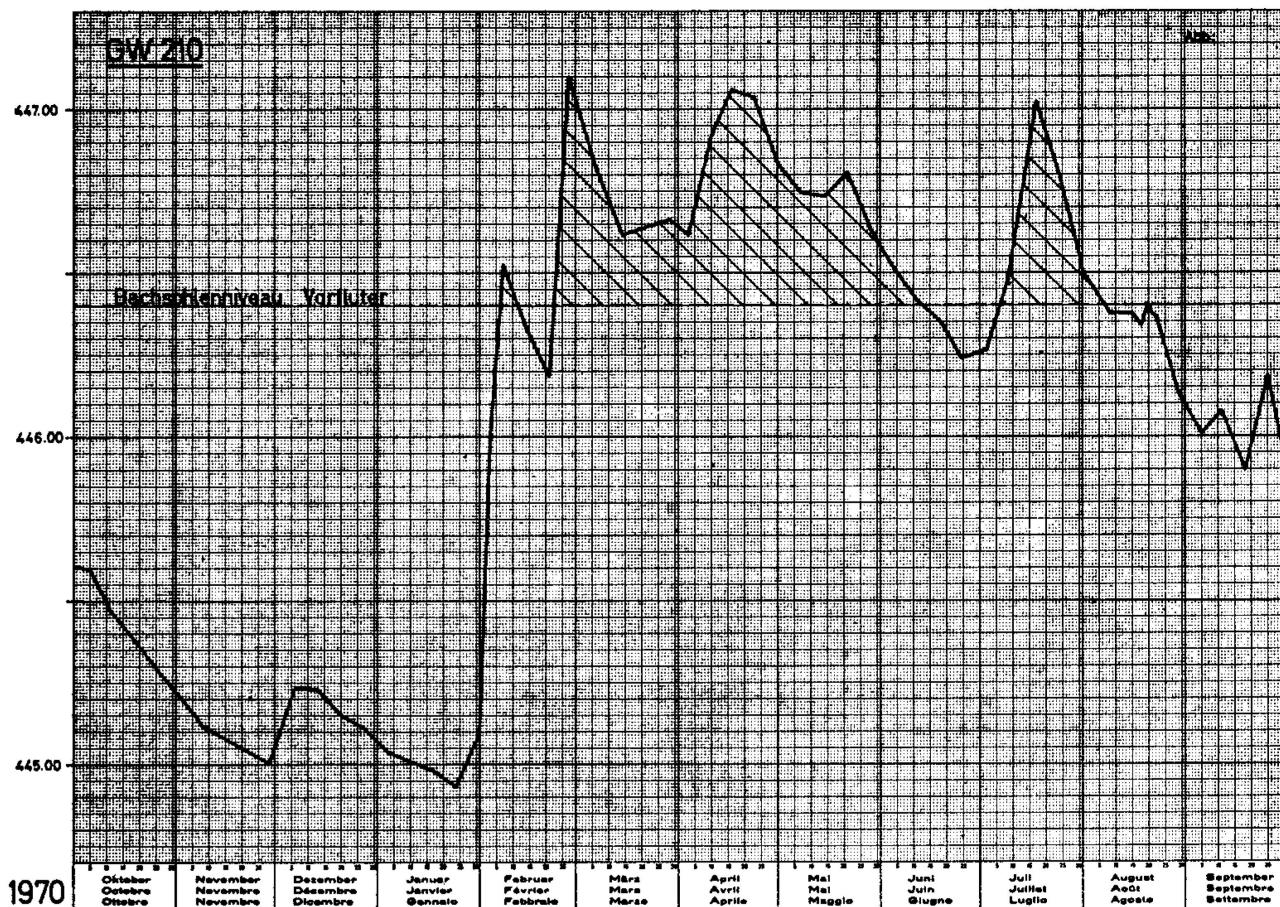


Fig. 10: Grundwasserspiegel-Ganglinie der Messstelle GW 210 in den oberen Brunnmatten. Während früher der Grundwasserspiegel dauernd über dem Bachsohlenniveau lag, ist dies heute nur noch zeitweise der Fall (schraffiert). Für die starken Grundwasser-Anstiege sind Wässerungs- oder Hochwasserversickerungen verantwortlich.

einstige Quellbach (Brunnbach) zum Sickerbach werden kann. Die Sohle des Brunnbaches bis auf die Höhe von A 85 liegt heute über dem normalen Grundwasserspiegel.

23. Die Temperaturverhältnisse

2.3.1. Die Wassertemperaturen der Quellbäche

Regelmässige Temperaturmessungen liegen seit 1969 vor. Gemessen wurde mit Quecksüberthermometer auf 1/10 °C genau. Das Standard-Messintervall betrug eine Woche.

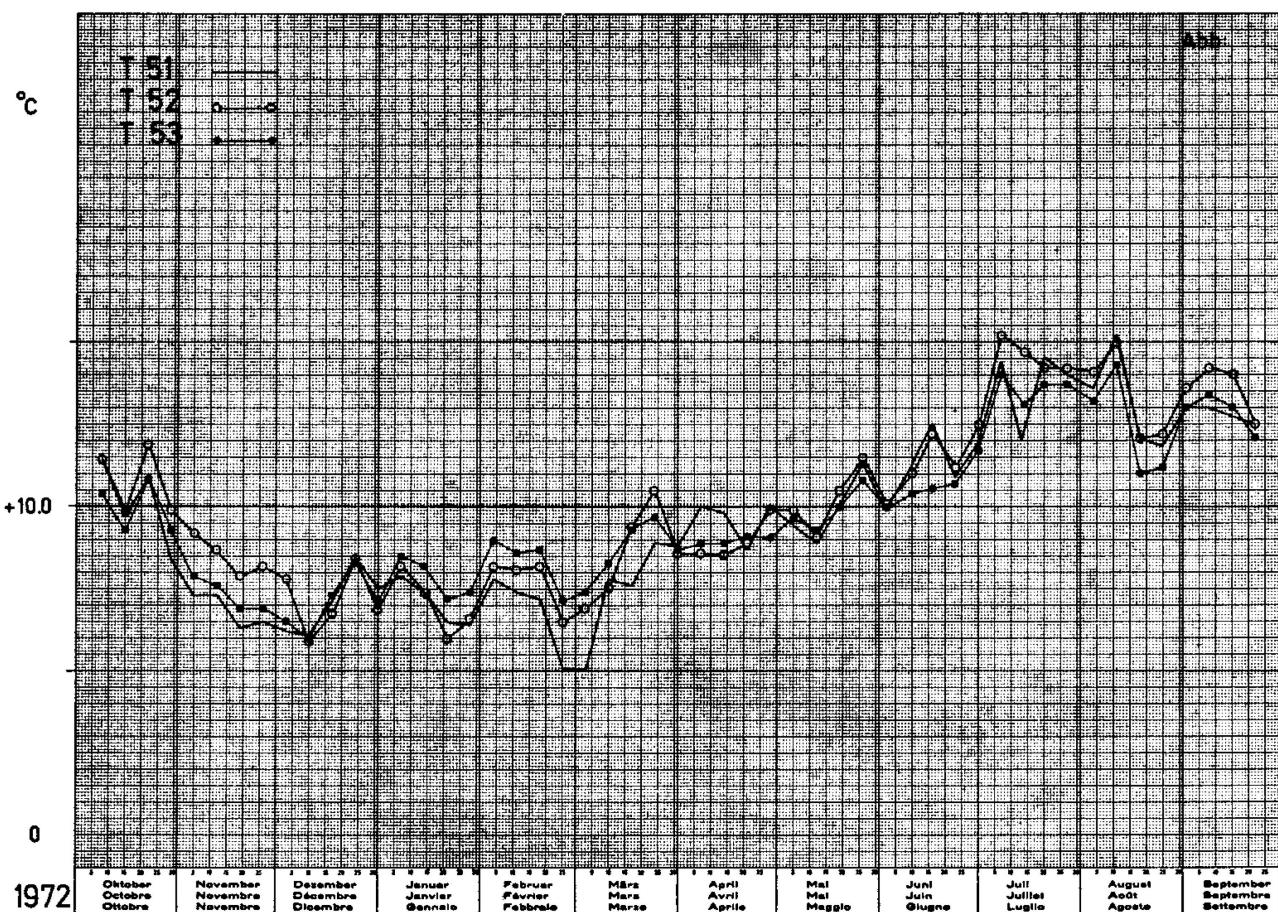


Fig. 11: Ganglinien der Wassertemperaturen der Brunnmattbäche.

T 51 = Brunnbach, T 52 = Mattenbach, T 53 = Bergbach.

Die aufgezeichneten Punkte in Fig. 11 stellen den gemessenen Wert zu einer bestimmten Tageszeit dar. Die Wassertemperatur der Oberflächengewässer unterliegt innerhalb eines Tages Schwankungen. Diese sind abhängig von verschiedenen Faktoren: Lufttemperatur (= Summe aller meteorologischen Einflüsse), Abflussmenge und Lauflänge. Als wichtigste Variable muss in unserem Falle im allgemeinen die Lufttemperatur angesehen werden. Diese kann

allerdings für tägliche Schwankungen nur wirksam werden, wenn die Lauf- länge genügend gross ist. Diese Voraussetzung ist bei den Grundwasserbächen der Brunnmatten nicht oder nur unvollständig erfüllt. Nur an extremen Sommer- bzw. Wintertagen kann die Lufttemperatur zur entscheidenden Variablen werden. Deshalb darf auf eine Reduzierung der gemessenen Werte auf eine mittlere Tageszeit verzichtet werden.

Die Jahresamplituden sind bei allen drei Bächen fast genau gleich gross. In der Messperiode betragen sie 8,2—10,4 °C. Die jährlichen Schwankungen sind damit deutlich schwächer als bei den reinen Oberflächengewässern unserer Gegend. Der Vergleichswert der Langente (Messstelle Gruenholz-Roggwil) beträgt 14,6—17,2 °C. Die Lufttemperaturschwankungen betragen in der gleichen Periode rund 30 °C. Der Schwerpunkt der Minimalwerte liegt im Januar, jener der Maximalwerte im Juli/August.

Bereits das Abflussverhalten hat die Grundwasserbäche der Brunnmatt in gradueller Abstufung zwischen Oberflächen- und Grundwässern eingestuft. Das gleiche lässt sich aus dem qualitativen Parameter Temperatur folgern.

2.3.2. Quellentemperaturen

Gute Quellen, von tiefliegendem Grundwasser (>10 m) gespiesen, spiegeln praktisch die Temperaturverhältnisse des unterirdischen Wassers wider. So müssten denn in den Brunnmatten die Quellen längs der scharf ausgeprägten Terrassenränder östlich des Mumenthaler Weiwers und von der Kaltenherberge bachabwärts die kleinsten Jahresamplituden aufweisen. Die Quellen im flacheren Teil der Brunnmatten hingegen müssten wegen des geringen Flurabstandes einen ausgeprägten Jahressgang auf weisen.

Die absoluten Temperaturen der einzelnen Quellen betragen:

- | | |
|---|-------------|
| — in den Wintermonaten (November—April) | 7,5—10,0 °C |
| — in den Sommermonaten (Mai—Oktober) | 8,8—12,3 °C |

Die Jahresschwankung beträgt somit 4,8 °C. Bei den beiden Hauptquellen der vorgenannten Terrassenränder (A 12 und A 85) reduzieren sich die Schwankungen:

	A 12 °C	A 85 °C
Wintermonate	1,0	1,6
Sommermonate	1,8	2,7
Jahr	2,7	4,3

Über die Temperaturänderung an extrem warmen oder kalten Tagen gibt eine Messung vom 28. Juli 1974 Auskunft. Die mittlere Lufttemperatur lag bei 21,8 °C, die maximale bei 28 °C.¹² Ein wolkenloser Himmel hatte eine volle Einstrahlung zur Folge. An den vorangehenden zwei Tagen herrschte

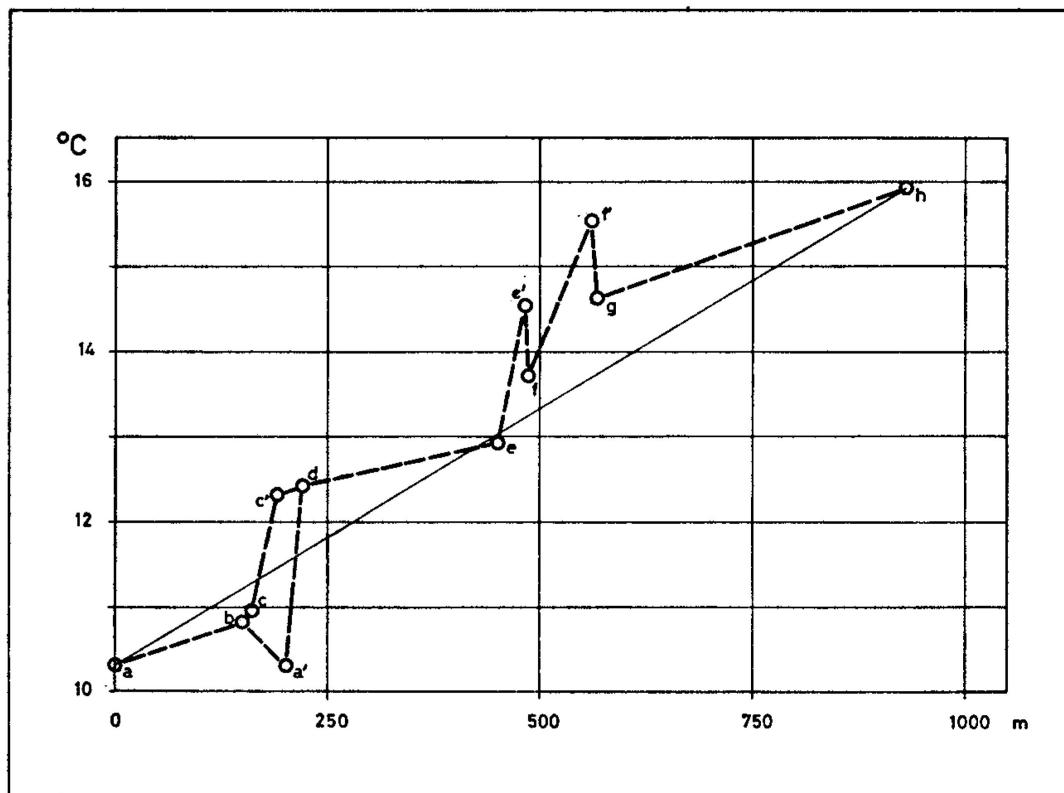


Fig. 12: Halbschematische Darstellung der Temperaturveränderungen im Bergbach. Der Einfluss der Teiche und des neuzutretenden Grundwassers sind deutlich feststellbar.

- a–h = mittlere Erwärmung
- a = Grundwasser-Aufstoss an Terrassenkante
- a' = Grundwasser-Aufstoss in Brunnmatten
- b = Bergbach 1
- c = Kresseteich Einfluss
- c' = Kresseteich Ausfluss
- d = Bergbach 2
- e = Kresseteich Einfluss
- e' = Kresseteich Ausfluss
- f = Kresse-Fischteich Einfluss
- f' = Kresse-Fischteich Ausfluss
- g = Bergbach 3
- h = Bergbach 4 (Limnigraphenstation)

ebenfalls hochsommerliches Wetter. Bei einer Quelltemperatur von rund 10,0 °C beträgt die maximale Differenz zwischen Wasser- und Lufttemperatur rund 20,0 °C. Erwärmung Quelle bis Abflusstationen untere Brunnmatt:

	Laufstrecke m	Q m ³ /s	Quelle °C	Limnigraph °C	Δ °C
Bergbach	930	0,175	10,3	15,9	5,6
Mattenbach	600	0,078	11,4	15,9	4,5
Brünnbach	700	0,098	11,4	14,9	3,5

Die Erwärmung nimmt vom Bergbach zum Brünnbach deutlich ab. Obgleich der Bergbach die grösste Wasserführung aufweist und an der Quelle mit der niedrigsten Temperatur austritt, wird er am stärksten erwärmt. Die zahlreichen Teiche haben sichtlich Einfluss auf die Wassertemperatur (vgl. Abb. 12). Das gleiche Wasser wird teilweise nacheinander durch mehrere Teiche geleitet. Es sind vor allem die Kresseteiche, in denen eine relativ starke Temperaturänderung stattfindet, da zwischen den dichtstehenden Pflanzen das Wasser nur langsam zirkuliert und daher eine lange Aufenthaltszeit aufweist. Weiter kommt dazu, dass der Bergbach auch teilweise aus den mittleren Brunnmatten gespiesen wird, deren Quelltemperaturen etwas höher liegen.

Die relativ schwache Erwärmung des Brünnbaches kann damit erklärt werden, dass er unterwegs durch kühles Wasser von rund 10 °C aus der Gruenholtz-Terrasse angespiesen wird und die ganze Laufstrecke recht gut beschattet ist.

An extrem kalten Wintertagen dürfte die Abkühlung des Quellwassers in der gleichen Laufstrecke etwa gleich gross sein. Die maximale Differenz Wasser-, Lufttemperatur liegt zwar höher, doch fehlt das Aequivalent zur Einstrahlung, die im Sommer eine Verstärkung des Erwärmungsprozesses bringt.

2.4. Zur Hydrochemie des Brunnmatten-Grundwassers

Für viele hydrologische Fragestellungen können die Untersuchungsresultate chemischer Analysen wertvolle Aufschlüsse bringen. Bei der Vielzahl von Quellaustreten und Aufstössen im Untersuchungsgebiet sind jedoch der hydrochemischen Erfassung Grenzen gesetzt.

Von den eindeutig erfassbaren Aufstössen in den oberen Brunnmatten sind heute bei Normalwasserstand zahlreiche abgegangen. Die möglichen perma-

nenten Probeentnahmestellen sind damit auf einige wenige zusammengezhrumpft. Weiter unten wird eine saubere Probeentnahme schwierig, da die Aufstösse subaquatisch oder diffus austreten. Oft ist auch nicht mit Sicherheit festzustellen, ob es sich tatsächlich um erstmalig austretendes Wasser handelt.

Bei den hydrochemischen Untersuchungen interessierte uns neben dem Grundwasserzustand vor allem der Einfluss der Wässerungen auf die einzelnen Quellgebiete. Als Indikator wurde die Gesamthärte — die Summe aller gelösten Ca- und Mg-Salze — gewählt.

Im folgenden sollen vier Stellen, die einen Querschnitt durch die Brunnmatten von der Gruenholz-Terrasse zum Muementalerweiher darstellen, besprochen werden. Da das versickernde Wasser in den Niederterrassenschottern mit gelösten Salzen angereichert wird, müsste die Gesamthärte theoretisch mit zunehmendem Abstand von der Langete zunehmen.

Im untersuchten Querschnitt stimmt dieser Ansatz nur teilweise. A 85, eine direkt von Wässerungswasser beeinflusste Probeentnahmestelle, zeigt tatsächlich niedrigere Gesamthärte als A 41, der Ursprung des Mattenbaches. Erstaunlicherweise sinkt nun aber die Härte wieder über A 24 bis A 12 im Bereich des Mumenthaler Weiher. Als mögliche Interpretation steht die starke Beeinflussung von A 24 durch die Wässerungen in den untern Langenthalermatten im Vordergrund, da Beobachtungen zeigen, dass dieser Quellbereich bei besagten Wässerungen schnell anspricht. Bei A 12 dürfte vor allem der Einfluss von Hangwasser aus dem westlichen Molassezug des Munihogers/Höchi mitspielen.

Die ebenfalls untersuchten Chloridbelastungen des Wassers (als Verschmutzungsindikator) nehmen gesamthaft von A 85 nach A 12 ab. Die periodisch starken Chloridgehalte im Grundwasser im Bereich des Brunnbaches sind auf die permanenten grösseren Abwasserversickerungen im Raum Kaltenthalberge zurückzuführen.

Richtwerte Chlorid (Maxima):	Bereich A 12 = 10 mg Cl'/l
	Bereich A 85 = 15 mg Cl'/l

Zwischen den Quellen und den Abflusstationen in der untern Brunnmatt wird die Wasserhärte, wie Stichproben zeigten, kaum verändert.

Stichprobenartige Gesamtanalysen des Grundwassers (ausgeführt vom Kantonalen Laboratorium) zeigen eine gute Grundwasserqualität. Die untersuchten Eigenschaften des Wassers: Chloride, Sulfate, Nitrate, Oxydierbarkeit,

Nitrite, Ammoniak, Eisen, Mangan, Sauerstoff, Sauerstoffsättigung und Keimwachstum lagen innerhalb der Normwerte für Trinkwasser. Einzelnen schlechten Werten von Bohrlochproben (aus Piezometerrohren) darf keine allzu grosse Bedeutung beigemessen werden, da hier das Wasser nur unvollständig fliesst.

Auch diese Resultate zeigen eine leichte Verschmutzungszone aus dem Räume Kaltenherberge bachabwärts. Den Fragen der Grundwasserqualität in diesem Gebiet muss in Zukunft vermehrt Beachtung geschenkt werden, da die Möglichkeit besteht, dass auch die Fassung der Gemeinde Roggwil in Mitteidenschaft gezogen werden könnte.

Die Wasserqualität der Grundwasserbäche (bei den Limnigraphenstationen) wurde dreimal vom Kantonalen Gewässerschutzamt untersucht. Die O₂-Sättigung liegt mit einer Ausnahme (Mattenbach, September 1972, 95%) über 100%. Gesamthaft gesehen wiesen die Grundwasserbäche eine sehr niedrige Belastung mit Schmutzstoffen auf. Dabei weist wieder der Brunnbach etwas höhere auf. So liegt zum Beispiel der Phosphatgehalt (Gesamtphosphat) 1,8 bis 50× höher als in den Bruderbächen.

Während die Wasserqualität auf dem ersten Teilstück des Brunnbachs gegenüber dem Grundwasser kaum verändert wird, nimmt der Verschmutzungsgrad bis zur Mündung in die Lanete sprunghaft zu: Die Sauerstoffsättigung nimmt auf 69—87% stark ab. Der Ammoniakgehalt steigt von 0 auf 0,8, von 0,1 auf 2,2 und von 0,3 auf 3,5 mg NH₄/l an. Dieser Ammoniakgehalt wird selbst in der Lanete, Roth und Murg nicht erreicht. Der Chloridgehalt steigt auf > 50 mg Cl'/l an. Ebenso steigen die Phosphat- und Natriumgehalte um ein Mehrfaches an.

Keine zwei Kilometer unter dem Quellgebiet übergeben wir bestes Trinkwasser in stark verschmutztem Zustand unsren Nachbarn im Aargau!

3. Eine Brunnenkressekultur in der Schweiz

Die hier besprochene Kultur der Brunnenkresse, die einzige ihrer Art in der Schweiz, gründete ums Jahr 1892 Gärtnermeister Traugott Frey in der «Rötzmatt» in Olten, nachdem er den Anbau dieses Gewächses gelegentlich seiner Wanderjahre in Deutschland kennengelernt hatte. Als im Jahre 1900 sein Schwiegersohn Mathias Motzett die Gärtnerei übernahm, widmete er der Brunnenkresse-Kultur vermehrte Aufmerksamkeit. Im Jahre 1905 begann



Abb. 3: Im Teichgebiet der Brunnen-Kressekulturen von Wynau. Meister Mathias Motzet beim Forellenfüttern.

Abb. 4: Im «Motzepark», Wynau. Herr Born beim Schneiden der Brunnkresse in einem der Wasserbeete. Aufnahmen Hans Scheidiger, Langenthal.



Vater Motzet mit der Verlegung derselben auf das jetzige Grundstück zwischen Wynau und Langenthal, das sich durch das Zutagetreten eines Grundwasserstromes mit mineralreichem Wasser vorzüglich für die Brunnenkresse-Kultur eignet. Heute umfasst der von M. Motzet jun. geleitete Betrieb 1275 a, wovon zirka 100 a Wasserfläche, die der Brunnenkresse-Kultur dienen. Daneben wird eine Forellenzucht betrieben.

Die Quellen befinden sich im obersten Teil des Grundstückes. Das System der Wasserfassung, -verteilung und -ausnützung ist ausgezeichnet durchdacht. Das fast 1 km lange ebene Gelände hat nur wenig Gefälle. Die Kressekulturlanlagen beginnen unmittelbar bei den Quellen und sind auf die ganze Länge der Wasserläufe verteilt. Zahlreiche Absperrvorrichtungen mit Abzapfstellen sorgen für die Verteilung in die vielen Wasserbeete.

Es sind zwei Systeme von Wasserbeeten vorhanden. Die moderneren sind 3 m breit, 30 bis 60 m lang und durch 20 cm breite Betonmauern voneinander abgegrenzt. Diese überragen den Höchstwasserstand um zirka 10 cm und bilden so zugleich Laufstege, welche mit speziellen Rollwagen für die Ausräumungs-, Pflanz-, Unterhalt- und Erntearbeiten befahren werden können.

Die Wasserzufuhr erfolgt durch Betonröhren im Boden, der Abfluss in offenen Gräben. Das ältere, primitivere System besteht aus zirka 40 bis 60 cm tiefen, meistens mit Brettern und Pfählen befestigten, 30 m und mehr langen und 3 bis 6 m breiten Gräben. Bei den kleineren Wasserbeeten fliesst das gleiche Wasser jeweils durch zwei, selten durch drei hintereinanderliegende. Sie weisen nur wenig Gefälle auf, die Strömung ist kaum feststellbar. Der Wasserzufluss beträgt, je nach Kulturstand und Länge der Beete, 900 bis 2000 Minutenliter. Jedes Wasserbeet kann einzeln entleert werden und deren Wasserstand bei der Ausfluss-Stelle reguliert werden.

Obwohl die Brunnenkresse eine im schützenden Quellwasser geborgene, mehrjährige Pflanze ist, ist ihre Kultur nur möglich, wenn sie in sehr zeitraubender Arbeit gepflegt wird. Die zirka 10 cm hohe Einfüllschicht besteht aus Humus-Schlamm. Deren gleichmässige Verteilung ist wichtig, weil der anfängliche Wasserstand kaum über die Oberfläche der Erdschicht reichen darf.

Nach dem Einfüllen der Erdschicht werden auf diese zirka 15 bis 20 cm lange Schösslinge (Triebenden der Brunnenkresse) regelmässig ausgestreut und mit dem Klatschbrett angedrückt. Dann lässt man das Wasser wieder in das Wasserbeet strömen, so dass dieses vorerst die Pflanzen nur leicht durchrieselt. Mit dem Wachsen wird der Wasserstand allmählich wieder auf die normale Höhe von 10 bis 20 cm gebracht.

Die Wartung der Pflanzungen besteht zur Hauptsache in der Regulierung des Wasserstandes und dem gelegentlichen unter das Wasserdrücken der darüber ragenden Triebe, mittels dem Klatschbrett. Nur sehr sorgfältiges Pflanzen, sowie das regelmässige und dichte Gedeihen der Kresse verhüten das Aufkommen von Ungeziefer und Algen und sichern rationelles Ernten und guten Ertrag.

Nach dem Pflanzen kann normalerweise in sechs bis acht Wochen (Ende August—Ende Oktober) erstmals geerntet werden. Die Haupternte beginnt jedoch kaum vor Mitte November, das heisst, erst wenn das Angebot der verschiedenen andern grünen Salatarten auf den Märkten abnimmt und die Verkaufspreise für Brunnenkresse in Einklang mit den Produktionskosten gebracht werden können.

Das Ernten erfolgt mit scharfer Sense oder mit der Grasschere. Der Schnitter steht dazu, mit Gummistiefeln angetan, im Wasser und mäht die Kresse in entgegengesetzter Richtung der Wasserströmung unter dem Wasserspiegel so ab, dass die Triebenden zirka 8 bis 10 cm lang sind. Mit einem rechteckigen, an einem langen Stiel befestigten Drahtgeflechtschöpfer wird die Kresse herausgefischt und in Körbe geschüttet. Ein Zurichten erübrigt sich nicht nur für den Produzenten, sondern auch für die Hausfrau. Es gibt keine Salatart, die so wenig Arbeit für das Rüsten und Zubereiten erfordert und dabei so hygienisch einwandfrei und appetitlich ist, wie Brunnenkresse. Der Versand erfolgt in Kartons und Plastiksäcken. Die Kresse darf nur lose geschüttet und muss luftig und rasch spiediert werden, damit die Blättchen nicht gilben und unansehnlich werden. Man kann, bei normalen Wasser- und Witterungsverhältnissen, pro Jahr, das heisst vom Herbst bis Frühling, dreimal von der gleichen Pflanzung ernten, sofern man den ersten Schnitt schon im Oktober vornimmt. Im Sommer blüht die Brunnenkresse. In dieser Zeit wird sie seit ungefähr zehn Jahren systematisch beregnet und damit abgekühlt, was ein Zurückhalten des Blühens bewirkt. Überdies wird dadurch allfälliges Ungeziefer ferngehalten, ohne Vertilgungsmittel einzusetzen. Im Betriebe Motzet wird dies konsequent unterlassen, dafür bietet die allgemeine ideale Haltung des Meisters Gewähr.

Nach jedem Schnitt wird der Wasserstand etwas gesenkt und die Pflanzung mit dem Klatschbrett gleichmässig gegen den Pflanzgrund heruntergedrückt. Sobald sich an den Blattachseln der Kresse neue, bewurzelte Triebe gebildet haben, werden diese durch Überstreuen mit Erde zu neuem Festwachsen im Grundschlamm gebracht, wozu das Wasser auf den äussersten Tiefstand gesenkt wird. Mit dem Weiterwachsen wird dann der Wasserstand wieder all-

mählich erhöht. Die Brunnenkresse kann nur im fliessenden Wasser leben. Infolge seiner relativ hohen Temperatur beim Austritt aus dem Boden (Quellen), gefriert das Wasser in den Beeten nicht. Die Kresse hört auf zu wachsen, wenn die Wassertemperatur unter zirka 7 °C sinkt. Da die aus dem Wasser ragenden Triebspitzen erfrieren können, ist die Wasserstandregulierung eine besonders wichtige Aufgabe in der Brunnenkressekultur. Sie erfordert vollständige Beherrschung sowohl der Einrichtungen als auch der Verteilung der jeweilig vorhandenen Wassermenge. Diese Aufgabe kann nur einem gewissenhaften und zuverlässigen Angestellten übertragen werden. Dieser hat auch das zu bestimmten Zeiten tägliche Unter-die-Wasserfläche-Drücken der stellenweise über den Wasserstand hervorragenden Kresse zu beaufsichtigen. Die Kresse erhebt sich täglich wieder etwas, der Wasserstand aber kann nicht unbegrenzt erhöht werden. Eine Düngung der Brunnenkresse während der Kultur ist praktisch nicht möglich. Die bei der Neupflanzung der Wasserbeete verwendete Erdmischung genügt jedoch dem Nährstoffbedürfnis dieser Pflanze, sofern man geeignetes Wasser hat, aus welchem die Brunnenkresse die eigentlichen Wachstumsstoffe entnehmen kann. Das Wachstum nimmt denn auch durchwegs ab von der Wassereinlaufstelle zur Abflusstelle hin. Deshalb sind Beete von mehr als 60 m Länge unzweckmäßig.

Bei zu dünnem Stand im zu kalten oder im Sommer zu warmen, ferner im ausgebeuteten oder zu nährstoffarmen Wasser, nehmen die Grünalgen überhand und erwürgen die Kresse. Um dies zu vermeiden belässt man die Brunnenkresse-Pflanzungen auch in der warmen Jahreszeit dicht; infolge Lichtmangel können dann die Algen sich nicht entwickeln.

Es ist wesentlich, dass das Wasser stets rein gehalten wird, denn auch relativ kurzfristige Trübungen verursachen ein Zusammenfaulen der Pflanzung. Man kann die Brunnenkresse auch durch Samen vermehren. Dieser reift im Sommer, ist sehr fein und behält die Keimfähigkeit bis vier Jahre. Infolge des reichlich anfallenden Stecklingsmaterials kommt die umständliche Aussaat höchstens zur Sorten-Verbesserung in Frage. Es gibt einige Sorten von Brunnenkresse, die sich durch die Zahl und die Grösse der Blättchen voneinander unterscheiden. Im Betrieb Motzett wird stets die gleiche Sorte, allerdings unter steter Selektion angebaut.

Der Ertrag an Brunnenkresse pro Are und Jahr beträgt im Betrieb Motzett zirka 120 kg. Er könnte gesteigert werden, wenn die Brunnenkresse auch ausserhalb der Winterzeit gut abzusetzen wäre. Ihre geringe Haltbarkeit während der wärmeren Jahreszeit erschwert dies jedoch. Die Lieferungen erfolgen fast

ausschliesslich an Wiederverkäufer und Grossabnehmer. Brunnenkresse ist als Salat und als Zugabe zu Braten sehr geschätzt. Wegen ihrem Gehalt an verschiedenen Heilstoffen wird übrigens ihr Genuss vielfach von Ärzten empfohlen gegen verschiedene Krankheiten, wie Skorbut, Hautaffektionen, Appetitlosigkeit, Leber- und Nierenstauung, chronische Bronchitis und sogar gegen Tuberkulose.

Derart günstige natürliche Verhältnisse für die Brunnenkressekultur, wie in den Anlagen von Wynau, sind anderswo wohl nur ganz selten vorhanden. Die Grundlage für die daselbst angewandten vorzüglichen Kulturmethoden sind aber in der Hauptsache reiche, praktische Erfahrungen und Kenntnisse, die weit über allgemeines Wissen hinausgehen.

Anmerkungen

- ¹ Leibundgut Chr. (1970): Die Wässermatten des Oberaargaus. Jahrb. Oberaargau XIII.
- ² Binggeli Val. und Leibundgut Chr. (1973): Hydrologischer Bericht über die Fassung Madiswil der Gemeinde Langenthal. Über Sicherung und Vermehrung des Grundwasserzuflusses, insbesondere durch Anreicherung mittels Wässermatten. Gutachten an Industrielle Betriebe Langenthal. In: Heimatblätter Langenthal 1974.
- ³ Binggeli Val. (1974): Hydrologische Studien im zentralen schweizerischen Alpenvorland, insbesondere im Gebiet der Langete. Beitr. z. Geol. d. Schweiz — Hydrologie, Nr. 22. Bern.
- ⁴ Leibundgut Chr. (1974): Beiträge zur Hydrologie des Oberaargaus. Diss. Bern.
- ⁵ Jenny Jak. (1949): in Schweiz. Gartenbaublatt 11, Solothurn.
- ⁶ Bieri W. (1949): Die Wässermatten des Oberaargaus. Mitt. Natf. Ges. Bern.
- ⁷ Binggeli Val. (1958): Landschaft und Menschen des Oberaargaus. Jahrb. Oberaargau I und derselbe (1962): Über Begriff und Begrenzung der Landschaft Oberaargau. Jahrb. Oberaargau V. — siehe auch Ziffer 2, 3.
- ⁸ Flatt K. H. (1969): Die Errichtung der bernischen Landeshoheit über den Oberaargau. Bern.
- ⁹ Hug J. (1949): Das Grundwasser der Schweiz. Int. Ver. f. theoret. und angew. Limnologie X, Stuttgart.
- ¹⁰ Schmassmann W. + H. (1957): Bericht über Grundwasser-Erschliessung, Liestal.
- ¹¹ Leibundgut Chr. (1974): Halbnatürliche Grundwasseranreicherung. Schweiz. Bauzeitung, Separatdruck.
- ¹² Mitteilungen von Hrn. Bieri, Obstbauzentrale Oeschberg.



Zeichnung Carl Rechsteiner

