Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen
Band: 48 (2007)

Artikel: Grundwasserneubildung am Beispiel der Gemeinde Merishausen
Autor: Leu, Pascal
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-585720

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: 09.12.2025

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

Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 48, 57–68 / Schaffhausen 2007

Grundwasserneubildung am Beispiel der Gemeinde Merishausen

von

Pascal Leu

Zusammenfassung: Die vorliegende Arbeit versucht, soweit es mit dem Wissen eines Maturanden und den zur Verfügung stehenden Mitteln möglich war, die Zusammenhänge der Grundwasserneubildung theoretisch und praktisch am Beispiel der Trinkwasserquellen der Gemeinde Merishausen aufzuzeigen.
Im Rahmen einer Feldstudie wurden über den Zeitraum von fünf Monaten (April bis August 2005) auf dem Gebiet der Gemeinde Merishausen Niederschlags- und Quellschüttungsdaten erhoben. Dadurch lässt sich der Verlauf von acht Quellschüttungen über fast ein halbes Jahr dokumentieren und zu den verschiedenen beeinflussenden Faktoren in Beziehung setzen.

1 Einleitung

1.1 Was ist Grundwasser?

Grundwasser ist der Teil des unterirdischen Wassers, der die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegung ausschliesslich oder nahezu ausschliesslich von der Schwerkraft und den durch die Bewegung selbst ausgelösten Reibungskräften bestimmt wird. Die Gesamtheit der Hohlräume innerhalb eines Gesteins nennt man Porenvolumen oder Porengehalt. Es ist abhängig von der Art des Gesteins, bei Lockersedimenten vor allem von den Korngrössen und der Kornform. Mit abnehmender Korngrösse (und somit wachsendem Porenvolumen) nimmt die Durchlässigkeit und Wasserwegigkeit der Gesteine ab. Ab einer gewissen Untergrenze wirken zudem noch Kapillarkräfte, die ein weiteres Versickern des Wassers verhindern. Das Wasser, welches in solchen Schichten gebunden ist, ist im Normalfall für den Menschen und die Pflan-

zen nicht nutzbar. Dieses Porenvolumen wird als kapazitiv bezeichnet (Pk). Das nutzbare Porenvolumen (Pn) erfasst dagegen jene Hohlräume, in denen das Wasser so weit beweglich ist, dass es von Pflanzen angesogen und vom Menschen entnommen werden kann. Das Gesamtporenvolumen (Pg) ergibt sich aus der Addition der beiden Teilvolumina und gibt Auskunft über das Wasseraufnahmevermögen eines Bodens.
Ausser in Lockersedimenten tritt das Wasser auch in verfestigten Gesteinen auf. Das Porenvolumen – Haarrisse, Klüfte, Spalten – ist bei ihnen meist viel kleiner. Besonders bei leicht wasserlöslichen Gesteinen (Kalke) können Klüfte und Spalten durch Lösung erweitert werden. Es entsteht ein kompliziertes Röhrensystem, in dem das Wasser zirkuliert. Die Fliessgeschwindigkeiten in solchen Karstböden sind sehr viel höher als in Lockersedimenten. Bei Färbeversuchen und Impfungen mit radioaktiven Isotopen wurden Geschwindigkeiten von 80 bis 140 m pro Stunde gemessen. Auf ein rasches Fliessen weisen auch die starken Schüttungsschwankungen von Karstquellen hin. Sie folgen den Niederschlagsereignissen häufig schon nach Stunden bis maximal wenigen Tagen. Für eine Trinkwasserversorgung ist diese Erscheinung wenig günstig, da die Gefahr von Verunreinigungen besteht.

Fliesstyp	**Geschwindigkeitsbereich (Meter pro Stunde)**
Offener Graben	300–10 000
Oberirdischer Abfluss	50–500
Rohrdurchfluss	50–500
Durchfluss durch Bodenmatrix	0.005–0.3
Grundwasserdurchfluss:	
Sandstein	0.001–10
Schiefer	0.00000001–1
Zerklüfteter Kalkstein	0–500

Tabelle 1: Fliessgeschwindigkeiten verschiedener hydrologischer Prozesse (Quelle: Goudie, S. 297)

1.2 Ermittlung der Grundwasserneubildung

Evapotranspiration im Jahresverlauf

Die Gebietsverdunstung (oder Evapotranspiration) umschliesst die Pflanzenverdunstung mit der Wasserabgabe der Pflanzen und der Verdunstung auf regennassen Pflanzen sowie die Bodenverdunstung und die Verdunstung freier Wasserflächen. Es gilt die Gleichung:

Gebietsverdunstung	=	Wasserabgabe	+	Verdunstung an/durch Pflanzen, von Böden und freien Wasserflächen
bzw.				
Evapotranspiration	=	Transpiration	+	Evaporation

Die Evapotranspiration ist abhängig von verschiedenen Parametern. Einfluss auf die Verdunstung – sowohl über Wasserflächen als auch über Festland – hat die Aufnahmefähigkeit (Sättigungsdefizit) der angrenzenden Luftmassen. Diese wiederum wird beeinflusst von Luftdruck, Temperatur und Ventilation.

Die Verdunstung über Festland wird neben den meteorologischen auch durch Faktoren wie das Relief, Klima, geologische Verhältnisse, Bodenart, Vegetation und Eingriffe des Menschen beeinflusst. Allein die reliefbedingten Faktoren sind zahlreich. So wird etwa bei der Verdunstung die wahre Oberfläche des Gebietes wirksam, nicht nur die Fläche der Projektion einer Kartenebene. Zudem vergrössert sich das Areal um die Flächen der Blätter, Zweige und Äste.

Für die Grundwasserneubildung durch versickernden Niederschlag ist das Zusammenwirken von Evapotranspiration und Niederschlag von entscheidender Bedeutung. Trotz der vielen Faktoren, welche die Evapotranspiration beeinflussen, lassen sich qualitative Aussagen machen über den Jahresverlauf der Verdunstungskurve. Dieser dürfte in Gebieten, die sich einigermassen ähnlich sind, keine allzu grossen Unterschiede aufweisen. Sowohl der Niederschlag als auch die Evapotranspiration weisen in ihrem Jahresgang näherungsweise eine «Glockenkurve» auf (vgl. Abbildung 1, Werte für Bern). Die Evapotranspiration ist in den Wintermonaten nahezu null (kalte Luft mit eher hoher Luftfeuchtigkeit,

kaum Blätter) und steigt in den Sommermonaten auf rund 120 mm an. Demgegenüber steht ein Niederschlag von rund 50 mm im Winter bzw. rund 115 mm im Sommer. Die Differenz von Niederschlag und Evapotranspiration steht zur Grundwasserneubildung zur Verfügung. Diese beträgt im Winter rund 50 mm und kann im Sommer sogar negativ werden. Daraus folgt, dass die Winterniederschläge für die Grundwasserneubildung von zentraler Bedeutung sind.

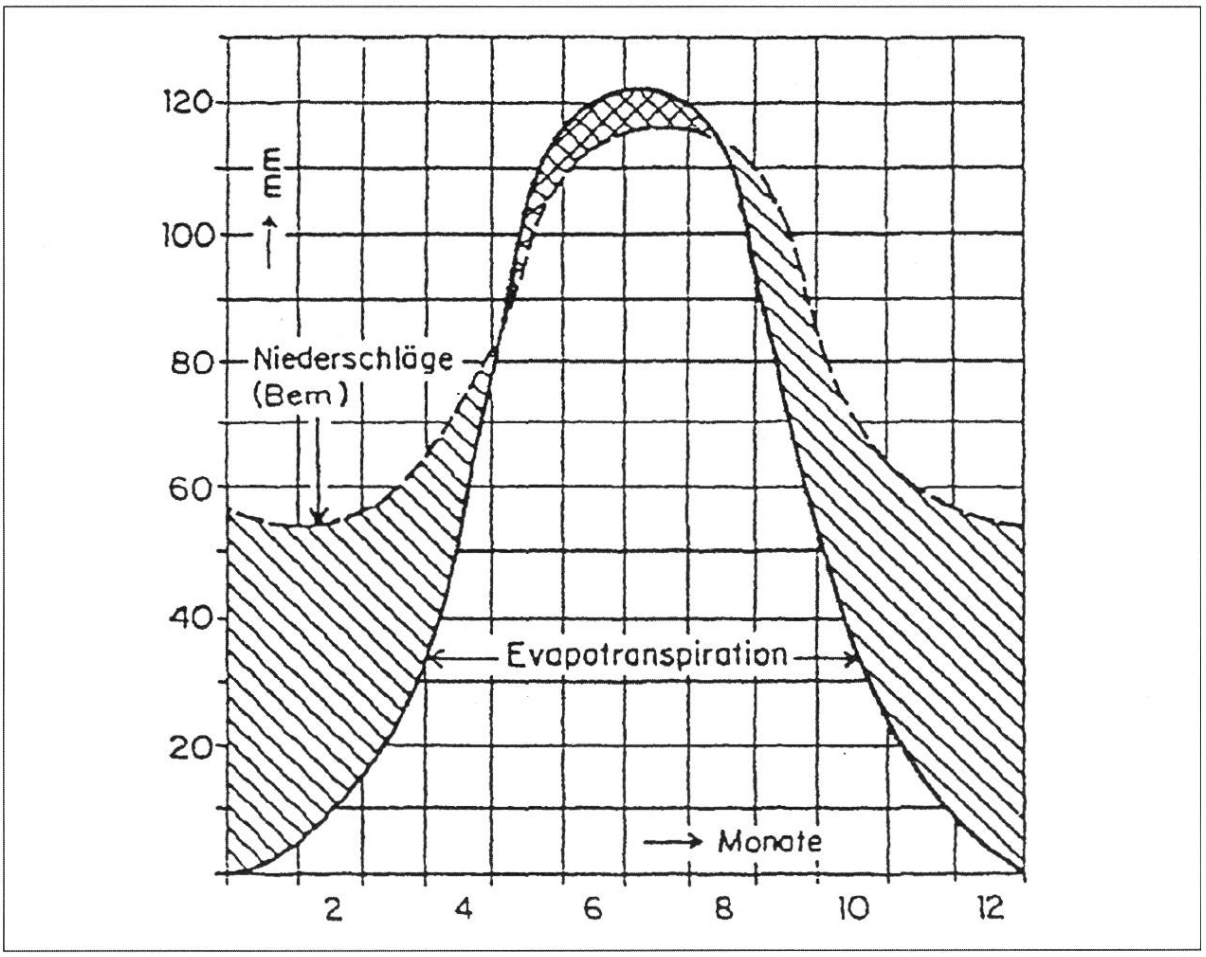


Abbildung 1: Niederschlags- und Evapotranspirationsdiagramme von Bern, langjähriges Mittel schematisiert. (Quelle: Vorlesungsstoff E.U. Trüeb, S. 8)

1.3 Gewinnung von Grundwasser

Quellen lassen sich in quantitativer Hinsicht mit einer sogenannten Schwankungsziffer beurteilen (Tabelle 2). Dies ist vor allem dann von Bedeutung, wenn die Quelle zur Wasserversorgung genutzt werden soll. Die Schwankungsziffer ist der Quotient aus der grössten und der kleinsten Quellschüttung (gemessen z.B. in Liter pro Minute) einer längeren Periode (am besten mehrere Jahre).

Quellbezeichnung	Schwankungsziffer Qmax/Qmin
Ausgezeichnete Quelle	1...3
Gute Quelle	3...5
Minder gute Quelle	5....10
Mässige Quelle	10...20
Schlechte Quelle	20...100
Sehr schlechte Quelle	> 100
Bei Quellen, die durch unterirdische Wasserläufe gespeist werden (Karstquellen)	> 1000

Tabelle 2: Beurteilung von Quellen nach ihrer Schwankungsziffer

1.4 Geologische Verhältnisse

Blick vom Hagenturm in Richtung Südosten über das Einzugsgebiet der Merishauser Quellen

Die Randenhügel rund um Merishausen bestehen aus Kalkablagerungen, die zur Jurazeit vor rund 155–135 Mio. Jahren entstanden sind. Dabei handelt es sich um Kalkschichten aus dem sogenannten «Weissen Jura». Die Böden auf den Randenhochflächen werden gebildet durch die Gammastufe des Weissen Jura. Diese weiche, mergelige Schicht ist rund 20 m mächtig und liegt über der Schicht des Weiss-Jura Beta.
Der Weiss-Jura Beta, auch «Wohlgeschichtete Kalke» genannt, stellt die wichtigste Schicht für diese Arbeit dar. Diese bis zu 90 m mächtige Schicht bildet die Steilhänge der Randenhügel, die Merishausen umringen. Sie ist somit jene Schicht, die das Niederschlagswasser durchsickern muss, wenn es von den Einzugsgebieten auf den Randenhochflächen zu den Quellen am Hangfuss gelangt. Die Stufe der wohlgeschichteten Kalke besteht aus einzelnen Kalkbänken von 1 bis 3 dm Dicke. Diese Kalkbänke sind sehr stark zerklüftet, d.h. schon im Schichtverband sind die Bänke durch Risse und Spalten in Bruchstücke aufgeteilt. Deshalb kann das Niederschlagswasser sehr rasch durchsickern, und die Gesteine weisen somit keine grosse Speicherwirkung auf.
Unter den wohlgeschichteten Kalken liegt die Schicht der «Impressatone». Diese weichere, mergelige Schicht ist weniger wasserdurchlässig. In der Folge bildet sich an der Schichtgrenze der beiden Schichten ein Quellhorizont aus, welchem die hier untersuchten Quellen entspringen.

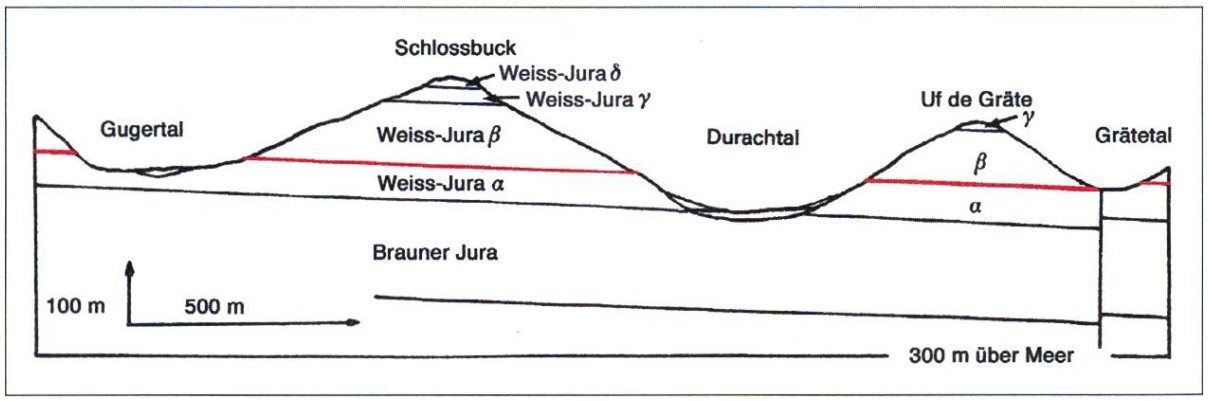


Abbildung 2: Querschnitt vom Gugertal durch den Schlossbuck (Tüele) bis ins Grätental. Sichtbar sind die geologischen Schichten, aus denen der Randen aufgebaut ist, insbesondere die Schichtgrenze (rot) zwischen Weiss-Jura Alpha (Impressatone) und Weiss-Jura Beta (Wohlgeschichtete Kalke), die den Quellhorizont der Merishauser Quellen bildet. (Quelle: Hofmann Hübscher, S.44)

2 Resultate

2.1 Einzelbetrachtung der Quellen

2.1.1 Beispiel Maasterszofen

Obwohl die Maasterszofen nicht die höchste Schwankungsziffer aufweist, hat sie über kurze Zeitabschnitte am heftigsten auf Regen reagiert (im April und Mai). Ihre «normale» Quellschüttung ist etwa vergleichbar mit jener der Luussen, aber bei einem Niederschlagsereignis im Frühjahr reagiert die Maasterszofen um ein Vielfaches heftiger als die Luussen. Sie steigt innert kurzer Zeit extrem an und fällt nach dem Peak ziemlich rasch wieder zusammen. Die Maasterszofen hält den Rekord für die grösste Quellschüttung sowie für den grössten positiven und negativen Sprung innerhalb von drei Tagen. In der Grafik (Abbildung 3) schön erkennbar: Kleine Reaktion auf Niederschläge in der ersten Julihälfte und relativ deutlicher Anstieg am 25. August aufgrund zurückgehender Evapotranspiration.

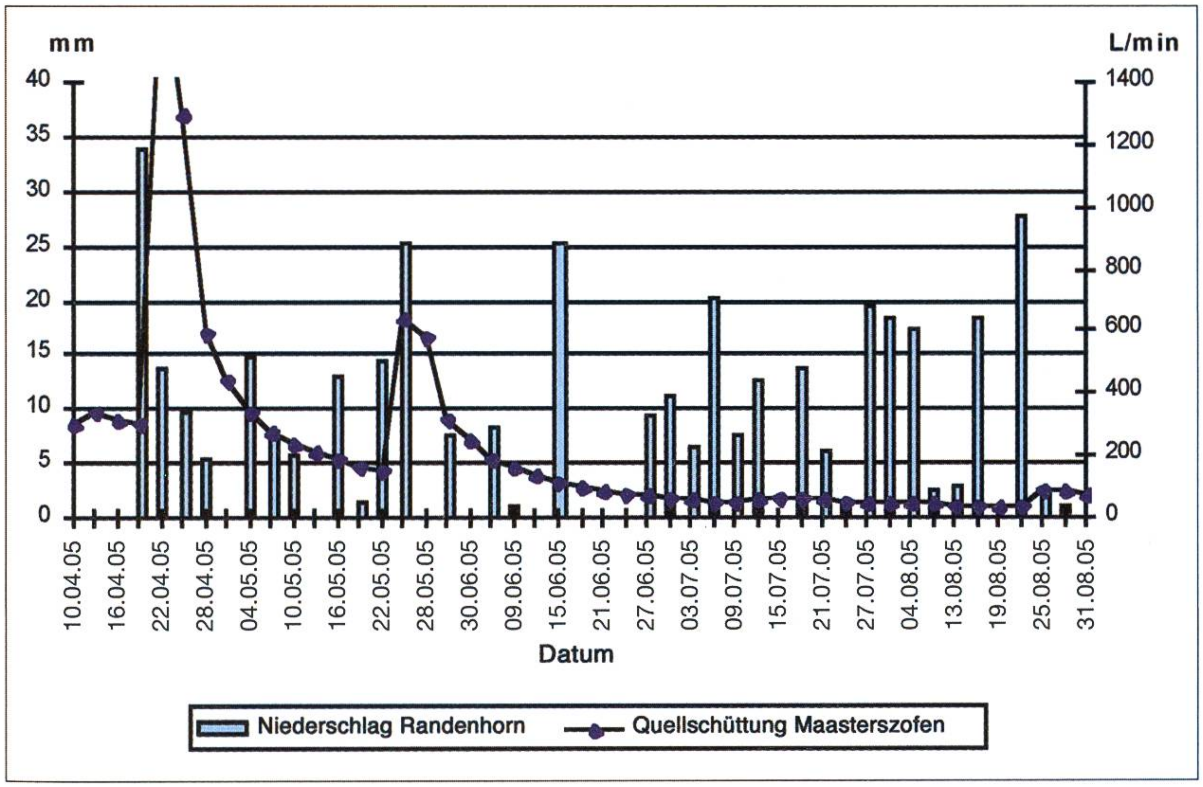
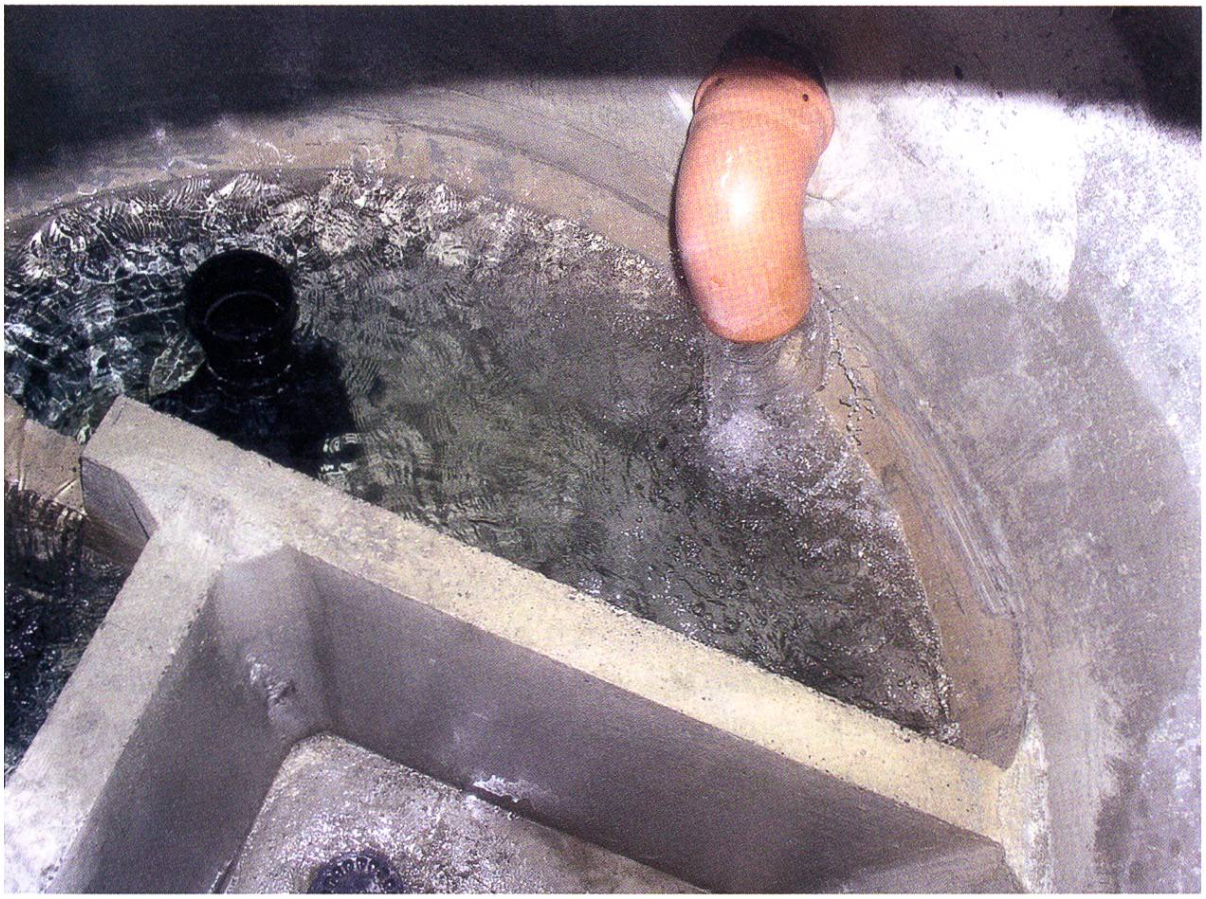


Abbildung 3: Quellschüttung Maasterszofen
Hinweis: Die Quellschüttung am 22.04.05 war nicht mehr messbar (Schacht überflutet). Damit in der Grafik für dieses Datum aber nicht null erscheint, wurde mit dem Wert 1800 Liter pro Minute gerechnet.



Blick in die Brunnenstube Maasterszofen

2.1.2 Beispiel Guger 5

Die Quelle Guger 5 hält gleich zwei negative Rekorde. Zum einen hat sie mit 387 eine für eine Trinkwasserquelle extrem hohe Schwankungsziffer und zum anderen hatte sie im Sommer eine so kleine Minimalschüttung, dass sie mit einem Litermass gemessen werden musste. Ihre maximale Schüttung ist dennoch grösser als jene von Guger 6, der Quelle, die unmittelbar neben Guger 5 gefasst ist.

Weshalb Guger 5 im Sommer derart extrem eingebrochen war, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen. Es ist möglich, dass die Ursache mit den geologischen Verhältnissen (Gesteine, Klüften, Spalten) zusammenhängt und die Quelle sozusagen leer gelaufen ist. Mit andern Worten: Der Quelle stand aufgrund der schlechten Speicherwirkung des Untergrundes im Sommer fast kein Wasser mehr zur Verfügung. Gleiches gilt für Guger 6, die praktisch am gleichen Ort gefasst ist und ebenfalls eine äusserst ge-

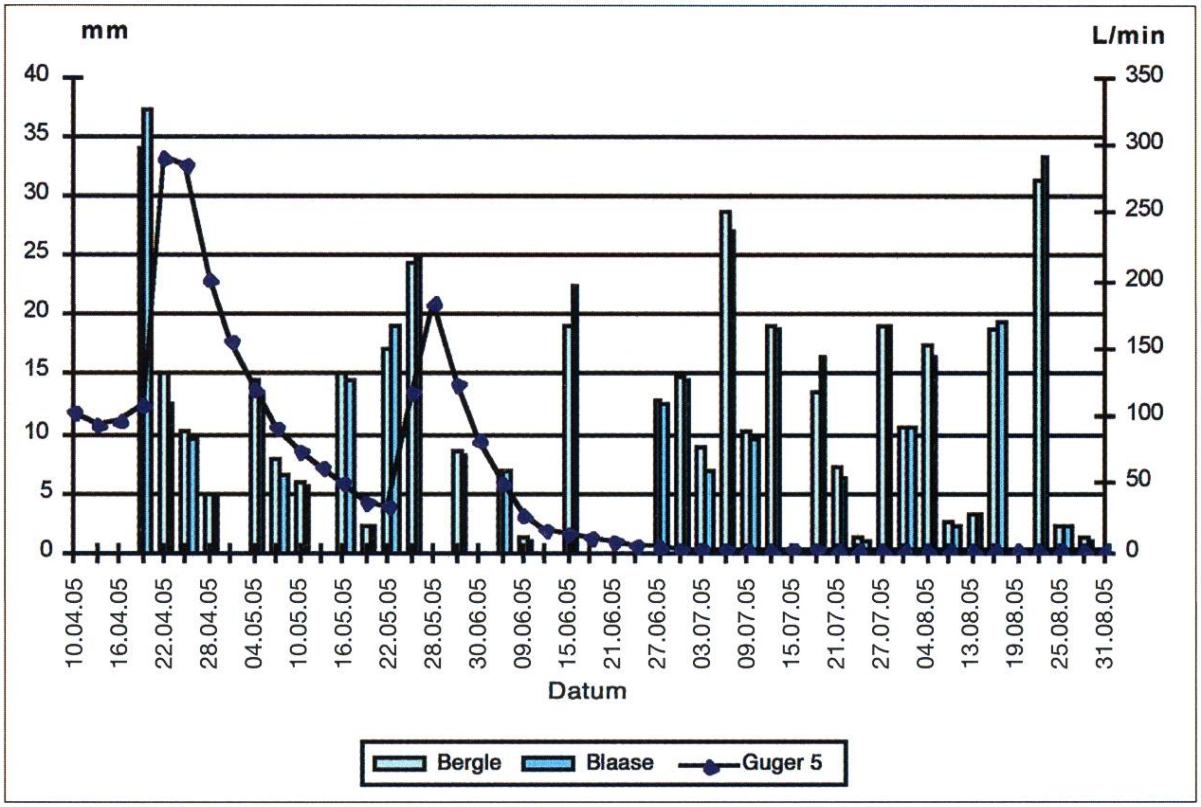


Abbildung 4: Quellschüttung von Guger 5

ringe Minimalschüttung aufwies. Alle andern Quellen sind jedoch durch das gleiche Wirtsgestein beeinflusst und waren trotzdem nicht «leer gelaufen».

Eine weitere Möglichkeit wäre, dass sich das Grundwasser nach dem Bau der Fassung einen anderen Weg im Boden gesucht hat und die Fassung jetzt sozusagen umgeht. Grund dafür könnte ein Rückstau des Grundwassers sein, der nach dem Bau der Fassung entstanden ist. Beim Erstellen der Fassung wurde ein Betonstauriegel eingebaut. Gegen diese These spricht jedoch, dass im Frühling recht hohe Quellschüttungen beobachtet wurden.

2.2 Auswirkung der Evapotranspiration

Beim Betrachten der verschiedenen Quellschüttungskurven stellt man fest, dass sämtliche Quellen in den ersten beiden Monaten viel grössere Schwankungen aufweisen als in den drei darauffolgenden. Bei sämtlichen Quellen lassen sich zwei äusserst markante Peaks erkennen, und zwar am 22. April und am 25. bzw. 28. Mai. Beide Peaks liegen in der ersten Hälfte der Messperiode. In der zweiten Hälfte haben die Quellen auf Regeninput fast überhaupt nicht mehr reagiert. Obwohl die Niederschläge

während der Beobachtungsperiode relativ ausgeglichen fielen, nahmen alle Quellschüttungen nach dem 25. bzw. 28. Mai bis Ende August fast kontinuierlich ab. Diese Tatsache belegt sehr deutlich die Wirkung der Evapotranspiration.
Diese Zusammenhänge sollen anhand des Schüttungsverlaufs der Quelle Maasterszofen beispielhaft diskutiert werden (vgl. Abbildung 3). Aufgrund dieser Kurve kann man die Wirkung der Evapotranspiration am besten erkennen, alle anderen Quellen weisen aber in qualitativer Hinsicht gleiche Kurven auf.
Wie die Grafik vermuten lässt, war die zweite Hälfte der Messperiode minim niederschlagsreicher als die erste. Die Summe der Niederschläge vom 10. April bis zum 21. Juni betrug rund 190 mm, die Summe vom 21. Juni bis 31. August rund 200 mm. Insgesamt war die Niederschlagsverteilung aber recht ausgeglichen. Die Daten der SMA für Merishausen zeigen, dass die Monate April und Mai, gemessen am langjährigen Mittel, eher zu nass und die Monate Juni bis August eher zu trocken ausfielen. Absolut stellte aber auch die SMA für die zweite Hälfte der Messperiode etwas mehr Regen fest.
Aufgrund der Niederschlagsverhältnisse ist die Abnahme der Quellschüttung als beträchtlich zu bezeichnen. Während in der ersten Hälfte der Messperiode kein einziger Wert unter 80 l/Min. lag, so findet man in der zweiten Hälfte keinen einzigen Wert darüber. Zusätzlich reagierte die Quelle auch wesentlich träger gegenüber Niederschlägen. So jagte ein Regeninput von rund 48 mm innerhalb einer Woche (bei zuvor relativ trockenen Verhältnissen) die Quellschüttung am 22. April ins «Unmessbare». Dagegen konnten rund 56 mm Niederschlag innerhalb von 11 Tagen am 4. August nicht einmal den Abwärtstrend der Quellschüttung stoppen.
Der Rückgang der Quellschüttung wurde am 25. August erstmals nach drei Monaten (seit 25. Mai) wieder deutlich unterbrochen, und zwar von der relativ kleinen Regenmenge von rund 49 mm innerhalb von 12 Tagen. Analog Abbildung 1 bedeutet dies, dass die Evapotranspiration Ende August langsam im Sinken begriffen war.

2.3 Vergleich der Erträge

Da die absoluten Beträge der Quellschüttungen sehr unterschiedlich sind, macht es wenig Sinn, die absoluten Quellschüttungen in einer Grafik miteinander zu vergleichen. Interessanter ist der Vergleich des relativen Beitrags am Gesamtertrag. Zu diesem Zweck wurde für jeden Monat der ge-

samte Ertrag aller Quellen zusammen errechnet und dann wurden die Prozentanteile der einzelnen Quellen am Monatsertrag dargestellt (Abbildung 5).

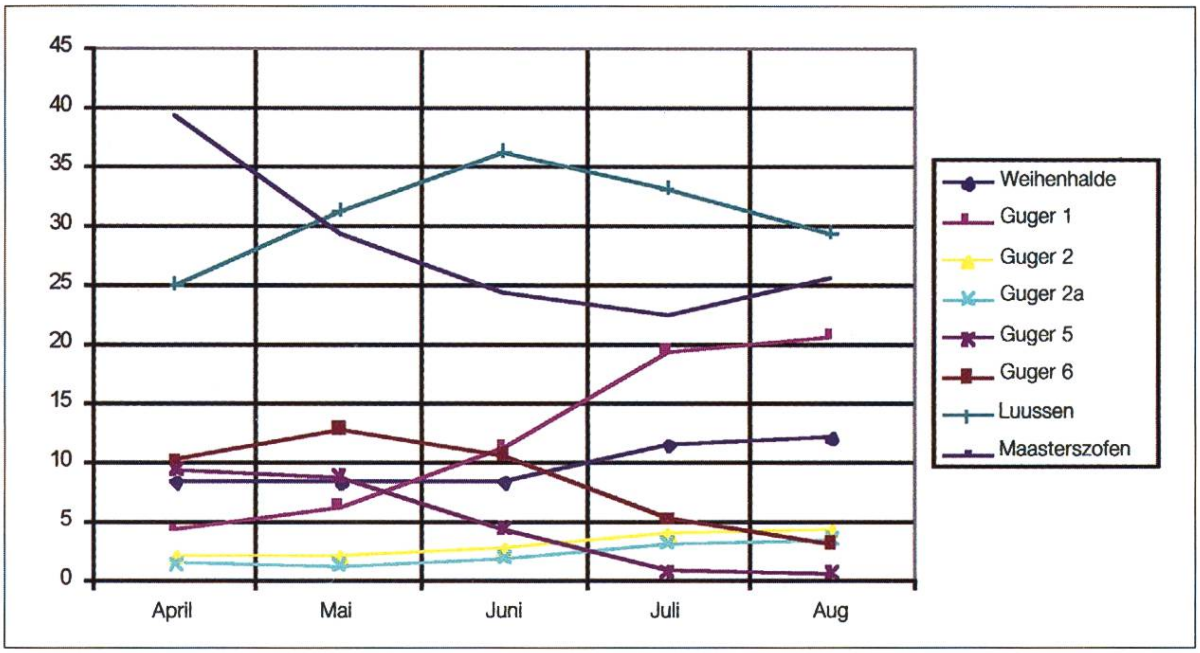


Abbildung 5: Prozentuale Anteile an den Monatserträgen: Die Grafik zeigt für jeden Monat den prozentualen Anteil jeder Quelle am jeweiligen Monatsgesamtertrag.

Aufgrund Abbildung 5 lässt sich die Bedeutung der einzelnen Quellen für die Wasserversorgung ablesen. Die Quellen Maasterszofen und Luussen lieferten über die gesamte Messperiode den grössten Beitrag. Der Anteil der Maasterszofen von fast 40 % im ersten Monat dürfte mit der aussergewöhnlich hohen Maximalschüttung zusammenhängen (nicht mehr messbar, aber überall mit 1800 l/Min. gerechnet), welche durch die gewählte Approximationsmethode etwas überbewertet ist. Das Gesamtbild dürfte tendenziell dennoch stimmen.
Bereits im Mai lieferte die etwas trägere Luussen den grössten Beitrag, obwohl die Maasterszofen beim zweiten Peak noch immer die höchste Schüttung aufwies. Diese Quelle fiel jedoch Ende Mai schneller zusammen als die Luussen, welche generell drei Tage später reagierte. Über den gesamten Mai aufsummiert, lieferte die Maasterszofen daher weniger Wasser. Im Juni fiel die Maasterszofen erneut schneller und mehr zusammen als die Luussen, und im Juli und August schüttete die Luussen durchgehend mehr als die Maasterszofen.
Im Weiteren zeigt Abbildung 5 die kleine Schwankungsziffer von Guger 1. Die Wasserschüttung dieser Quelle bewegte sich während der gesamten

Messperiode zwischen 86 und 38 l/Min. Durch das Zusammenfallen der anderen Quellen im Verlauf des Frühlings und Sommers erhöhte sich der relative Beitrag von Guger 1, und sie wurde Ende August zum drittwichtigsten Wasserlieferanten. Hingegen nahm der relative Anteil der Quellen Guger 5 und 6 mit ihren hohen Schwankungsziffern im Verlauf der Beobachtungsperiode wesentlich ab.
Eher unauffällig verhielten sich die Quellen Weienhalde sowie Guger 2 und 2a. Ihr relativer Beitrag nahm wegen ihrer durchschnittlichen Schwankungsziffer etwas zu und überstieg im August sogar denjenigen der Quellen Guger 5 und 6.
Trinkwasserquellen werden neben der Schwankungsziffer sinnvollerweise auch daran gemessen, wie sie sich in trockenen Zeiten bewähren. Im Frühjahr, wenn alle Quellen viel schütten, wird das meiste Wasser nicht gebraucht. Unter diesem Aspekt kann man sagen, dass die vier wichtigsten Quellen die Luussen, die Maasterszofen, Guger 1 und die Weienhalde sind. Sie haben im August zusammen rund 87% des Quellertrages ausgemacht.

3 Literatur

GOUDIE, A. (2002): Physische Geographie. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin.

GROMBACH, P., K. HABERER, G. MERKL & E.U. TRÜEB (1993): Handbuch der Wasserversorgungstechnik. R. Oldenbourg-Verlag, München/Wien.

HOFMANN, F., & H. HÜBSCHER (1977); Geologieführer der Region Schaffhausen.

TRÜEB, E.U.: Wassergewinnung. Vorlesungsstoff für die Brunnenmeisterausbildung.

WILHELM, F. (1976): Hydrologie/Glaziologie; Westermann Verlag, Braunschweig.

GROMBACH, P., K. HABERER, G. MERKL & E.U. TRÜEB (1993): Handbuch der Wasserversorgungstechnik. R. Oldenbourg-Verlag, München/Wien.

Adresse des Autors:
Pascal Leu
Hauptstrasse 80
8232 Merishausen
haplm@bluewin.ch