

## Hydrologische Untersuchungen im Otterbachtal

### östlich von Bamberg

Donald Kocina

#### 1. Einleitung

Im Rahmen einer physisch-geographischen Diplomarbeit über "Abfluß, variable und nichtvariable Gebietsfaktoren in einem kleinen Einzugsgebiet am Rande der Fränkischen Alb östlich von Bamberg" (Kocina 1987) wurden im Einzugsgebiet des Otterbaches um und oberhalb Melkendorf, Kreis Bamberg, die Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß sowie darüber hinaus die Einflüsse weiterer Gebietsfaktoren auf Abfluß und Wasserhaushalt untersucht. Zu diesen Gebietsfaktoren zählen die geologischen Verhältnisse, das Relief, die Böden, die Vegetation, die Verdunstung und die anthropogenen Veränderungen. Eine weitere Anregung zu dieser Arbeit bot die Frage nach dem Einfluß des verkarsteten Gebietsanteils auf das Abflußverhalten und den Wasserhaushalt, insofern als das Einzugsgebiet des Otterbaches im orographischen und geologischen Grenzbereich zwischen der verkarsteten Frankenalb und dem von Sand-, Ton- und Schluffsteinen unterlagerten Albvorland liegt.

#### 2. Das Untersuchungsgebiet

Der Otterbach greift mit seinem obsequenten, E-W-gerichteten Tal in den Westrand der nördlichen Frankenalb östlich von Bamberg ein. Abb. 1 zeigt die topographische Lage und orographischen Merkmale des Einzugsgebietes sowie die Position der Meßeinrichtungen. Bis zur untersten Abflußmeßstelle D hat der Otterbach ein oberirdisches Einzugsgebiet  $F_{N(D)}$  von  $5,93 \text{ km}^2$  bei einem mittleren Gefälle von  $4,2 \%$ . Die wichtig-

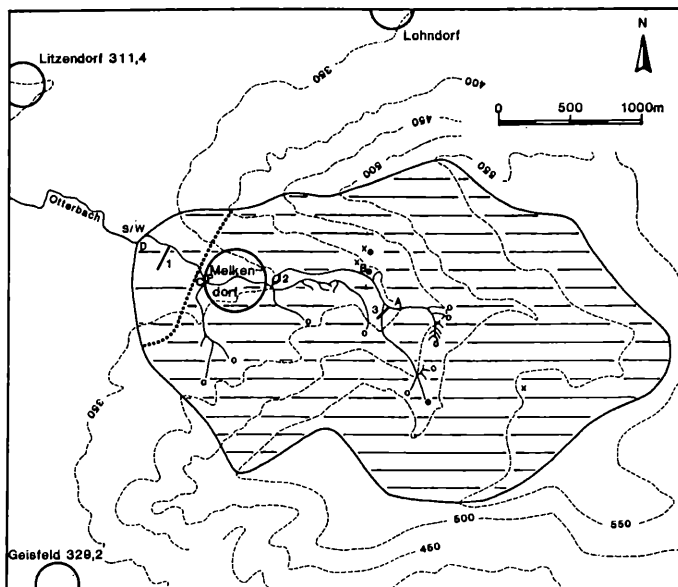


Abb.1: Lage und Ausstattung des Untersuchungsgebietes

———	Einzugsgebiet oberhalb Meßstelle D = " $F_{N(D)}$ "
———	Einzugsgebiet oberhalb Meßstelle C = " $F_{N(C)}$ "
o	Quelle
●	gefaßte Quelle
1 - 3	Profile 1 - 3, vgl. Abb. 6

	Meßzeitraum
A	Abflußmeßstelle A 4.4. - 1.8.1986
B	Abflußmeßstelle B 26.11.1985 - 26.11.1986
C	Abflußmeßstelle C 1.3. - 1.8.1986
D	Abflußmeßstelle D 26.11.1985 - 26.11.1986
P	Pegelschreiber 2.4. - 2.10.1986
S/W	Niederschlagschreiber 3.4. - 2.8.1986
	Verdunstungswaage 1.5. - 1.8.1986
	Totalisator 30.4. - 2.8.1986
	bzw. am Geisberg 26.11.1985 - 26.11.1986

sten Messungen und Berechnungen beziehen sich auf das Einzugsgebiet oberhalb der Meßstelle C F<sub>N(C)</sub>, dem Standort des Pegelschreibers, mit 5,55 km<sup>2</sup>. Der Otterbach fließt überwiegend in einem künstlich angelegten Bachbett, das nicht in der Tiefenlinie des Tales verläuft. Nach Verlassen des Untersuchungsgebietes mündet der Bach nach ca. 2,5 km bei Naisa in den Ellernbach, der schließlich als Gründleinsbach bei Hallstadt in den Main entwässert.

Die klimatischen Verhältnisse des Gebietes können nach Klimaatlas Bayern (1952), Kern (1954), und Keller (1979) grob charakterisiert werden:

mittlere Lufttemperatur	im Jahr	7	8°C
	Januar	-1	- 2°C
	Juli	16	17°C
	Mai - Juli	14	15°C
mittlere Jahresschwankung der Lufttemp.		18	18,5°C
mittlere Niederschlagssummen	im Jahr	750	850 mm
	Januar	60	70 mm
	Juli	90	100 mm
	Mai - Juli	240	260 mm
mittlere Verdunstung	im Jahr	450	500 mm
mittlere Abflußhöhe	im Jahr	200	350 mm
mittlerer Anteil des Schnees am Niederschlag			ca. 15 %

Die lokalklimatische Differenzierung wurde von Liebricht (1987) untersucht.

Das Einzugsgebiet ist oberhalb der Abflußmeßstelle D zu 78 %, oberhalb C zu 82 % bewaldet, wobei die Buche vorherrscht und nur auf den sandigen Böden des Albanstiegs in stärkerem Maße Nadelholzforsten stehen. Der Wald bedeckt im wesentlichen die Hochfläche der Alb sowie die Hänge meist oberhalb der 400-m-Isohypse. Die tiefer gelegenen Teile des

Einzugsgebietes werden bevorzugt als Grünland, in geringerem Maße auch als Ackerland genutzt.

Die geologischen Grundlagen des Einzugsgebietes und ihre hydrogeologischen Auswirkungen sind in Abb. 2 zusammengestellt. Hervorzuheben ist der Wechsel von wasserstauenden und grundwasserleitenden Schichtfolgen, wobei die Grundwasserleiter aus verwitterungsresistenten Kalk- und Sandsteinen bestehen und im Relief durch Steilanstiege gekennzeichnet sind. Die Tonsteine des oberen Dogger bilden sowohl die Grundwasserdeckschicht für das Grundwasser im Doggersandstein als auch die Grundwassersohlschicht für das Karstwasser im oberen Grundwasserstockwerk. Dieses liegt in den Kalcken des Malm, die mit der Hochfläche und dem oberen Teil des Albanstiegs den verkarsteten Gebietsanteil bilden.

Im Untersuchungsgebiet handelt es sich um "seichten Karst", definiert dadurch, daß die Grundwassersohlschicht, hier der Ornatenton, höher liegt als der Vorfluter; im Gegensatz zum "tiefen Karst", dessen Grundwassersohlschicht tiefer liegt als der Vorfluter (Streit 1971; Zötl 1974).

Die mesozoischen Schichten des Untersuchungsgebietes fallen mit ca. 1° nach E bis ENE in die Frankenalbmulde ein (Antoniadis et al. 1972), ein wichtiger Aspekt für die unterirdische Wasserscheide.

Besondere Beachtung verdient der Quelltuff (Kalktuff), der an Quellen an der Dogger/Malm-Grenze und an tiefergelegenen Quellen sowie im Talboden auftritt. Die Kalktuff-Vorkommen im Quellgebiet des Otterbaches haben eine weite horizontale Ausdehnung und bewirkten die Bildung eines Quellkegels. Der Kalktuff ist im oberen Talbereich hart und undurchlässig, im unteren weicher und durchlässiger, was für den Wasserhaushalt des Gebietes wichtig ist. Die Kalktuff-Vorkommen der Abb. 2 müssen als Mindestanteil betrachtet werden, da sie

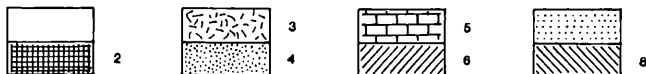
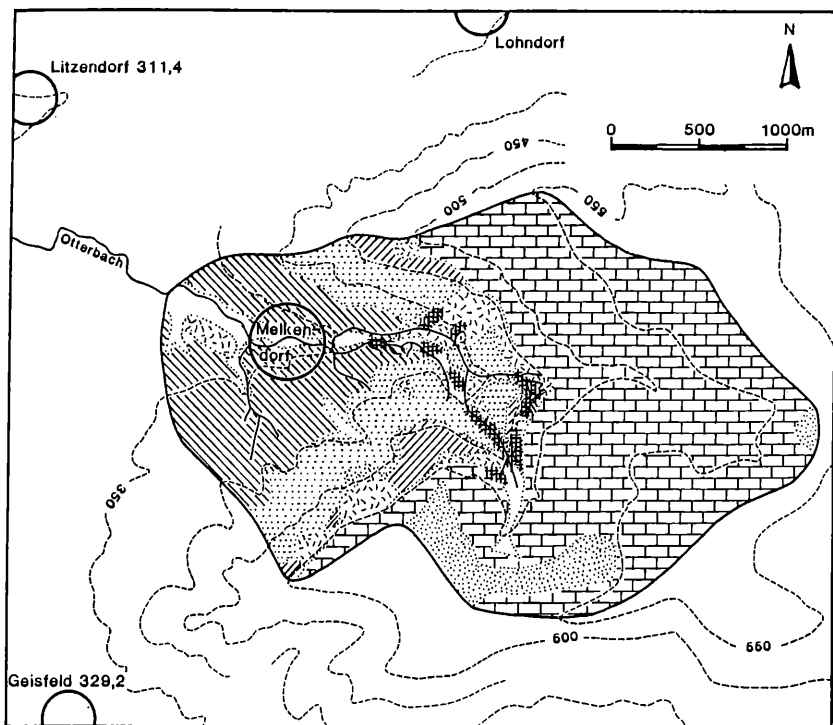


Abb.2: Geologische Übersichtskarte des Otterbach-Einzugsgebietes

	Stratigraphische Stellung	Petrographische Merkmale	Flächenanteile an $F(ND) / F(NC)$	Hydrologische Merkmale
1	Talfüllung, Holozän	Kalk- und Sandsteinschotter in sandig-toniger Matrix	3% / 2%	hohe Infiltration und Leitfähigkeit
2	Quelltuff, Holozän	meist poröser, toniger Kalk	2% / 2%	unterschiedlich
3	Schutt/Schuttkegel, Pleistozän und Holozän	Kalk- und Sandsteinschutt in toniger oder sandiger Matrix	6% / 6%	unterschiedlich, meist geringe Leitfähigkeit
4	Alblehm/Lößlehm, Pleistozän	vorwiegend feinsandiger Schluff und Ton	5% / 5%	hohe Wasserkapazität, geringe Leitfähigkeit
5	Malm, Oberer Jura	vorwiegend Kalkstein und Dolomit	51% / 54%	oberer Grundwasser-Karstwasserleiter
6	oberer Dogger, Mittlerer Jura	vorwiegend Ton, z.B. "Ornatenton"	3% / 3%	obere Grundwasser-/Karstwasserschicht
7	Dogger $\beta$ , Mittlerer Jura	vorwiegend Sandstein, "Eisensandstein"	13% / 14%	unterer Grundwasserleiter
8	Dogger $\alpha$ , Mittlerer Jura	Ton, "Opalinuston"	17% / 14%	untere Grundwasserschicht

nach Antoniadis et al. (1972) bei Melkendorf teilweise von Schutt überdeckt und in ihrer Gesamtausdehnung nicht festlegbar sind.

Neben den Jura-Schichten und dem Quelltuff spielt die Talfüllung aus vorwiegend sandig-tonigem Einbettungsmaterial sowie Doggersandstein- und Malm-Schottern eine wichtige Rolle. Zusammensetzung und Mächtigkeit der Talfüllung wurden durch Sondierungen untersucht (Abb. 6). Daneben weist das Einzugsgebiet noch größere Areale mit Schuttdecken auf, deren Differenzierung nach Herkunft bzw. petrographischer Zusammensetzung nicht dargestellt wurde, sowie Areale mit Alblehm/Lößlehm-Decken auf der Albhochfläche.

Die in den Verwitterungs- und Wanderschuttdecken über den anstehenden Gesteinen entwickelten Böden sind vor allem durch ihre Wasserkapazität und Sickergeschwindigkeiten im Rahmen hydrologischer Untersuchungen wichtig. Hier stehen sich die flachgründigen, steinigen Rendzinen der Albhochfläche und der kalkreichen Hangschuttdecken sowie die mehr oder minder podsolierten Braunerden der sandigen Substrate über dem Eisensandstein mit hoher Perkolation und geringer Wasserkapazität einerseits, die Parabraunerden und Braunerden auf Alblehm, Lößlehm und auf den sandig-tonigen Schuttdecken der Tieflagen andererseits gegenüber. Als Sonderstandorte sind Pelosole und Pseudogleye über oberflächennah anstehenden Tonsteinen, z.B. des Ornatentons, sowie Anmoorgleye, Kalkgleye und Rendzinen über Kalktuff-Vorkommen zu erwähnen.

Die Ermittlung der Neigungsverhältnisse, die den Oberflächenabfluß erheblich beeinflussen können, ergab eine Dominanz der Neigungswinkelklassen 4 - 7° und 7 - 15° mit je mehr als einem Drittel der Fläche des Untersuchungsgebietes.

### 3. Die Geländearbeiten

Abflußmengen wurden mit einem Meßflügelgerät Type C 2 "10.150" und einem Zählgerät (Z210) der Fa. Ott, Kempten, an 4 ausgewählten Stellen über unterschiedlich lange Zeiträume wöchentlich durchgeführt (Abb. 1). An der Meßstelle C wurde ein Ott- Bandschreiber-Pegel R 20 (20.302) installiert, dessen Wasserstandsaufzeichnungen zusammen mit den Abflußmessungen an der Meßstelle C die wichtigste Datengruppe zur Berechnung des Abflusses darstellen.

Zur Messung der Niederschläge wurde außer mehreren Totalisatoren ein schreibender Regenmesser nach Hellmann im Gelände aufgebaut (Abb. 1). Zwei Totalisatoren bekamen ihre Plätze am S-exponierten Talhang auf einer Wiese bzw. in einem Buchenbestand, um die Interzeption zu ermitteln. Außerdem konnte über längerfristige Niederschlagsmessungen eines Totalisators des Lehrstuhls II f. Geographie der Universität Bamberg am Südrand des Untersuchungsgebietes auf dem Geisberg verfügt werden.

Verdunstungsmessungen wurden in der Nähe des Regenschreibers mit einer schreibenden Verdunstungswaage durchgeführt, mit der die Verdunstung einer freien Wasseroberfläche ermittelt wird.

Außer den klimatologischen und hydrologischen Messungen wurden Sondierungen mit Wackerhammer und Linnemanngestänge in drei Profilen über die Tiefenlinie des Tales vorgenommen (Abb. 1 u. 6). Sie sollten die Talfüllung über dem Opalinuston besonders in Hinblick auf ihre Durchlässigkeit für unterirdisch abfließendes Wasser erfassen. Daneben wurden Kartierungen der Geländebeschaffenheit vor Ort durchgeführt.

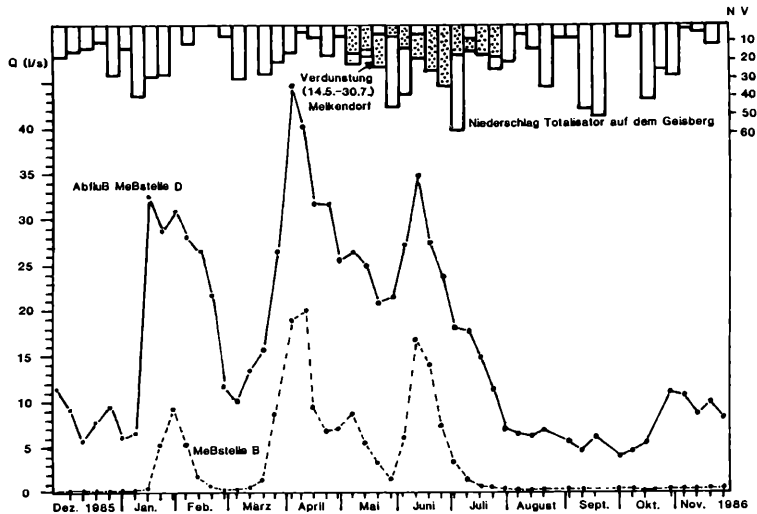


Abb.3: Wöchentliche Meßwerte November 1985 – November 1986



#### 4. Untersuchungsergebnisse

Der Niederschlag wurde im Untersuchungsgebiet an 4 Stellen punktuell erfaßt, wobei 3 Totalisatoren wöchentliche Sammelergebnisse lieferten, während mit dem Regenschreiber eine Aufzeichnung der Niederschlagsereignisse zwischen April und August 1986 erfolgte, die zusammen mit den Ergebnissen des Pegelschreibers eine zeitsynchrone Auswertung der Niederschlags- und Wasserstandsdaten ermöglichte. Die Totalisator-Messungen dienten der Abschätzung der Interzeption sowie am Geisberg - der Ermittlung des Jahresniederschlags für das hydrologische Jahr 1986 (November 1985 - November 1986) und der Abwandlung der Niederschläge mit zunehmender Höhe.

Die Niederschlagshöhe erreichte im engeren Untersuchungszeitraum von April bis August 1986 laut Niederschlagschreiber 267 mm verglichen mit den längerfristigen Mitteln (Klimaatlas Bayern 1952) ein unterdurchschnittlicher Wert:

	Niederschlagssummen des Regenmeßgerätes 1986	mittlere monatliche Niederschlagssummen	
April	44,1 mm	50	60 mm
Mai	76,3 mm	70	80 mm
Juni	51,0 mm	80	90 mm
Juli	87,9 mm	90	- 100 mm

Die potentielle Verdunstung erreichte in der Zeit vom 1.5. 1.8.1986 an der Verdunstungswaage 252 mm bei einer mittleren potentiellen Verdunstung von 2,7 mm/Tag an 77 von 93 Meßtagen und ein Maximum von 7,1 mm (Abb. 3 u. 4a).

Die für die weiteren Untersuchungen relevanten Ergebnisse der Abflußmessungen basieren auf Messungen der Fließgeschwindigkeiten an ausgewählten Gerinnequerschnitten, ihrer Umrechnung in Abflußwerte (nach Herrmann 1977) und der Korrelation mit den am Pegel aufgezeichneten Wasserständen.

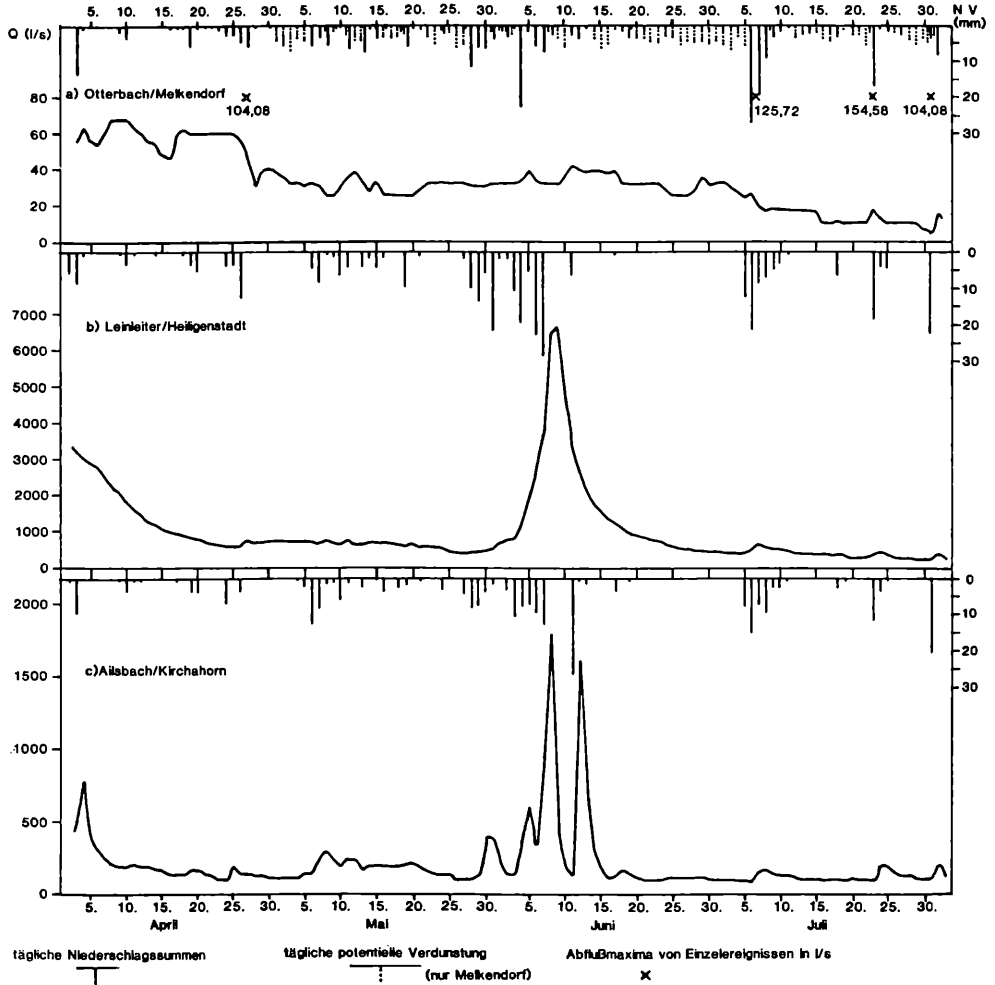


Abb.4: Ganglinien der Abflußtagesmittel und Niederschlagssummen vom 2.4.- 2.8.1986

Die an den Meßstellen B und D wöchentlich ermittelten Abflußwerte zeigt Abb. 3, wobei darauf hingewiesen sei, daß die Verbindungslinien der Meßwertpunkte keine gemessenen Abflußwerte enthalten. Abb. 3 macht deutlich, daß der Abflußgang an beiden Meßstellen sehr ähnlich ist. Die dazwischen liegende Siedlung und der Übergang vom engeren Talraum in das flachere Vorland haben keinen wesentlichen Einfluß. Die ermittelten Abflußwerte betragen

	Meßstelle B (Datum)	D (Datum)
Mittel	3,4 l/s	17,0 l/s
Maximum	19,9 l/s (9.4.)	44,7 l/s (4.4.)
Minimum	0,1 l/s (1.1. u. 15.10.)	3,9 l/s (1.10.)

Für eine detaillierte Untersuchung der Beziehungen zwischen Abfluß, Niederschlag und weiteren Faktoren ist insbesondere der Untersuchungszeitraum vom 3.4.-1.8. wichtig, während dessen alle Meßgeräte im Einsatz waren. In diesem Zeitraum zeigten die wöchentlichen Abflußmessungen an den 4 Meßstellen einen übereinstimmenden Abflußgang, wobei festzuhalten ist, daß zwischen den Meßstellen C und D ein Wasserverlust registriert wurde. Die Abflußhöhe betrug vom 3.4. bis 1.8.1986 62,7 mm, wovon im April 40 % und bis zum 14.5. 50 % die Pegelmeßstelle passierten.

Folgende Hauptwerte wurden ermittelt:

	Wasserstand	Abfluß	Abflußspende
Maximum	43,0 cm	184,4 l/s	33,1 l/s km <sup>2</sup>
Mittel	22,2 cm	33,3 l/s	6,0 l/s km <sup>2</sup>
Minimum	18,0 cm	3,1 l/s	0,6 l/s km <sup>2</sup>

Die Berechnung von arithmetischem Mittel, Median und Modalwert für die mittleren täglichen Wasserstände lassen annähernd eine Normalverteilung erkennen.

## 5. Interpretation

Abbildung 3 zeigt neben den wöchentlichen Meßwerten an den Meßstellen B und D die Wochensummen des Niederschlagssammlers auf dem Geisberg für das hydrologische Jahr 1986 und läßt damit eine direkte Beziehung zwischen Niederschlag und Abfluß erkennen. In den Monaten Januar, Februar und insbesondere März erhöht Schmelzwasser den Abfluß; im Juni und Juli zeigt sich der Einfluß der Verdunstung: Der durch zwei fast niederschlagsfreie und verdunstungsstarke Wochen zurückgehende Abfluß wird durch stärkere Niederschläge kaum beeinflusst. Die in Abb. 3 erkennbare Niederschlagsabhängigkeit des Otterbachs stützt die Ergebnisse von Streit (1971) und Antoniadis et al. (1972), nach denen viele Fließgewässer am Westrand der Fränkischen Alb niederschlagsabhängige Vorfluter im seichten Karst sind (vgl. demgegenüber S. 10).

Die detailliertere Darstellung für den engeren Untersuchungszeitraum in Abb. 4a läßt verschiedene Reaktionen in den Niederschlag-Abfluß-Beziehungen erkennen: Die Niederschlagsereignisse in der zweiten Julihälfte und Anfang August führen zu einer sofortigen Abflußreaktion, während andere Niederschlagsereignisse keine (z.B. 19.4.), andere dagegen eine etwa 3 Tage verzögerte Abflußreaktion bewirken (z.B. 3.-6.4., 26./27.-29./30.4. oder 9.-12.5.). Andererseits ist die Abflußerhöhung am 29.6. ohne Niederschlagseinfluß auffällig.

Einer allgemeinen Diskussion der Abflußganglinie des Otterbachs sei ein kurzer Überblick über die quantitativen Beziehungen zwischen einzelnen Niederschlags- und Abflußereignissen sowie ein Vergleich mit anderen Gerinnen der weiteren Umgebung zugrunde gelegt.

Für eine Reihe von Niederschlag-Abfluß-Ereignissen wurde der effektive, d.h. der in den Oberflächenabfluß gelangende Nie-

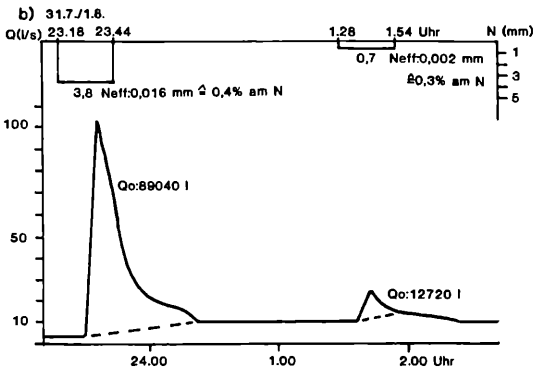
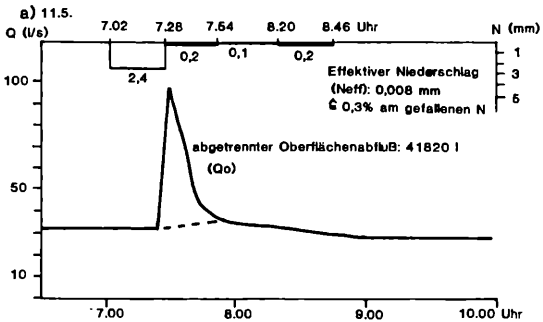


Abb.5: Niederschlagsereignisse und Abflußreaktionen

derschlag (Herrmann 1977) ermittelt. Die ausgewählten Fälle (Abb. 5a u. b) zeigen die mit Hilfe der Pegel- und Niederschlagsaufzeichnungen konstruierten Abflußganglinien bzw. -wellen und die auslösenden Niederschlagsereignisse. Durch Abflußganglinien-Separation, d.h. durch Aufteilung der Ganglinie in direkten Oberflächenabfluß und Basisabfluß (DVWK 1982; Deutsch. IHP/OHP-Nationalkomitee 1985) kann die Menge des Abflusses ermittelt werden, um die dieser sich aufgrund der Niederschläge erhöht hat. Dabei ergab sich im Mittel ein Effektivniederschlag von 0,3 % des jeweils gefallenem Niederschlags. Rund 99,5 % des Niederschlags sind demnach nicht oberflächlich in den Bach gelangt, sondern entweder zurückgehalten bzw. verbraucht, unterirdisch verzögert dem Abfluß zugeführt worden oder haben das Untersuchungsgebiet z.T. unterirdisch verlassen. Aus der Analyse der Niederschlag-Abfluß-Einzelereignisse läßt sich somit festhalten, daß die Oberflächenabfluß-Eigenschaften des Einzugsgebietes als gering einzustufen sind. Dabei muß allerdings der für eine solche Untersuchung ungünstige Standort des Pegelschreibers unterhalb der Siedlung berücksichtigt werden, da die Abflußwellen durch das dort verbreiterte und mit Stufen versehene Bachbett abgemildert werden. Insgesamt ergibt sich dennoch, daß eine nicht unerhebliche Menge des Niederschlages im Untersuchungsgebiet "verloren geht". Das zeigt sich auch in dem errechneten Abflußfaktor von 0,23, d.h. daß nur 23 % der im Untersuchungsgebiet gefallenem Niederschläge im Bach abgeflossen sind (62,7 mm von 267 mm).

Um den Einfluß des zum Karstsystem der Fränkischen Alb gehörenden Gebietsanteils und seinen Zusammenhang mit der weiteren verkarsteten Umgebung abschätzen zu können, wurden die Abflußtagesmittel-Ganglinien für die Leinleiter und den Ailsbach nach Daten des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, München, konstruiert und Niederschlagswerten (DWD, Nürnberg) gegenübergestellt (Abb. 4b u. c).

Die Leinleiter entspringt im tiefen Karst südöstlich des Untersuchungsgebietes in der Alb und entwässert bis zur Pegelstation Unterleinleiter ein oberirdisches Einzugsgebiet von  $92,39 \text{ km}^2$ . Der Ailsbach entwässert bis zur Pegelmeßstelle Hungenberg ein oberirdisches Einzugsgebiet von  $53,60 \text{ km}^2$ , entspringt östlich der Alb im Doggersandstein und fließt in das verkarstete Gebiet der Frankenalb hinein.

Die Ganglinie des Ailsbaches zeigt für den gesamten Untersuchungszeitraum eine hohe Niederschlagsabhängigkeit, (Abb. 4c), wie das für einen im Sandstein entspringenden Vorfluter zu erwarten ist. Auffällig sind die zwei hohen gegenüber dem jeweiligen Ausgangswert um das etwa 12-fache gestiegenen Abflußspitzen im Juni. Die Leinleiter-Ganglinie (Abb. 4b) kennzeichnet im April das Abklingen einer Abflußwelle, die auf das Aus- bzw. Überlaufen eines großen, zuvor durch Niederschläge und Schneeschmelze aufgefüllten Karstwasserkörpers zurückgehen dürfte. Im Juni zeigt sich eine weitere Abflußwelle, die vermutlich wiederum durch das von den hohen Niederschlägen Ende Mai und Anfang Juni bedingte Überlaufen des Karstwasserkörpers verursacht wird. Beide Abflußwellen lassen am absteigenden Ast keine Reaktionen auf Niederschläge erkennen. Die zwischen den genannten Abflußereignissen auftretenden kleinen Abflußschwankungen dürften eher auf den Zufluß niederschlagsabhängiger Vorfluter aus dem seichten Karst und auf abfließendes Oberflächenwasser zurückzuführen sein, als auf stärkere, niederschlagsabhängige Quellschüttungsschwankungen der Leinleiter selbst.

Einige Züge im Abflußgang des Otterbachs, aber auch des Ailsbachs werden erst durch den Vergleich der 3 Ganglinien verständlich (Abb. 4). So weisen die hohen mittleren Abflußwerte im April und der Mangel an Reaktionen auf Niederschlagsereignisse zu dieser Zeit darauf hin, daß - wie bei der Leinleiter ein großer Karstwasserkörper das Ab-

flußverhalten steuert. Zahlreiche Schuttquellen im Tal-kopfbereich des Otterbaches oberhalb der Dogger/Malm-Grenze, die später versiegten, deuten auf einen derartigen hohen Karstwasserspiegel zu dieser Zeit hin.

Die Abflußganglinien der drei Gerinne im Juni lassen weitere Einflüsse der Karsthydrologie vermuten. So dürfte die geringe Reaktion der Otterbach-Ganglinie auf die Niederschläge vom 28.5. bis 1.6. durch unterirdische Ableitung des Wassers aus dem verkarsteten Teil des Einzugsgebietes bedingt sein. Für diese Deutung spricht, daß die Karte der Karstwasserhöhengleichen von Streit (1971) ein Gefälle des Karstwasserspiegels vom Westrand der Alb zur Leinleiter angibt. Auf die Möglichkeit der Auffüllung des großen Karstwasserkörpers, der die Quellschüttung der Leinleiter steuert, deutet auch der Abfall der Leinleiter-Ganglinie ab 23.5. hin. Schließlich zeigt der Vergleich der Abb. 4a u. b, daß der Otterbach erst nach dem 3.6. wieder auf Niederschläge reagiert, zu einem Zeitpunkt, zu dem der starke Abflußanstieg der Leinleiter bereits begonnen hatte und dementsprechend der Karstwasserkörper wieder aufgefüllt sein mußte.

In der zweiten Junihälfte fällt am Otterbach die Konstanz der Ganglinie bei etwa 32 l/s vom 18.-23.6., der abrupte Abfall auf 24,7 l/s sowie der folgende Anstieg auf 34,8 l/s und der anschließende treppenförmige Abfall trotz weitgehenden Mangels an Niederschlägen während des gesamten Zeitraumes auf. Die Abflußwerte von rund 32 und 25 l/s treten im Verlauf der Otterbach-Ganglinie mehrfach als annähernd konstante Abflußperioden hervor. Veränderungen von und zu diesen Niveaus sind meist etwa zeitgleich mit Veränderungen der Leinleiter-Ganglinie, so daß der Schluß auf Speisung aus verschiedenen Stockwerken des kompliziert gebauten Karstwasserkörpers naheliegt. Die synchronen Reaktionen der Ganglinien auch ohne unmittelbaren Niederschlagseinfluß schließen lokale Faktoren in den einzelnen Einzugsgebieten oder Stö-



rungen im Bereich der jeweiligen Meßstellen als Ursachen der Ganglinien-Veränderungen weitgehend aus.

Zeitweilig dürfte auch der Ailsbach über seine Laufstrecke in der Alb durch derartige hydrologische Veränderungen im tiefen Karst beeinflußt werden, wie z.B. die Abflußspitzen in der ersten Junihälfte zeigen, die erst nach der von der Leinleiter-Ganglinie angezeigten Auffüllung des großen Karstwasserkörpers eintreten.

In der zweiten Julihälfte hat der Otterbach ein Abflußniveau von rund 10 l/s und reagiert nicht wie in der ersten Jahreshälfte mit etwa dreitägiger Verzögerung auf Niederschläge, sondern unmittelbar, d.h. wesentliche Merkmale karsthydrologischer Steuerung sind verschwunden. Gleichzeitig verliert der Otterbach im Oberlauf im Bereich der Meßstelle A viel Wasser ab Anfang August lag das Bachbett hier sogar teilweise trocken und auch der von S kommende Seitenbach versiegte auf dieser Höhe. Durch das Abschneiden des größten Teiles bzw. des gesamten aus dem Karst zugeführten Wassers gewinnt das aus dem Doggersandstein entspringende bzw. in den Bach gelangende Grundwasser dominanten Einfluß auf das Abflußverhalten. Dementsprechend ergibt sich eine weitgehende Übereinstimmung mit den Niederschlag-Abfluß-Reaktionen des Ailsbaches, der ebenfalls im Doggersandstein entspringt.

Die Betrachtung der gesamten Otterbach-Ganglinie zeigt, daß annähernd konstante Abflußniveaus bei 32, 25, 17 und 10 l/s über jeweils längere Perioden zu verschiedenen Zeiten eingehalten werden. Diese Abstufung geht offenbar auf eine Wasserversorgung aus verschiedenen karsthydrologischen Stockwerken bzw. aus dem nicht verkarsteten Grundwasserstockwerk zurück.

Der Einfluß weiterer Faktoren auf das Abflußverhalten des Otterbaches wurde am Beispiel des Absinkens der Ganglinie

während verdunstungsstarker Perioden bereits erläutert (vgl. auch Abb. 3 u. 4a). Wesentliche Bedeutung für den Wasserhaushalt hat weiterhin die Vegetation und ihre Differenzierung. So ergab sich aus den Totalisator-Messungen eine Interzeption im Buchenbestand von 37,3 % gegenüber dem Niederschlag im Offenland. Dieser Interzeptionswert ist zu reduzieren, da nach Eidmann (1959) ein mittlerer Anteil von 16,6 % des Niederschlags im Buchenwald als Stammabfluß rasch in den Boden geleitet wird. Dementsprechend verringert sich der o.g. Interzeptionsverlust auf rund 21 %, ein Anteil, der unter Berücksichtigung der Interzeptionswerte für andere Vegetationseinheiten und der geringeren Stammabflußraten anderer Baumarten, insbesondere der Fichten, wieder erhöht werden muß. Insgesamt spielt der Wald, vor allem der Buchenwald, angesichts seines Flächenanteils für das Abflußverhalten im Einzugsgebiet eine bedeutende Rolle und ist auch mitverantwortlich für die geringen Oberflächenabflußwerte bzw. den geringen Anteil der effektiven Niederschläge.

Neben der Interzeption wirkt die Vegetation vor allem während der Vegetationsperiode, d.h. während des engeren Meßzeitraumes, auf den Wasserhaushalt ein und beeinflusst den Abfluß negativ. Nach Ellenberg (1982) wird ein Anteil von rund 25 % der Niederschläge von der Transpiration beansprucht. Hohe Transpirationsleistungen schaffen nach Schwarz (1974) darüber hinaus bessere Versickerungsmöglichkeiten, da dem Boden Wasser entzogen und damit neuer Raum für die Versickerung von Niederschlägen bereitgestellt und entsprechend der Oberflächenabfluß verringert wird.

Insgesamt nimmt demnach die Vegetation etwa 25-30 % der Niederschläge über die Interzeption und weitere 25-30 % im Rahmen der Evapotranspiration in Anspruch.

Die Bedeutung der Böden für den Wasserhaushalt wurde bereits erwähnt, ist allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht quan-

titativ abzuschätzen. Insgesamt ist im Untersuchungsgebiet von relativ guten Versickerungsbedingungen auszugehen, insofern als die flach- bis mittelgründigen Rendzinen über klüftigem Kalkstein und Kalkschutt sowie die Braunerden der sandigen Substrate als gut durchlässig angesehen werden können. In den tonigen Böden, die schlechte Perkolationsmöglichkeiten aufweisen, sorgen besonders die Buchenwurzeln als Versickerungsbahnen für den Transport des Niederschlagswassers in den Untergrund. Böden und Vegetation relativieren damit den Einfluß der im engeren Talraum beachtlichen Neigungswinkel, die einen stärkeren Oberflächenabfluß erwarten lassen.

Einen wesentlichen Aspekt für den Wasserhaushalt des Otterbach-Einzugsgebietes bilden die Lockermaterialien, insbesondere der Talfüllung. Da der Otterbach so verlegt wurde, daß er zunächst nördlich oberhalb der Taltiefenlinie verläuft, im Ort dann ein gemauertes und verrohrtes Bachbett durchfließt und unterhalb von Melkendorf wiederum außerhalb der Tiefenlinie fließt, ist zu prüfen, wieweit Oberflächenwasser vom N-exponierten Talhang, Interflow und auch Grundwasser in die Tiefenlinie sickern und in der schutthaltigen Talfüllung unterirdisch über dem wasserstauenden Opalinuston das Einzugsgebiet als "unkontrollierter Grundwasserabfluß" (Wohlrab 1971) verlassen. Anhaltspunkte für die Beurteilung dieser Frage bieten die Sondierungsprofile (Abb. 6). Sie zeigen eine ausgeprägte Tiefenlinie im liegenden Opalinuston sowie hohe Anteile von Sand, Schotter/Schutt und Kalktuff in der vorwiegend sandig-tonigen Talfüllung, d.h. Verhältnisse, die den Grundwasserabfluß fördern. Die Durchlässigkeit der Talfüllung bewirkt weiterhin auch das Versickern des Bachwassers zwischen den Meßstellen C und D. Profil 3 und die Bohrung im Schuttkegel (Abb. 1 u. 6) machen das Versickern des Baches im Bereich der Meßstelle A in der ersten Märzhälfte sowie ab Anfang August verständlich. Der hohe Anteil von Sand und hier weichem und durchlässigem Kalktuff bietet gün-

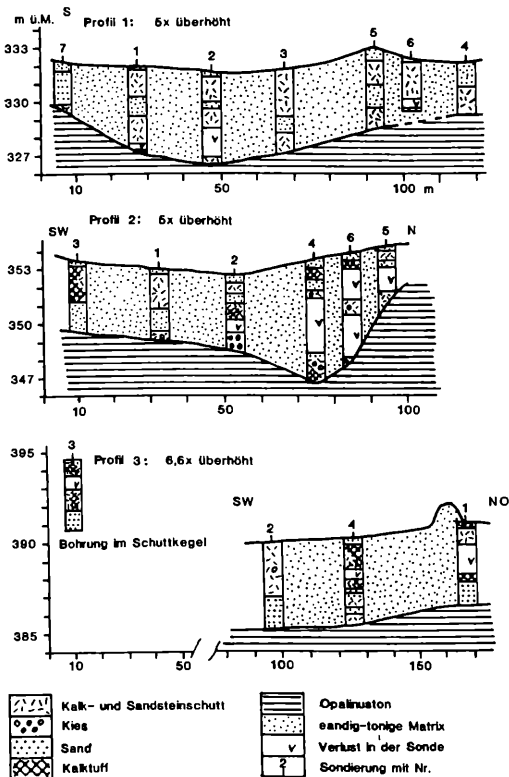


Abb.6: Sondierungsprofile in der Talfüllung

stige Bedingungen für die Ableitung des Bachwassers in die unterirdische Tiefenlinie.

Einen weiteren Faktor für den Verbrauch des Niederschlagswassers stellt die anthropogene Wasserentnahme an den gefaßten Quellen im Untersuchungsgebiet dar (Abb. 1). Eine überschlägige Berechnung der entnommenen Wassermenge nach den monatlichen Quellschüttungsmessungen der Gemeindeverwaltung Litzendorf ergab 60 Mio Liter, d.h. etwa 4 % des im Untersuchungszeitraum gefallenen Niederschlags.

Auf der Grundlage der erläuterten Berechnungen und Schätzungen kann folgende Wasserbilanzrechnung für den Untersuchungszeitraum aufgestellt werden: Von den 267 mm Niederschlag verließen 23 % das Untersuchungsgebiet als Abfluß im Bachbett, rund 55 % wurden über Interzeption und Evapotranspiration verbraucht und 4 % gingen als Nutzwasser verloren (das Abwasser der Siedlung wird erst unterhalb des engeren Untersuchungsgebietes über die Kläranlage wieder in den Bach eingeleitet). Damit können rund 82 % als verbrauchter und abgeflossener Niederschlagsanteil bestimmt werden. Die restlichen 18 % verteilen sich auf die folgenden Faktoren: Speicherkapazität des Bodens, unkontrollierbarer Wasserverlust durch zeitliche Veränderungen der unterirdischen Wasserscheide im verkarsteten Gebietsanteil und/oder Verlust durch die vom Untersuchungsgebiet weg einfallenden grundwasserleitenden Schichten sowie Verlust durch die Drainagewirkung der Talfüllung.

## 6. Zusammenfassung

Ein grober Überblick über das Abflußverhalten des Otterbachs bei Melkendorf am Westrand der nördlichen Frankenalb mit Hilfe von wöchentlichen Abflußmessungen während des hydrologischen Jahres 1986 in Verbindung mit den Wochensummen des Niederschlags stützt die Aussagen von Streit (1971) und An-

toniadis et al. (1972), daß Bäche am Westrand der Alb in ihrem Abflußverhalten vom seichten Karst bestimmt sind. Bei der genaueren Analyse der Niederschlag-Abfluß-Beziehungen des Otterbachs und besonders durch den Vergleich mit jenen der im tiefen Karst entspringenden Leinleiter und des im Doggersandstein entspringenden Ailsbaches konnte jedoch nachgewiesen werden, daß der Otterbach bis Mitte Juli eine Mischform zwischen einem vom seichten und vom tiefen Karst beeinflussten Vorfluter aufwies, wobei verschiedene karsthydrologische Stockwerke zur Geltung kamen. Ab Mitte Juli wurde das Abflußverhalten des Otterbaches nur vom Grundwasserzufluß aus dem Doggersandstein bestimmt. Verursacht wird dieser Wechsel des Einflusses der Grundwasserstockwerke von Malm und Dogger durch Absinken des Karstwasserniveaus und durch das Versiegen des Baches im Übergangsbereich von hartem undurchlässigem zu weichem durchlässigem Kalktuff, wobei die hier zunehmenden Anteile von Kalk- und Sandsteinschutt in der sandig-tonigen Talfüllung ebenfalls die Durchlässigkeit erhöhen. Als wesentlich muß auch die künstliche Verlegung des Bachbettes in eine Position oberhalb der Tiefenlinie des Tales angesehen werden, wodurch ein starker unterirdischer Abfluß anzunehmen ist.

Die Untersuchung der Einflüsse anderer Gebietsfaktoren auf das Abflußverhalten des Otterbaches zeigte am Beispiel der Vegetation und der Böden, daß Interzeption, Transpiration und rasche Ableitung des Niederschlagswassers in den Untergrund den Oberflächenabfluß, der angesichts der relativ steilen Neigungsverhältnisse zu erwarten wäre, stark herabsetzen.

Weiterhin wurde versucht, den Verbleib von 77 % des im Untersuchungszeitraum gefallenen Niederschlags zu klären, da nach den Abflußmessungen und Pegelaufzeichnungen nur 23 % des Niederschlags im Bachbett abfließen. Als größere Wasserverbraucher wurden die Vegetation mit Interzeption und

Transpiration, der Boden mit seiner Speicherfähigkeit sowie anthropogene Wassernutzung herausgearbeitet.

Die Frage, ob und wieviel Wasser aus benachbarten Einzugsgebieten karstbedingt in das Untersuchungsgebiet gelangt, mußte ebenso offen gelassen werden, wie die, wieviel Wasser aus dem Einzugsgebiet aufgrund des vom Untersuchungsgebiet weggerichteten Einfallens der Jura-Schichten oder aufgrund karsthydrologischer Gegebenheiten verloren geht. Durch den Vergleich mit anderen Bächen ergaben sich jedoch Hinweise auf einen zusammenhängenden großen Karstwasserkörper im W-E-Profil der Alb. Mit Sicherheit muß ein nicht unerheblicher Grundwasserabfluß in der Talfüllung auf der wasserstauenden Opalinustonbasis angenommen werden.

#### Literatur

- ANTONIADIS, P., FYTROLAKIS, N., HEGENBERGER, W. & STRASSNER-MUNK, C. (1972): Geologische Karte von Bayern, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6032, Scheßlitz. München
- DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau) (1982): Arbeitsanleitung zur Anwendung von Niederschlag-Abfluß-Modellen in kleinen Einzugsgebieten. Teil I: Analyse. DVWK Regeln zur Wasserwirtschaft 112. Hamburg, Berlin
- Deutsches IHP/OHP-Nationalkomitee (1985): Empfehlung für die Auswertung der Meßergebnisse von kleinen hydrologischen Untersuchungsgebieten. IHP/OHP Berichte, Nationalkomitee der BRD für IHP/OHP (Hrsg.), Heft 5. Koblenz
- EIDMANN, F.E. (1959): Die Interzeption in Buchen- und Fichtenbeständen. Coll. de Hann.-Münden, 8.-14.IX.1959. Publ. Nr. 48, Ass. Internat. Hydrol. Sci.. Gentbrugge

- ELLENBERG, H. (1982): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. 3. Aufl.. Stuttgart
- HERRMANN, R. (1977): Einführung in die Hydrologie. Stuttgart
- KELLER, R. (1979): Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. Atlas und Textband. Dortmund
- KERN, H. (1954): Niederschlags-, Verdunstungs- und Abflußkarten von Bayern (Jahresmittel 1901-1951). München
- Klimaatlas Bayern (1952), Deutscher Wetterdienst in der US Zone, Bad Kissingen
- KOCINA, D. (1987): Abfluß, variable und nichtvariable Gebietsfaktoren in einem kleinen Einzugsgebiet am Rande der Fränkischen Alb östlich von Bamberg. Dipl.-Arbeit Studiengang Geographie Univ. Bamberg. Unveröff.
- LIEBRICHT, H. (1987): Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse zwischen Bamberg und der Frankenalb 1981-85. LXI. Ber. Naturforsch. Ges. Bamberg 1986:198-215. Bamberg
- SCHWARZ, O. (1974): Hydrogeographische Studien zum Abflußverhalten von Mittelgebirgsflüssen am Beispiel von Bieber und Salz (Hessen). Rhein-Mainische Forsch., H. 76.
- STREIT, R. (1971): Karstwasservorräte in der Fränkischen Alb. Geologica Bavarica 64:254-267.
- WOHLRAB, B. (1971): Wasserhaushaltsforschung aus gewässerkundlicher und bodenkundlicher Sicht. Z. f. Kt. u. Flurber., 3:169-182.
- ZÖTL, J.G. (1974): Karsthydrogeologie. Wien/New York



**Quellen:**

Topographische Karten:	6032	Scheßlitz	(TK	25)
	6132	Buttenheim	(TK	25)
	L 6032	Scheßlitz	(TK	50)
	CC 6326	Bamberg	(TÜK	200)
	CC 6334	Bayreuth	(TÜK	200)
 Geologische Karten:	 6032	 Scheßlitz	 (1	 25 000)
	6132	Buttenheim	(1	25 000)
	6133	Muggendorf	(1	25 000)
	6134	Waischenfeld	(1	25 000)

Niederschlagsaufzeichnungen des Deutschen Wetterdienstes in Nürnberg für die Niederschlagsstationen Heiligenstadt und Kirchahorn

Pegelaufzeichnungen und Abflußkurven für die Fließgewässer Leinleiter und Ailsbach vom Bayrischen Landesamt für Wasserwirtschaft in München

Aufzeichnungen der Klimastation am Geisberg des Lehrstuhls II für Geographie Physische Geographie der Universität Bamberg

Quellschüttungsmessungen der gefaßten Quellen im Otterbacheinzugsgebiet und weitere mündliche Informationen von der für Melkendorf zuständigen Gemeindeverwaltung in Litzen-dorf

Informationen über hydrologische Messungen im Bereich der nördl. Frankenalb vom Wasserwirtschaftsamt Bamberg

Anschrift des Verfassers:

Donald Kocina  
Kunigundendamm 28  
8600 Bamberg

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht der naturforschenden Gesellschaft Bamberg](#)

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: [62](#)

Autor(en)/Author(s): Kocina Donald

Artikel/Article: [Hydrologische Untersuchungen im Otterbachtal östlich von Bamberg 153-177](#)