

## Hydrographie, Hydrogeologie und Abflußverhalten des Lammergebietes im Hinblick auf natürliche und künstliche Grundwasseranreicherung im südlichen Salzburger Becken (Österreich)

Von B. TOUSSAINT (Eppstein, BRD)

Inhalt:	Seite
1. Problemstellung .....	83
2. Gebietsbeschreibung und geologischer Überblick .....	84
3. Talgeschichte des Lammergebietes .....	89
3.1. Paläohydrographie .....	90
3.2. Rezentenes Gewässernetz .....	91
4. Abfluß .....	94
4.1. Abflußrelevante Einflußfaktoren .....	94
4.1.1. Hydrogeologische Verhältnisse .....	94
4.1.2. Morphologie, Klima, Vegetation, Böden .....	97
4.2. Meßnetz und gewässerkundliche Hauptzahlen .....	101
4.3. Abflußverhalten der Lammer .....	105
4.4. Analyse des Trockenwetterabflusses .....	113
4.5. Zur Frage der Infiltration der Lammer im Salzburger Becken .....	117
5. Bedeutung des Lammergebietes für die überregionale Wasserversorgung von Stadt und Land Salzburg .....	119
Literatur .....	120

### 1. Problemstellung

Der derzeitige Wasserverbrauch Österreichs beträgt ca. 2,5 Mrd. m<sup>3</sup>/a, davon werden rund 0,8 Mrd. m<sup>3</sup>/a aus dem Grundwasser entnommen [40]. Demgegenüber wird das nutzbare Wasserdargebot mit etwa 93 Mrd. m<sup>3</sup>/a angenommen, wovon ungefähr 31 Mrd. m<sup>3</sup>/a auf das Grundwasser entfallen [15]. Da nach dieser Zusammenstellung also nur 3% der geschätzten Grundwasservorräte genutzt werden, könnte gefolgert werden, daß in Österreich auch in der weiteren Zukunft keine quantitativen versorgungswasserwirtschaftlichen Probleme auftreten werden.

Für regionale Ballungsräume trifft diese günstige Prognose jedoch sehr oft keineswegs zu, wofür das Salzburger Becken eines von mehreren Beispielen ist. Wegen der zunehmenden Verdichtung der Siedlungskerne, der fortschreitenden Industrialisierung und der immer noch wachsenden Zahl der Touristen in diesem Gebiet ergeben

sich Schwierigkeiten, den Trinkwasserbedarf, der sich im wesentlichen auf die unterirdischen Wasservorräte stützt, zu decken. Aus diesem Grunde hat die Salzburger Landesregierung vorsorglich ein umfangreiches Programm zur Erkundung der Grundwasserverhältnisse im eigentlichen Salzburger Becken zwischen Golling und Oberndorf, am Ausgang des Bluntautes und am Unterlauf der Taugl in Gang gesetzt [40]. Die nach neueren Untersuchungen [5] im südlichsten Salzburger Becken vermutete hohe Grundwasserneubildung erfolgt vornehmlich durch den Zufluß der Karstwässer des Beckenrahmens und die teilweise Versickerung der noch weitgehend anthropogen unbelasteten Gebirgszuflüsse, deren bedeutendster die Lammer ist. Das größte Teileinzugsgebiet dieses Gewässers, das Tennengebirge, wurde vom Verfasser hydrogeologisch umfassend bearbeitet [32], eine weitere Bewertung der Hydrogeologie des Nordrandes dieses Karststockes schloß sich an [14]. Um die Detailergebnisse der erwähnten, noch nicht abgeschlossenen Grundwasserprospektion in der Zusammenschau mit anderen hydrogeologischen Fakten entsprechend würdigen zu können, versuchte der Verfasser, für dieses Flußgebiet erstmals eine generelle Wasserhaushaltsbilanz aufzustellen [34]. Es konnte aufgezeigt werden, daß im langjährigen Durchschnitt von einem Grundwasserdargebot von 280–300 Mio. m<sup>3</sup>/a ausgegangen werden kann, das sind 39% des Gebietsniederschlages.

Da der Infiltration der unteren Lammer offensichtlich eine große Bedeutung hinsichtlich der Alimentation eines Teils des Porengrundwasserkörpers des Salzburger Beckens zukommt, ergibt sich die Notwendigkeit, sich eine Vorstellung vom Abflußgeschehen in diesem Flußgebiet zu machen. Die vorliegende Arbeit will einen Beitrag zu einer zusammenfassenden Typisierung des Abflußregimes der Lammer und der abfließenden Wassermengen unter Einbeziehung der hydrogeographischen und hydrogeologischen Gegebenheiten sowie weiterer abflußrelevanter Einflußfaktoren liefern. Dem geologischen Aufbau des Gebietes entsprechend ist dies nur unter besonderer Berücksichtigung der karsthydrologischen Phänomene möglich [1]. Den Untersuchungen wird der 25jährige Zeitraum 1951/75 zugrunde gelegt.<sup>1</sup>

## 2. Gebietsbeschreibung und geologischer Überblick

Das Flußgebiet der Lammer gehört den Nördlichen Kalkalpen an. Es umfaßt morphologisch sehr unterschiedliche Naturräume von außerordentlich vielfältiger landschaftlicher Gestaltung. Zu nennen sind vor allem die den Kalkhochalpen zuzuordnenden Gebirgsstöcke des Tennengebirges und des Gosaukammes im S bzw. E des Betrachtungsraumes, die Gamsfeldgruppe im NE und die Osterhorngruppe im N und NW, die beide den Kalkvoralpen angehören, die Annaberger Senke und die Abtenauer Talweitung an der oberen Lammer und schließlich der südöstlichste Teil des Salzburger Beckens im Bereich der Lamtermündung bei Golling.

Die Gebietsabgrenzung folgt im wesentlichen dem Verlauf der topographischen Wasserscheide des der Salzach tributären Flußgebietes 4. Ordnung (s. Fig. 1). Die Gebietsfläche beträgt am Abflußpegel Obergäu, der 1,15 km oberhalb der Mündung installiert ist, 399,5 km<sup>2</sup>, an der Lamtermündung selbst 400 km<sup>2</sup>. Ein weiterer Pegel 20,9 km oberhalb der Mündung teilt das Flußgebiet hydrographisch in ein oberes, 174 km<sup>2</sup> großes Teilgebiet I und in ein unteres, 225,5 km<sup>2</sup> umfassendes Teilgebiet II auf. Speziell in Karstgebieten muß allerdings berücksichtigt werden, daß die oberirdischen Gebietsgrenzen von den unterirdischen Wasserscheiden, die für

<sup>1</sup> An dieser Stelle sei der Hydrographischen Abteilung der Salzburger Landesregierung und dem Hydrographischen Zentralbüro Wien für ihr Entgegenkommen herzlich gedankt. Beide Institutionen stellten Meßwerte zur Verfügung, ohne die diese Veröffentlichung nicht möglich gewesen wäre.

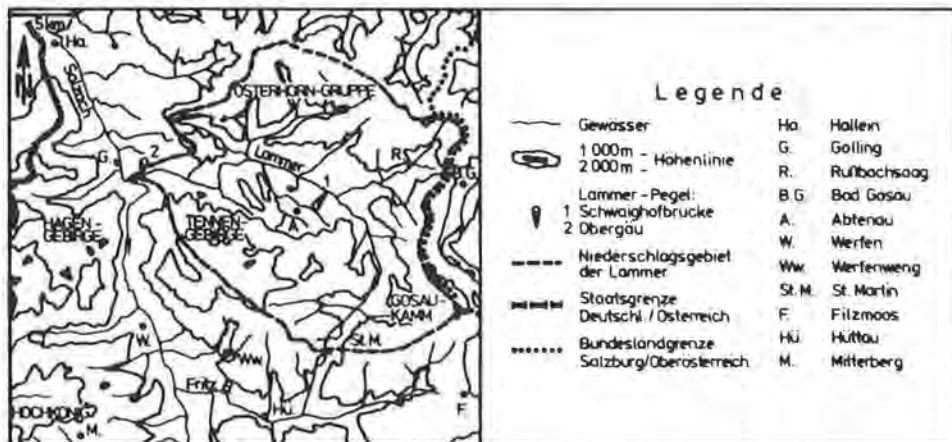


Fig. 1: Übersichtsskizze des Untersuchungsgebietes.

Grundwasserbilanzen maßgebend sind, mehr oder weniger stark abweichen können. Die Erkenntnisse aus einem vom Verfasser im Sommer 1969 bei Karstwasserhochständen [32] und von anderer Seite im Herbst 1977 bei tiefen Karstwasserspiegellagen im Tennengebirge durchgeführten Markierungsversuchen sowie andere Kriterien lassen die Annahme zu, daß vom Teilgebiet I etwa 7–8 km<sup>2</sup> unterirdisch in Fremdgebiete entwässern. Umgekehrt ist die Oberfläche des dem Teilgebiet II zuzuordnenden Kluftwasserkörpers wahrscheinlich mindestens 10 km<sup>2</sup> größer als das oberirdische Einzugsgebiet. Für das Gesamtgebiet ergibt sich ein unwesentlicher Zugewinn von etwa 1–3 km<sup>2</sup>, der bei den später angestellten Berechnungen nicht weiter berücksichtigt wird. Bei einer mittleren Gebietshöhe von etwa 1200 m kann der Höhenunterschied bis zu 1990 m betragen. Als größte W–E-Erstreckung werden ca. 25,5 km gemessen, als maximale N–S-Ausdehnung rund 23,5 km. Das betrachtete Gebiet ist nur schwach besiedelt und weist eine landwirtschaftlich-forstwirtschaftlich orientierte Wirtschaftsstruktur auf. Größere Bedeutung kommt neben Lungötz, Annaberg und Rufbach nur der zentral gelegenen Marktgemeinde Abtenau zu.

Im Lammergebiet treten Sedimentgesteine einer mit Lücken vom Permo-Skyth bis in das Quartär reichenden Schichtfolge auf [6, 9, 11, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 32, 38]. Äußerst seltene, nur punktuell vorkommende basische Eruptiva werden hier nicht behandelt. Im Bereich des Tennengebirges, seiner nördlichen Vorberge, des Gosaukammes, der Gamsfeldregion und der südlichen Osterhorngruppe spielen Gesteine der Trias eine dominierende Rolle. Im wesentlichen handelt es sich um die untertriadischen Werfener Schichten an der Basis bzw. um das noch in das Oberperm zurückreichende Haselgebirge mit Gips- und Salzlagen, mittel- und obertriadische Dolomite und meist mergelige Hallstätter Kalke sowie vor allem den obertriadischen Dachsteinkalk. Dieser in Riff- und gebankter Fazies vorliegende Kalkstein verleiht wegen seiner Mächtigkeit von bis zu 1200 m und seiner Widerstandsfähigkeit gegenüber der Erosion dem Untersuchungsraum sein morphologisch so eindrucksvolles Gepräge. Wegen seines hohen CaCO<sub>3</sub>-Gehaltes von durchschnittlich 98% und seiner gut ausgebildeten Klüftung ist der Dachsteinkalk besonders verkarstungsanfällig.

In der mittleren und nördlichen Osterhorngruppe treten fast ausschließlich jurassische und unterkretazische Schichtfolgen mit ausgeprägter Petrovarianz in Erscheinung. Zu nennen sind insbesondere die Mergelkalksteine und Mergelsteine der Oberalmer Schichten und der Schrambachschichten und die mergeligen Sandsteine der Roßfeldschichten. Im östlichen Einzugsgebiet der Lammer überwiegen die oberkre-

tazischen Gosauschichten, Nierentaler Schichten und Zwieselalmschichten. Es handelt sich um eine sandig-konglomeratische, mergelige und kalkige Wechselfolge. Alttertiär ist nicht vertreten, jungtertiäre Sedimente in höheren Gebirgslagen sowie alt- und mittelpleistozäne Ablagerungen in den Tälern weisen nur geringe Verbreitung auf. Erhebliche Areale werden jedoch von jung- bis spätpleistozänen Serien eingenommen.

Um einen Eindruck von der Vielfalt der im Untersuchungsraum anzutreffenden Gesteine zu vermitteln, werden in der nachstehenden Tab. 1 die wichtigsten stratigraphischen Schichtglieder, ihre petrographische Beschaffenheit und ihre teilweise nur geschätzte Mächtigkeit ausgewiesen.

Tabella 1: Der Gesteinsaufbau im Lammergebiet

Alter	Bezeichnung	Petrographie	Mächtigkeit	
Quartär	Holozän	Talalluvionen	Sande u. Kiese, z.T. mit Schluff- u. Tonlinsen	wenige m
		Seetone	Schluffe u. Tone	wenige dm bis m
	Pleistozän	Schwemmkegel	Kiese u. Steine	m bis mehrere 10 m
		Schutthalden, Gehängeschutt, Rutschmassen	Kiese, Gerölle und Steine	m bis mehrere 10 m
		Blockschutt	Steine und Brekzien	wenige m
	Pleistozän	Moränen	Geschiebelehme bis Sande und Kiese	m bis mehrere 10 m
		Terrassenschotter	Sande, Kiese und Gerölle	m bis mehrere 10 m
		M-R-interglaziale Gehängebrekzien	verkittete Steine und Blöcke	wenige m
		M-R-interglaziale Rottone	Schluffe bis fette Tone	cm bis dm
	Tertiär Neogen	Pliozän	Rottone, Bohnerze	Schluffe bis fette Tone (sedim. Brauneisenerz)
Miozän		Augensteine (m. Bohnerzen), Rottone	Kiese und Sande (z. T. verfestigt), Eisenerz, Schluffe bis fette Tone	cm bis m
Kreide O. Kreide	Maastricht	Zwieselalmschichten	Konglomerate, Lithothamnienkalke	m bis mehrere 10 m
		Nierentaler Schichten	Mergel bis Mergelkalke	bis 220 m
	Campan	Ob. Gosau s. str.	Mergel und Sandsteine, z. T. Konglomerate	15–40 m
	Santon	Mittl. u. Unt. Gosau	Mergel und Sandsteine mit Riffkalkkomplexen	200–300 m
	Coniac	Grundkonglomerat	Konglomerate	
U. Kreide	Hauterive	Roßfeldschichten	Sandsteine und Sandmergel, Mergel (z. T. kalkig), Konglomerate	200–300 m
	Valendis	Schrambachschichten	Mergel und Kalkmergel	150 m

	Alter	Bezeichnung	Petrographie	Mächtigkeit	
Jura	Malm	Oberalmer Schichten	Mergel u. Mergelkalke mit Hornsteinen sowie mit max. 5 Barmsteinkalkzügen	100–600 m	
		Radiolarite	Kieselschiefer, z.T. kalkig	60 m	
	Dogger	Klauskalk	Kalke	20 m	
		Strubbergsschichten	Tonschiefer, Mergelschiefer und Brekzien	bis 200 m	
	Lias	Kieselkalk	verkieselte Kalke	mehrere m	
		Fleckenmergel	Tonmergel bis Kalkmergel, z. T. mit Hornsteinen	bis 60 m	
		Spongienkalk, Hierlatzkalk, Adneter Kalk, Crinoidenkalk	ton- bis mergelreiche Kalke	dm bis 30 m	
	Rhät	Zlambachschichten	Mergel	bis 30 m	
		Kössener Schichten	Mergel, Sandmergel u. Sandsteine	wenige m	
		Dachstein-Riffkalk	massige Riffkalke	200 m	
Nor		Plattenkalk	dünnplattige Kalke	10–150 m	
		Dachsteinkalk	grobgebankte massige Kalke bis Riffkalke	100–1200 m	
		Dachsteindolomit bzw. Hauptdolomit	geschichtete Dolomite (z. T. dolom. Kalke) dickgebankte, bituminöse Dolomite	150 m bzw. bis 1000 m	
Karn	Bunte Hallstätter Kalke	Kalke u. Kalkmergel, z. T. Mergellagen	insges. 600 m		
	Hallstätter Dolomite	Dolomite und dolomitische Kalke			
	Hornsteinknollenkalke	Kalke mit Hornsteinknollen, z. T. dolomitisch			
	Cidaris-Schichten	Tonschiefer mit plattigen Kalken	10–15 m		
	Cardita-Schichten (= Halobien- bzw. Reingrabenerschichten)	Tonschiefer und Mergel mit brekziösen Kalkdolomiten, Plattenkalke, tonige Sandsteine	bis 80 m, z. T. auskeilend		
Trias	Ladin	Hornsteinplattenkalk, Hornsteinkalk u. -dolomit, z. T. mit Bitumenmergeln	plattige Kalke u. massige Kalke u. Dolomite m. Hornsteinführung	m bis mehrere 10 m	
		Ramsaudolomit	massige, schichtungslose Dolomite mit Kalkeinschaltungen	80–600 m	
	Anis	Diploporen-Massenkalk	massige Kalke	einige 10 m	
		Hallstätter Dolomit	gebankte bis massige Dolomite	einige 10 m	
		Reiflinger Kalk	meist plattige Kalke mit Hornsteinknollen	bis 100 m	
		Gutensteiner Dolomit	plattige, z. T. knollige Dolomite, oft sehr bituminös	150–300 m	
		Anis	Gutensteiner Kalk	Platten- und Flaserkalke mit Tonmergellagen, bituminös	10–50 m

Alter	Bezeichnung	Petrographie	Mächtigkeit
	Gutensteiner Basis-schichten	Tonschiefer bis Tonmergel, z. T. sandig	meist unter 10 m
	Rauhacken u. tekt. Brekzien	Sandsteine, Dolomite, Kalke u. a.	bis 60 m
		sandige plattige Kalke, Mergel	einige m
Skyth	Werfener Schichten	Wechselagerung v. tonigen Sandsteinen und Tonschiefern	bis 500 m, durch tekt. Verschup-pung
		Quarzite	
Perm	Permoskyth Haselgebirge	Mergel u. Tonschiefer mit Gips u. Steinsalz (Residualtone) u. brekziösen Kalken, Dolomiten und Rauhacken unsicheren Alters	scheinbar größere Mächtigkeit bis 1000 m

Tabelle 2: Prozentuale Verteilung der petrographischen Größeneinheiten im Untersuchungsgebiet

	Gesteinseinheit (s. Schlüssel)	Prozentsatz
Teilgebiet I	1	10,1
	2	2,4
	3	19,5
	4	11,5
	5	-
	6	26,0
	7	30,5
Teilgebiet II	1	32,5
	2	1,2
	3	17,5
	4	4,2
	5	16,7
	6	6,7
	7	21,2
Gesamtgebiet	1	22,8
	2	1,8
	3	18,4
	4	7,4
	5	9,4
	6	15,1
	7	25,1

Erläuterungen zu den Gesteinseinheiten:

- 1 chemisch reine Kalksteine (im allgemeinen Dachsteinkalk)
- 2 mergelige, dolomitische oder kieselige Kalksteine (i. allg. Hallstätter Kalke)
- 3 Dolomitsteine
- 4 Sandsteine im Wechsel mit Ton-, Mergel- und Kalksteinen, Brekzien (i. allg. Roßfeldschichten, Gosauschichten, Nierentaler Schichten)
- 5 Kalkmergelsteine bis Mergelsteine (i. allg. Oberalmer Schichten, Schrambachschichten)
- 6 Tonsteine, z. T. sandig oder quarzitisches, mergelig und dolomitisch, mit Brekzien und Evaporiten
- 7 Sande und Kiese, Konglomerate, Geschiebelehme, Hangschuttmaterial u. a.



Im Hinblick auf die Themenstellung dieser Arbeit stehen die lithologischen Eigenschaften im Vordergrund, die in Kap. 4.1.1. unter Berücksichtigung der Gebietstektonik hydrogeologisch interpretiert werden. In der Tafel I ist deswegen die stratigraphische Schichtfolge zu größeren petrographisch-hydrogeologischen Gruppen zusammengefaßt. Es zeigt sich, daß ihre räumliche Verteilung im Untersuchungsgebiet sehr unterschiedlich ist. Die Zusammenstellung in Tab. 2 läßt erkennen, daß im Teilgebiet I (oberhalb Pegel Schwaighofbrücke) als Festgesteine überwiegend Tonsteine, Mergelsteine und tonig bis mergelig gebundene Sandsteine und als Lockergesteine vor allem Geschiebelehne der Moränen anstehen, im anschließenden Teilgebiet II jedoch Dolomite und teilweise stark verkarstete Kalksteine eine große Rolle spielen. Auf die sich aus dieser ungleichen räumlichen Verteilung der petrographischen Größeneinheiten ergebenden hydro(geo)logischen Konsequenzen wird in Kapitel 4 näher eingegangen.

Die im Lammergebiet anstehenden vorgosauischen Gesteine wurden aus ihren Sedimentationsräumen während der Stammfaltung der Alpen während der mittleren und oberen Kreide in Deckenstapeln an ihre jetzige Position verfrachtet. Auf die tektonische Problematik dieses der oberostalpinen Größeneinheit angehörenden Raumes sind zahlreiche Autoren eingegangen [6, 11, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 31]. Das tiefstgelegene und gleichzeitig dominante Teildeckungssystem ist das Tirolikum. Es bildet eine weitgespannte E-W-streichende Großmulde, deren Südflügel das Tennengebirge mit seinem südlichen Vorland, der sog. Werfener Schuppenzone, angehören und deren Nordflügel von der Osterhorngruppe repräsentiert wird. Als nächsthöhere Teildecke wurde das zweigeteilte Juvavikum eingeschoben. Die Lammerzone ist tiefjuvavisch, der Gosaukamm mit dem östlich anschließenden Dachsteinmassiv sowie die Gamsfeldgruppe werden der hochjuvavischen Dachsteindecke zugeordnet.

Die Gesteinsplatten der einzelnen Teildecken sind im allgemeinen nur schwach verbogen, nur an ihren Rändern weisen sie stärkere Verstellungen auf. Als Beispiel für Interntektonik der Deckenstapel ist in der südlichen Osterhorngruppe eine langgezogene E-W-streichende Synklinalzone mit mehreren Neokommulden besonders erwähnenswert [19, 20]. Die Auswirkungen starker Bruchtektonik zeigen sich in Verschüppungen, Überschiebungen, Störungstreifen. Zu nennen sind vor allem der Bereich zwischen Werfen und St. Martin südlich des Tennengebirges [11, 26], die mosaikartige Zerblockung der Gamsfeldregion sowie des Gosaukammes und seiner Umgebung [31]. Im Hinblick auf die Grundwasserbewegung stellen die wahrscheinlich im Helvet oder Torton entstandenen oder reaktivierten, meist steil stehenden Brüche und Klüfte mit NW- und NE-Hauptmaxima das wichtigste tektonische Inventar dar. Vor allem die starren Dachsteinkalkplatten wurden durch diese Zerschervungsvorgänge betroffen.

Im Anschluß an die orogenetische Alpinogenese stieg der Alpenkörper epirogenetisch empor. Diese vertikale Herauswölbung verlief in Etappen und wirkt sich stark abgeschwächt noch im Quartär aus.

### **3. Talgeschichte des Lammergebietes**

Die Entstehung des Lammertales kann nur im Zusammenhang mit dieser jungtertiären Herauswölbung der Alpen mit Hebungscentren in den Zentralalpen und in den Nördlichen Kalkalpen und der Herausbildung einer im Hebungsbetrag zurückgebliebenen Subsequenzzone dazwischen gesehen werden. Auf Verlangsamung oder relativen Stillstand der Anhebung des Alpenkörpers gehen Verebnungssysteme zurück.

Im Untersuchungsgebiet haben flachliegende Dachsteinkalktafeln die großflächige Ausbildung bzw. wegen ihrer späteren bevorzugt unterirdischen Entwässerung die Konservierung altersverschiedener Flachformen begünstigt. Ihre ältesten erhaltenen realen Reste weisen obermiozänes Alter auf. Unter den drei Altflächen des Hochkönig-, Tennen- und Gotzen-Niveaus folgen noch sechs jüngere Hochtalgenerationen, die in den Zeitraum Mittelpannon bis Altpleistozän einzustufen sind. Mit Hilfe dieser weitgehend fluviatil angelegten Verebnungssysteme, deren Primärmorphogenese durch das jeweils herrschende Klima modifiziert wurde, läßt sich die Entwicklungsgeschichte des Lammertales rekonstruieren.

### 3.1. Paläohydrographie

Das mit der Heraushebung eines verkarstungsanfälligen Gesteinskörpers verbundene Tiefergreifen des unterirdischen Verkarstungsprozesses wird wegen der Vorflutbezogenheit der Karstwasseroberfläche [41] von den oberirdischen Gewässern gesteuert. Die unterschiedlich alten, im Laufe langer Zeiträume hydraulisch zusammenwachsenden Karstwasserabflußbahnen haben einerseits auf die rezente Entwässerung eines Karstgebietes einen dominierenden Einfluß, andererseits spiegeln sie die früheren Vorflutverhältnisse wider. Somit erscheint es angebracht, wenigstens auf die Grundzüge der Paläohydrographie des Lammergebietes einzugehen [23, 24].

Erst im Unterpannon, also vor 9–10 Mio. Jahren, zeichneten sich die Vorläufer der Salzach und der Lammer ab. Während dieser Zeit strömten die Gewässer der Radstädter und westlichen Schladminger Tauern über den eingerumpften östlichen Pongau in den Annaberger Raum und vereinigten sich hier zur „Ur-Lammer“. Diese war einer der wenigen Flüsse, die, begünstigt durch die geologischen Gegebenheiten, die sich herausbildende breite Subsequenzzone mit bereits existierenden kurzen Längstalstücken und anschließend die sich heraushebende Barriere der Kalkalpen überwinden konnten. Der Fluß querte das Abtenauer Becken, das damals noch nicht die heutige Funktion einer hydrographischen Sammelmulde hatte, nahm seinen Weg über das Postalmgebiet der östlichen Osterhorngruppe und setzte sich im Tal des jetzigen Strobler Weißenbaches fort. Das Subsequenztal der Ischl war zu dieser Zeit noch nicht vorhanden. Weiter nördlich fand die Lammer östlich des Schafberges im Schwarzenseegebiet eine Pforte in den Kalkvoralpen, durch die sie zum Meer abfloß.

Aus dem Untersuchungsgebiet ging diesem Gewässer nur ein einziger bedeutender Zubringer zu. Dieser sammelte sich im östlichen Tennengebirge im Bereich der Tennalm in zwei ineinandergeschachtelten Mulden.

Die Lammer verlor erst in der sich an der Wende Unter-/Oberpliozän abspielenden Erosionsphase infolge Anzapfung durch den der Salzach tributären heutigen unteren Fritzbach ihr zentralalpines Einzugsgebiet. Die dadurch vergrößerte Erosionsenergie des letzteren ermöglichte dem Bach von St. Martin, dem vom Halm nach N abfließenden Quellast der Lammer in die Flanke zu fallen und dessen obersten Teil nach S abzulenken. So entstand die Wasserscheide von St. Martin.

Bereits im oberen Pannon entwickelten sich im Bereich der Deckengrenze Tirolikum/Juvavikum im nördlichen Vorland des Tennengebirges von der Salzach her mehrere Längstäler. Wegen der Speisung durch die Abflüsse starker Karstquellen dieses Gebirgsmassives erwies sich ein am Südfuß des Gollinger Schwarzenberges gelegener Fluß als der kräftigste und übernahm spätestens im unteren Daz die Rolle des Lammerunterlaufes.

Nach dieser Umlenkung der Lammer aus ihrer früheren S–N-Richtung nach W kam die Hydrographie dem heutigen Bild nahe. Erst im Oberdaz trat die Lammer nach ihrem Austritt aus dem Vd. Strubberg ins Tennengebirge ein und umfloß den



Sattelberg in dem Mäanderbogen der Schönalm. Diese in ca. 820 m Höhe gelegene Flußschleife wurde durch die Gletscherexaration im Pleistozän morphologisch überarbeitet.

Bezüglich Einzelheiten zur Angliederung der großen rechtsseitigen Lammerzubringer Rußbach, Rigausbach und Aubach an den Hauptvorfluter des Untersuchungsgebietes wird auf die Spezialliteratur [23, 24] verwiesen. An dieser Stelle soll nur darauf hingewiesen werden, daß die Ausräumung der erosionsanfälligen Gesteinsfolgen des Abtenauer Beckens und damit die Tieferlegung der lokalen Erosionsbasis seit dem beginnenden Oberpliozän eine wesentliche Rolle spielt. Die zentripetale Anordnung der Gewässer förderte diesen Vorgang noch.

### 3.2. Rezentenes Gewässernetz

Auf ihrem ca. 37,5 km langen Lauf empfängt die Lammer hauptsächlich von rechts Nebenbäche, während die linke Talseite bis zur Niederschlagsscheide durch einen auffälligen Mangel an Gerinnen gekennzeichnet ist. Dieses Phänomen ist bedingt durch die starke Verkarstung vor allem des Tennengebirges, wodurch eine oberirdische Entwässerung dieses wichtigsten linksseitigen Teileinzugsgebietes nicht möglich ist bzw. sich auf die im allgemeinen nur kurzen Abflüsse z. T. sehr starker Karstquellen beschränkt.

Im folgenden finden nur Besonderheiten im Text in orographischer Reihenfolge Erwähnung. In der nachstehenden Tab. 3 werden Größe, Form, Talverlauf, Höhenlage, Gefälle und Morphologie der Hänge und des Talbodens aller größeren Gewässer als den Abfluß beeinflussende Kenngrößen aufgeführt. In der Tafel I sind alle Gewässer benannt.

Das Lammertal endet ca. 6 km westlich Lungötz mit einem eindrucksvollen Tal-schluß. Dessen rechte Flanke wird von den Steilabfällen des südlichen Tennengebirges gebildet, während im SW und S die sanfter geböschten Hänge der Berge der Werfen-St. Martin Schuppenzone angrenzen. Die eigentlichen Lammerquellen sind nicht die unterhalb der Brandlbergköpfe oder des Jochriedel gelegenen Wasseraustritte, sondern Karstquellen im NW der Aualm [32], vermutlich einem Karstsacktal. Dieses war während des spätwürmzeitlichen Schlernstadials das übertiefte Zungenbecken eines Plateaugletschers des Tennengebirges und wurde im Postglazial von Muren- und Bergsturzmaterial aufgefüllt. In diesem Schutt, der die primären Karstquellen überdeckt, ist kein ganzjähriger oberirdischer Abfluß möglich. Erst ab den bei Kendlbach im Talboden aufwallenden Folgequellen ist die Lammer ein perennierender Fluß.

Der erste bedeutende Zubringer der Lammer aus dem Tennengebirge ist der Schmiedebach. Oberhalb seines sackartigen Talendes folgen mehrere ineinandergeschachtelte steile Quelltrichter, die längst ausgeschaltet, verkarstet und durch den späteiszeitlichen Plateaugletscher zu einem breiten Kar mit steilem Boden umgestaltet worden sind. Ca. 0,6 km oberhalb der Straßenbrücke Abtenau-Gosau mündet von rechts der Rußbach ein, der das zweitgrößte oberirdische Teileinzugsgebiet hat. Die aus der steil aufragenden Gamsfeldregion kommenden Quellbäche sammeln sich in der Talweitung von Rußbachaag. Der untere Teil des Rußbachtals ist überall dort, wo unter der Moränenüberdeckung härtere Gesteine angeschnitten sind, von Steilhängen begleitet.

Das Lammertal ist unterhalb der Mündung des Rußbaches bis zur Einmündung des Rigausbaches durch eine Talenge gekennzeichnet. Der an der Tuschen-Brücke als weiteres großes rechtsseitiges Gewässer mündende Rigausbach begrenzt teilweise die Osterhorngruppe im E. Der an der sogenannten Gamsfeld-Überschiebung angelegte

Tabelle 3: Morphometrische Standardparameter der wichtigeren Teileinzugsgebiete der Lammer

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Einzugsgebietes	orograph. Lage	Größe (km <sup>2</sup> )	% d. Gesamtfläche	max. Länge (km)	max. Breite (km)	genereller Talverlauf	Gebietshöhe (m)	mittl. Talgefälle %
1	Talschluß b. Beginn d. perennierenden Gewässers	—	17,1	4,3	6,2	3,3	W-E	1535	77 (Aualm-Kendlbach) 172 (Brandlbergköpfe-Kendlbach)
2	Lammer b. Mdg. Neubach	—	9,5	2,4	4,3	2,7	W-E	1150	40
3	Schöberlbach u. Köppelreitbach	rechts	7,2	1,8	4,8	2,3	SW-NE	1205	177
4	Karbach	rechts	9,3	2,3	2,8	6,1	SW-NE	1090	132
5	Neubach	rechts	18,5	4,8	8,1	4,5	E-W	1185	88
6	Lammer v. Mdg. Neubach b. Mdg. Raingraben	—	18,2	4,5	10,9	4,3	SSE-NNW	880	23
7	Sulzbach	rechts	3,9	1,0	4,1	1,7	SE-NW	1030	19
8	Rauenbach	rechts	15,8	3,9	7,2	3,0	SE-NW	1305	107
9	Mühlbach	rechts	9,6	2,4	4,8	2,8	ENE-WSW	1125	198
10	Schmiedebach	links	10,1	2,5	4,5	4,7	SSW-NNE	1215	149
11	Rußbach	rechts	50,7	12,7	11,5	10,5	ENE-WSW	1125	44
12	Raingraben	links	4,1	1,0	3,7	1,2	S-E	820	85
13	Lammer v. Mdg. Raingraben b. Mdg. Aubach	—	26,1	6,5	7,0	4,6	WNW-ESE	830	12
14	Rigausbach	rechts	24,3	6,1	8,9	5,0	NE-SW	1075	87
15	Abtenauer Schwarzenbach	links	57,8	14,5	9,6	6,3	SSE-NNW	1495	29
16	Aubach	rechts	41,2	10,3	9,2	16,2	ENE-WSW (Aubach) NW-SE (Weitenaubach)	1290	48
17	Lammer v. Mdg. Aubach b. Mdg. Scheffauer Schwarzenbach	—	12,8	3,2	3,1	5,6	NE-SW	840	9
18	Scheffauer Schwarzenbach	links	24,6	6,1	7,8	4,7	SE-NW	1705	63
19	Lammer v. Mdg. Scheffauer Schwarzenbach b. Lammermdg.	—	38,7	9,7	7,4	8,1	E-W	1070	6

Bach hat petrographisch sehr unterschiedlich aufgebaute Talflanken, so daß sich daraus eine auffällige Asymmetrie des Talquerschnittes ergibt. So heben sich z. B. die schroffen Felsabstürze des nordwestlichen Taborberges eindrucksvoll von dem gegenüberliegenden, schwach welligen südlichen Vorland des Einbergzuges ab, das aus Gosausedimenten besteht.

Im Bereich des Abtenauer Beckens unterscheidet sich der Charakter des Lammertales nicht wesentlich von dem des Annaberger Raumes. Über dem vor allem aus Werfener Schichten oder Haselgebirge aufgebauten Grundgebirge wurde während der Eiszeit eine schwach reliefierte Akkumulationslandschaft geschaffen, in die sich die Lammer später tief eingeschnitten hat. Eine Besonderheit des Abtenauer Beckens, das im S vom Tennengebirge abgeschlossen wird, ist der Auwinkel. Dieses Karstsacktal ist an die rückschreitende Erosion der wasserreichen Tricklbach- und Dachserbach-Quellen in seinem Hintergrund gebunden. Ihre Abflüsse werden im Abtenauer Schwarzenbach gesammelt und der Lammer von links zugeführt. Die heutige Form des Auwinkels ist glazialgeologisch bedingt.

Am Ht. Strubberg, der das Abtenauer Becken im W begrenzt, endet das obere Lammertal. Hier mündet von rechts der Aubach ein, der durch eine markante Mündungsschlucht und -stufe ausgezeichnet ist. Da seine linke Talflanke weitgehend aus verkarsteten Karbonatgesteinen besteht (Gebirgszug Rigausberg–Einberg–Spielbühel), gehen ihm nur auf seiner rechten Seite nennenswerte Seitenbäche zu, deren bedeutendster der Weiteaubach ist.

Das mit dem Eintritt in die Strubberge beginnende mittlere Lammertal stellt insgesamt eine von steilen Hängen begleitete Durchbruchsstrecke dar, die sich kurz vor ihrem Ende noch stärker verengt. Fig. 2 zeigt diese sogenannten Lammeröfen,



Fig. 2: Die Lammeröfen bei Oberscheffau. Blick vom SE-Ausgang nach NNE (Photo B. Toussaint).

die wie in anderen Fällen ihre Entstehung der Verbauung eines älteren Talzuges durch Moränen verdanken und außerdem an eine Gefällstufe in Hallstätter Kalken geknüpft sind.

Das mit dem Austritt aus den Lammeröfen beginnende untere Lammertal verdankt der geringen Widerstandsfähigkeit der Schichten der Untertrias die bei Oberscheffau unvermittelt einsetzende größere Breite, dem eiszeitlichen Gletscherschurf die weitere Verbreiterung, Geradestreckung und Übertiefung. Nach dem Rückzug der Eismassen des letzten Glazials wurde der Talboden wieder aufgeschottert. Nur dort, wo infolge des Untertauchens der Werfener Schichten der Ramsaudolomit des Haarberges und die Hallstätter Kalke des Lammerecks sich nähern, tritt kurz vor der Mündung der Lammer in die Salzach eine Talverengung auf.

Am Ostende des unteren Lammertales mündet linksseitig der Oberscheffauer Schwarzenbach, der wasserreichste Nebenbach der Lammer. Er verliert ebenso wie andere, vergleichsweise unbedeutende Bäche aus dem Tennengebirge und dem Gebiet des Gollinger Schwarzenberges größere Wassermengen in den die Lammer begleitenden Terrassenablagerungen.

## 4. Abfluß

Von den Gliedern der einfachen  $[N = A + V]$  oder erweiterten Wasserhaushaltsgleichung  $[N = A + V + (R - B)]$  ist der Abfluß (A) die wasserwirtschaftlich bei weitem wichtigste hydrologische Kenngröße. Außerdem ist sie meßtechnisch prinzipiell sicherer zu erfassen als speziell in Gebirgsgegenden der Niederschlag (N), die potentielle und aktuelle Verdunstung (V) oder der die Änderung des ober- und unterirdischen Wasservorrates betreffende Term (E - B). Weiterhin stellt sie im Gegensatz zu den anderen Bilanzgliedern bereits einen Gebietsmittelwert dar. Trotzdem birgt auch die Ermittlung des Wasserdargebotes noch genügend Probleme, wenn, wie es im Untersuchungsraum der Fall ist, nur wenige Abflußmeßstellen existieren, deren Standorte zudem nicht optimal die abflußwirksamen geogenen Einflußfaktoren berücksichtigen. Letztere müssen zudem bekannt sein, um hydrologische Fehlinterpretationen zu vermeiden.

Die den Untersuchungen zugrunde liegenden Abflüsse werden, wie in den Alpenländern üblich, auf das mit dem Monat Oktober beginnende Wasserhaushaltsjahr bezogen. Der Gesamtabfluß (A) wird zwar gemäß Gleichung  $A = A_o + A_u + A_{Gw}$  als Oberflächen- inklusiv dem ungleich wichtigeren Zwischenabfluß ( $A_o$ ), grundwasserbürtiger Abfluß ( $A_u$ ) und nicht an einem Pegel erfaßbarer unterirdischer Abstrom ( $A_{Gw}$ ) differenziert betrachtet, jedoch werden die einzelnen Anteile des Wasserdargebotes nicht getrennt quantifiziert [13]. Diese Vorgehensweise ist dadurch begründet, daß der Problemstellung entsprechend keine Grundwasserbilanz aufgestellt wird, sondern der Gesamtabfluß, der über die Lammerinfiltration das Grundwasser des südlichen Salzburger Beckens alimentiert, im Vordergrund steht. Insbesondere wird auf die Analyse des Abflußregimes der Lammer und ihren Niedrigwasserabfluß Wert gelegt.

### 4.1. Abflußrelevante Einflußfaktoren

#### 4.1.1. Hydrogeologische Verhältnisse

Nach Form und Genese der hydraulisch wirksamen Hohlräume der Gesteine des Lammergebietes lassen sich Poren- und Kluftwasserleiter unterscheiden. Wegen ihrer weiten Verbreitung und Mächtigkeit kommt den *Festgesteinen*, deren Wegsam-

keit für Wasser praktisch nur auf den *Klüften* beruht, dominierende Bedeutung zu.

Ganz allgemein bestimmen Konfiguration, Weite, Abstand und Verteilung der Klüfte sowie ihre hydraulisch wirksame Reichweite das Wasserleitvermögen der Gesteine. Bei den große Areale des Untersuchungsraumes einnehmenden wasserlöslichen Karbonatgesteinen kommt als weiterer, die Gebietshydrologie signifikant beeinflussender Faktor noch die Verkarstung hinzu. Der unterirdische Verkarstungsprozeß spielt sich nicht nur in der ungesättigten Zone, also oberhalb des Karstwasserspiegels, ab. Die Bildung großer Lösungshohlräume ist auch im gesättigten Bereich eines Gebirgskörpers infolge der Wirkung der Mischungskorrosion möglich [41]. Sind einmal erweiterte Wasserwege im Berginnern vorhanden, sind für die weitere Lösungstätigkeit außer dem Gesteinschemismus die Lage des Gesteinskomplexes über dem Vorfluter, die Art des Fließens des Karstwassers, dessen Verweildauer sowie die Temperatur-(und damit Klima-)Verhältnisse von hohem Belang.

Nach der Höhenlage der absoluten Verkarstungsbasis relativ zum Erosionsniveau wird ein „Seichter Karst“ und ein „Tiefer Karst“ unterschieden. Die den Kalkhochalpen angehörenden Gebirgsmassive des Lammergebietes repräsentieren in weiten Bereichen einen Seichten Karst. Insbesondere im S der Karststöcke liegt die nicht verkarstungsfähige, wasserstauende Basis hoch über den umgebenden Talböden, nur im nördlichen Tennengebirge tauchen die Dachsteinkalke unter die Geländeoberfläche ab. Die Kalkvoralpen (Gamsfeldregion, Osterhorngruppe) gehören dagegen dem Typus des Tiefen Karstes an. Der Entwässerungsmechanismus des Seichten Karstes im gemäßigten Klimabereich ist ausgezeichnet durch ein in jahreszeitlichen Schüben wasserführendes Karströhrensystem mit nicht nennenswerter Speicherung [7, 41]. Beim Tiefen Karst hat das Karstwasser dagegen längere Verweilzeiten, die verschiedenen alten Wasseranteile sind vermischt. Den großen Karstquellen des Tennengebirges wurden im Jahre 1973 Wasserproben zur Tritiumbestimmung entnommen [14], Ergebnisse wurden bislang jedoch nicht veröffentlicht. Aufgrund der geologischen Gesamtsituation kann jedoch gefolgert werden, daß sich im Abflußverhalten der Lammer eine Überlagerung der beiden aufgezeichneten Entwässerungstypen bemerkbar machen dürfte (s. Kap. 4.3., 4.4.), allerdings mit Dominanz des Typs des Seichten Karstes.

Hinsichtlich der Karstentwässerung von Kalksteinen und Dolomiten gibt es wegen strukturbedingter lithologischer Besonderheiten charakteristische Unterschiede, obwohl auch Übergänge möglich sind. In den chemisch sehr reinen, in der Regel stark verkarsteten obertriadischen *Dachsteinkalken* wird das versickernde Niederschlagswasser in den tiefgreifenden und meist großdimensionierten Klüftwegen rasch abgeführt. Gleiches gilt mit Einschränkungen auch für die liassischen Kalksteine. Tracereinsätze in Karstmassiven der nordöstlichen Kalkhochalpen [1, 7, 32, 41] lassen erkennen, daß die großen Drainsysteme, in denen das Karstwasser zeitweise turbulent strömen kann, für den übrigen Karstwasserkörper eine ähnliche Vorflutfunktion ausüben wie ein Oberflächengerinne auf seine Zubringer und das Grundwasser seiner Umgebung. Sie werden vom allgemeinen Karstwasserkörper alimentiert und senken dessen Oberfläche je nach den herrschenden hydrogeologischen Gegebenheiten mehr oder weniger stark ab. Deswegen betragen die Flurabstände des freien Karstwasserspiegels im Kalksteinkarst des Untersuchungsgebietes bis mehrere hundert Meter. Diese Leitlinien der unterirdischen Verkarstung, die an Störungszonen gebunden sind, die auch morphologisch in Dolinen- oder Karstschachtreihen an der Erdoberfläche ihren Ausdruck finden können [33], stehen mit großen Quellenbezirken am Fuß der Gebirgsmassive in Verbindung. Da die Karsthohlräume nur vorübergehend beträchtliche Wassermengen fassen, das Retentionsvermögen des Karstwasserspeichers aber meistens nur gering ist, sind diese schüt-



tungsstarken Karstwasseraustritte durch beträchtliche Ergiebigkeitsschwankungen gekennzeichnet. Bezüglich Einzelheiten zur Hydrogeologie und damit zusammenhängend Hydrochemie dieser Quellen wird auf die das Lammergebiet betreffende Spezialliteratur [14, 32] verwiesen.

Die anderen triadischen Kalksteine des Lammergebietes, insbesondere die meisten Hallstätter Kalke, müssen pauschal als nur mittelmäßige Grundwasserleiter angesehen werden. Zahlreiche stauende Einschaltungen verursachen den Austritt wenig ergiebiger Quellen innerhalb des gesamten Schichtprofils.

Die mittel- und obertriadischen *Dolomite* können ebenfalls merklich verkarstet sein. In ihnen bilden sich aber wegen der engscharigen Zerbrechung nur selten weiter verzweigte Entwässerungsbahnen heraus, die zudem relativ oberflächennah sind. Die Folge sind im allgemeinen hoch liegende Wasseraustritte. Nur wo Verwerfungen ein Dolomitmassiv durchschlagen und hydraulisch wirksam sind, können auch in tieferen Hanglagen Quellen beobachtet werden. Da das Grundwasser in zahllosen engen Klüften zirkuliert und die Fließgeschwindigkeit dabei durch starke Reibungsverluste herabgesetzt wird, ist im Dolomitkarst in der Regel nur mit laminaren Fließzuständen zu rechnen. Im Gegensatz zum Kalkkarst wird daher nicht von „Karstwasser“ gesprochen. Das Schüttungsverhalten der Quellen mit Speicherräumen in Dolomiten ist wesentlich ausgeglichener als bei Quellen in Kalkgebieten. Im Vergleich zum stark verkarsteten Dachsteinkalk können die Dolomite wasserstauend wirken und somit einen Einfluß auf die Richtung der Gebirgsdränage haben [32].

Im nördlichen Untersuchungsgebiet herrschen jurassisch-unterkretazische *Mergel* und *Kalkmergel* vor, deren Wasserwegsamkeit im allgemeinen gering ist. Abgesehen von den verkarstungsanfälligen Barmsteinkalkzügen spricht jedoch der Höhlenreichtum der Trattberggegend für eine stärkere Verkarstung der regional kalkreicheren malmischen Oberalmer Schichten. Die im Gosaubecken, im südlichen Vorland des Einberges und in der Weitenau großflächig austreichenden kretazischen *Sandsteine*, *Mergel* und untergeordnet *Kalksteine* können in ihrer Gesamtheit hydrogeologisch mit den Verhältnissen in der mittleren und nördlichen Osterhorngruppe verglichen werden. Das Grundwasser zirkuliert sowohl in Poren als auch auf Klüften, die für die Grundwasserbewegung jedoch maßgebend sind. Die mit dem raschen lithologischen Wechsel im stratigraphischen Verband verbundene Ausbildung mehrerer, im allgemeinen geringmächtiger Grundwasserstockwerke führt zur Entstehung zahlreicher Quellen. Diese sind bei stark schwankender Schüttung in der Regel wenig ergiebig. Nur dort, wo über Störungszonen tiefergelegene Grundwasservorkommen hydraulischen Kontakt mit schwebenden Grundwasserhorizonten haben, wird das Einzugsgebiet und damit die Schüttung der in den unteren Hanglagen entspringenden Wasseraustritte vergrößert.

Den vorstehend generalisierend als sehr gut bis mäßig eingestuften Grundwasserleitern werden die Geringleiter, in der Hauptsache *Tonsteine*, gegenübergestellt, die als ganzes gesehen in hydrologischer Hinsicht stauende Funktion haben. Besondere Bedeutung kommt wegen seiner weiten Verbreitung und seiner erheblichen Mächtigkeit vor allem dem Werfener Schichtenkomplex zu, dessen Obergrenze die wichtigste Grundwassersohlschicht und die Verkarstungsbasis darstellt. Nur dort, wo die Hangendpartie der Werfener Schichten kalkig, sandig oder quarzitisch ausgebildet ist oder starke tektonische Beanspruchungen des Gesteinspaketes eine Rolle spielen, können Karstquellen ausnahmsweise auch innerhalb dieser Gesteinsserie auftreten [32]. Die Einfallrichtung des untertriadischen Schichtgliedes ist mitbestimmend für die Hauptentwässerung der Karststöcke, deren Sockel es bildet. Ein gutes Beispiel ist das Tennengebirge, das überwiegend nach N hin dräniert wird. Als Stauer spielen auch die jurassischen Strubberschichten eine große Rolle. Zusammen mit Werfener

Schichten oder Haselgebirge dichten sie den Karstwasserkörper des Tennengebirges in den nördlichen Hanglagen ab, auf ihren Liegendausstrich sind die größten Karstquellen des gesamten Lammergebietes bezogen (s. Kap. 3.2., 4.3.).

Rund ein Viertel des Untersuchungsraumes wird von quartären *Lockersedimenten* eingenommen, deren gravitativ entwässerbare *Poren* als Grundwasserumsatzraum dienen. Hydrogeologische Bedeutung haben nur die jungpleistozänen, durch kalkreiche Grundwässer örtlich zu Konglomeraten („Nagelfluh“) verkitteten fluviatilen und fluvioglazialen *Sande, Kiese* und *Schotter* längs der Lammer. Sie enthalten ausgedehnte, durch pelitische Zwischenlagen in sich untergegliederte Grundwasserkörper. Im Annaberger und vor allem im Abtenauer Raum fungieren weit verbreitete Moränenablagerungen als lehmige Deckschichten. Zahlreiche kleine Quellen sind Ausdruck eines oftmaligen Wechsels der Permeabilität dieser glazigen Sedimente.

Die Zusammenstellung der vorstehend nach hydrogeologischen Gesichtspunkten beschriebenen petrographischen Groseinheiten in Tab. 2 und die der Tafel I zu entnehmende regionale Verbreitung zeigen auf, daß im hydrographischen Teilgebiet I (große Teile des oberen Lammergebietes) Gesteine mit im wesentlichen geringer Permeabilität und wechselnden Speicherkoeffizienten dominieren. Im Teilgebiet II überwiegen wasserwegsame Karbonatgesteine mit teilweise sehr geringem Retentionsvermögen.

Die unterschiedliche räumliche Verteilung dieser Gesteinseinheiten ist z. T. in der Tektonik begründet. Die tektonisch bedingte Wiederholung von oberpermisch-skythischen Geringleitern einerseits und Kluftwasserleitern bzw. Karstwasserleitern vor allem der mittleren und oberen Trias andererseits ist Voraussetzung für die Existenz auf die einzelnen Teildecken bezogener hydrogeologischer Einheiten, die in sich wieder stärker gegliedert sein können. Den Deckengrenzen kommen theoretisch somit wichtige hydrologische Funktionen zu. Andererseits gibt es genügend Beispiele, daß zwischen den Teildecken hydraulische Kontakte bestehen, da impermeable Sedimente z. B. bevorzugt als Gleithorizonte fungierten und durch Ausquetschung ihre stauenden Eigenschaften verloren haben [32].

Trotz der weiten Verbreitung verkarsteter Gesteinsfolgen ist die Lammer mit Ausnahme ihres Mündungsabschnittes ein effluenter Vorfluter. Der Fluß ist oberhalb von Oberscheffau weitgehend in wenig wasserwegsame Festgesteine eingeschnitten. Das Kluftgrundwasser bzw. Karstwasser tritt hauptsächlich in Form von Quellabflüssen in das Gewässer über, indirekte seitliche Zutritte sind sehr selten. Westlich Oberscheffau wird reichlich Oberflächenwasser (in der Regel Abflüsse der Quellen, weniger Lammerwasser) in das Grundwasser eingespeist. Im Bereich der Talenge zwischen Lammereck und Haarberg tritt infolge Verringerung des unterirdischen Abflußquerschnittes dieses den Fluß in der grobkörnigen Talfüllung begleitende Grundwasser in Form von Grundquellen wieder in das Oberflächengewässer über. Erst anschließend gehen größere Mengen von Lammerwasser an das Salzburger Becken verloren und können vom Pegel Obergäu als unterirdischer Abstrom nicht erfaßt werden (s. Kap. 4.5.).

#### 4.1.2. Morphologie, Klima, Vegetation, Böden

Bei einer mittleren Gebietshöhe von etwa 1200 m sind für das Lammergebiet starke Reliefunterschiede kennzeichnend. Daher dürfen bei hydrologischen Betrachtungen die rasch wechselnden *morphologischen* Verhältnisse nicht vernachlässigt werden. Das Tennengebirge steigt zwar auch wie der allseitig von Wandabstürzen gekennzeichnete NW-SE-gestreckte Gosaukamm steil aus den Tälern bis über 2400 m Höhe empor, doch sind für es weitflächige Verebnungen mit Trockentalungen typisch. Diese nach NW bis N exponierten und besonders in Höhenlagen zwischen 1700 und

2200 m verbreiteten Reste einer jungtertiären Piedmonttreppe sind für den „Plateau“-Charakter dieses Gebirgsmassives bestimmend (s. Kap. 3.1.). Starke Oberflächenverkarstung [33] und eiszeitlicher Gletscherschurf haben diese primär nur schwach reliefierten Flächen morphologisch überprägt. Der westliche, größere Teil des Untersuchungsgebietes weist mit Ausnahme der Gamsfeldregion, der südlichen Osterhorngruppe und den Bergen des mittleren und unteren Lammertales eher ein förmige Mittelgebirgsmerkmale auf mit relativ geringen Reliefunterschieden und ständig wechselnden Expositionen. Es kommen auch ausgesprochen großflächige Verebnungen (z. B. Postalmgebiet der östlichen Osterhorngruppe) und zahlreiche Gehängeverflachungen vor. Das Abtenauer Becken und die Annaberger Senke haben, da sie ihr Formenbild der eiszeitlichen Akkumulation verdanken, ein noch modifizierteres Relief. Den zuletzt genannten Gebieten ist eine starke Zertalung eigen.

Entsprechend der landschaftlichen Vielfalt sind in den einzelnen Teilen des Untersuchungsraumes auch die Böschungsverhältnisse sowie weitere hydromorphologische Parameter sehr unterschiedlich (s. Kap. 3.2.). Hinweise auf die Reliefverhältnisse in den Teilgebieten des Betrachtungsgebietes geben die hypsographischen Kurven der Fig. 3, die Unterschiede kommen deutlich zum Ausdruck.

Das Lammergebiet hat einen mitteleuropäisch-ozeanischen *Klimacharakter*, nur der südliche Teil ist stärker kontinental geprägt. Wegen seiner zum Salzburger Becken hin offenen Lage können die maritimen, vorwiegend aus N oder NW kommenden Winde ungehindert in das Lammergebiet eindringen. Die Folge sind hohe Niederschläge im Stau der Gebirge. Die jährlichen Niederschlagshöhen betragen an der Lammermündung für die Periode 1901/70 rund 1450 mm, die Osterhorngruppe empfängt in 1000 m Höhe bereits über 1700 mm Jahresniederschlag, im Tennengebirge kann in 2000 m Höhe mit 2300–2400 mm/a, in Höhenlagen von 2400 m mit 2500–2600 mm/a gerechnet werden [3, 4]. Im Abtenauer Becken und im Bereich Annaberger fallen bei ausgesprochener Luvlage auch in Tallagen 1500–1600 mm Niederschlag jährlich. Im Lee der Kalkhochalpen, die eine Wetterscheide ersten Ranges dar-

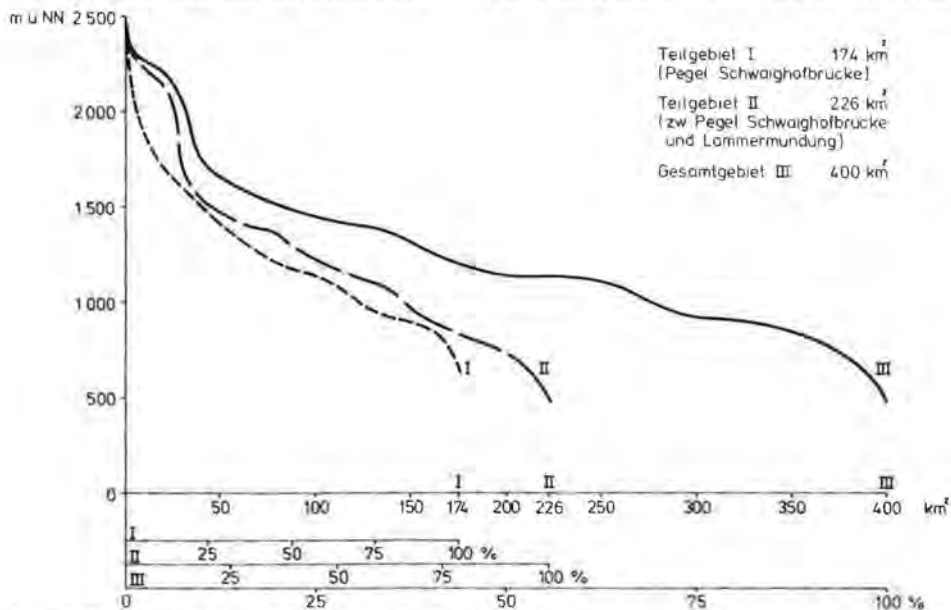


Fig. 3: Hypsographische Kurven des Lammergebietes.

stellen, sind die Niederschlagshöhen deutlich geringer. In Werfenweng, das rund 950 m hoch liegt, fallen im Jahresdurchschnitt nur 1130 mm Niederschlag. Werden die mittleren Jahresniederschläge der Jahresreihe 1951/75 verschiedener im Lammergebiet und seiner Umgebung gelegener Niederschlagsstationen linear mit der topographischen Höhe der Stationen korreliert, so ergibt sich bei Berücksichtigung von knapp 14% Leelagen und bei Gewichtung der Niederschläge entsprechend der Höhenstufen-Flächenanteile (s. Fig. 3) ein mittlerer Gebietsniederschlag von 1925 mm/a [34]. Die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge zeigt ein ausgesprochenes Sommermaximum, der Winter ist niederschlagsarm. Im Lammergebiet beträgt der Quotient  $N_{So}/N_{Wi}$  1,5 : 1 [34]. Die niederschlagsärmsten Monate sind in Tallagen Oktober oder November, ein sekundäres Minimum fällt auf Februar oder März. Die Höhen empfangen im November oder Jänner die wenigsten Niederschläge.

Ein Teil der Niederschläge fällt als Schnee. In den Talregionen kann er mit ca. 20% der Jahressumme veranschlagt werden, in den höchstgelegenen Gebirgsbereichen mit 70–80%. Der erste Schnee fällt im unteren Lammertal im allgemeinen Ende November, in den Tallagen des mittleren und oberen Lammertales meist Anfang dieses Monats. Während der Schnee bei Golling rund 80 Tage liegen bleibt, sind in den Höhenregionen zwischen 2400 und 2500 m im langjährigen Durchschnitt nur die Monate Juli bis September schneefrei. Mit der Meereshöhe steigen die mittleren größten Schneehöhen entsprechend von etwa 0,5 m im Lammerrindungsgebiet und 0,8–0,9 m im Abtenauer Becken bis auf 3–4 m in den höchsten Gebirgslagen an. In dem gekammerten Relief im Bereich der verkarsteten Hochplateaus der Kalkstöcke kann die Schneehöhe auf kleinstem Raum einem starken und raschen Wechsel unterworfen sein.

Die Ausbildung einer Schneedecke bewirkt, daß der gefallene Niederschlag erst zu einem späteren Zeitpunkt und mit veränderter Intensität hydrologisch wirksam wird.

Die niedrigen mittleren Lufttemperaturen [2] betonen den submontanen bis alpinen Charakter des Lammergebietes. Während das Jahresmittel im Salzsachtal bei Golling–Hallein etwa 8° C (Reihe 1901/70) beträgt, werden im Bereich Abtenau nur noch knapp über 6° C gemessen, in den Tälern südlich der Kalkhochalpen noch weniger. In der mittleren Gebietshöhe von 1200 m wurde die langjährige Durchschnittstemperatur mit 5,1° C berechnet [34]. Die höchsten Temperaturwerte fallen im langjährigen Durchschnitt mit den sommerlichen Niederschlagsmaxima zusammen, die niedrigsten Temperaturen werden im Januar registriert. Im Extremfall kann innerhalb eines Jahres die Lufttemperatur zwischen +30° C und –25° C schwanken. Die Wärmeenergie absorbierende Schneeschmelze in den Hochlagen bedingt eine langsame Erwärmung der Höhen im Frühjahr. Da im Herbst die Hochregionen unter dem Einfluß des häufig herrschenden Antizyklonalföhns im Gegensatz zu den Tälern noch lange relativ warm sind, liegt im April die 0°-Isotherme im Mittel in 1800 m Höhe und im Oktober in 2250 m. Das bedeutet, daß die höheren Teile des Tennengebirges, des Gosaukammes, der Gamsfeldregion und auch der Osterhorngruppe von Ende Oktober bis Ende April in der Frostregion liegen.

Bei hydrologischen Betrachtungen im Sinne der Problemstellung muß auch der *Vegetation* Aufmerksamkeit geschenkt werden, da sie über Interzeption, Transpiration und Ausschöpfung des Bodenwasservorrates die Größenordnung und den Gang des Abflusses erheblich beeinflußt.

Das Lammergebiet ist zu ca. 70% bewaldet, der Rest ist Acker- und Weideland bzw. liegt oberhalb der Waldgrenze. Die mittlere *klimatische* Waldgrenze kann in der Osterhorngruppe bei 1700 m, in den Kalkhochalpenanteilen zwischen 1700 m und 1800 m Höhe angesetzt werden. Die *tatsächliche* Waldgrenze wird wegen der Steilheit der Hänge am Südabfall des Tennengebirges und am westlichen und südwestli-



chen Gosaukamm bereits in 1400–1500 m angetroffen, für den weniger steilen Nordabhang des Tennengebirges ergibt sich eine Höhe um 1600 m.

Die größten landwirtschaftlich genutzten Flächen befinden sich im Bereich der Annaberger Senke, im Abtenauer Becken und im Ostteil der Osterhorngruppe. Mehr oder weniger ausgedehnte Waldungen sind für die zentrale und südliche Osterhorngruppe, die Ränder des Abtenauer Beckens, das Rußbachtal, den Nordhang des Tennengebirges und in dessen südlichem Vorland kennzeichnend.

Die natürliche Vegetation kann in Zonen gegliedert werden, für deren Ausbildung im wesentlichen die Temperaturverhältnisse maßgebend sind. In der submontanen Stufe unterhalb 1100 m tritt vorwiegend Mischwald auf. Bis zur Waldgrenze schließt sich nach oben die montane Stufe an, in deren unterem Teil als Charakterbäume Rotbuche und Tanne vorkommen, während im oberen Bereich die kontinentaleres Klima liebende Fichte dominiert. Diese wird in noch größerer Höhe von der weniger kälteempfindlichen Lärche und in noch extremeren Lagen von der allerdings in nur wenigen Exemplaren vertretenen Zirbe verdrängt. In der subalpinen Stufe oberhalb der Waldgrenze bildet die Legföhre oder Latsche ausgedehnte Bestände, für ihr optimales Wachstum benötigt sie einige Monate Schneebedeckung. Die bereits in der subalpinen Stufe auftretenden Zwergsträucher können in der unteren alpinen Stufe oft weite Verbreitung finden. Ab etwa 2200 m verzahnen sie sich immer mehr mit den meist lückenhaften Grasfluren der oberen alpinen Stufe. Der Bereich der Hochplateaus der Karststöcke ist fast vegetationsfrei.

Die Böden haben wegen ihres Wasserhaltevermögens starken Einfluß auf das Abflußgeschehen. Es handelt sich um terrestrische Böden mit Ausnahme der im postglazialen Atlantikum oder später entstandenen Moore des Eglsees bei Abtenau und des Seewaldsees südlich des Trattberges. Auf Moränenablagerungen der Tallagen, insbesondere im Abtenauer Becken, finden sich weit verbreitet Braunerden. In den zeitweilig überschwemmten Talauen kommen leicht vergleyte Auenrohböden vor. Den Werfener Schichten und ähnlichen Gesteinen sind Pseudogleye, podsolige Braunerden und Podsole eigen, in steileren Hanglagen auch Ranker.

Diesen Bodentypen sind die verschiedenen Rendzinen gegenüberzustellen, die für die von Kalksteinen, Dolomiten und Mergelsteinen eingenommenen Flächen typisch sind. Charakteristisch für mittlere Gebirgslagen ist die sehr wasserdurchlässige Kalkrendzina. An Wänden oder Graten wird die Syrosemrendzina mit geringmächtiger mineralischer Humuskrume angetroffen. Auf den Plateaus kann sich wegen der hohen Lage kein tiefes Bodenprofil entwickeln. Weite Flächen oberhalb 2000 m Höhe sind völlig ohne Bodenbildung, da unter dem Einfluß des extremen Klimas die beginnende Humusbildung immer wieder durch Abspülung oder Windwirkung zerstört wird. Nur unter alpinen Rasenheiden finden sich verbraunte Rendzinen.

Eine Besonderheit der Karsthochflächen sind die intensiv gefärbten Rottone, die in Karsthohlformen lokal größere Mächtigkeiten erreichen können. Es handelt sich bei ihnen um Reliktböden des Jungtertiärs, z. T. wohl auch des R-W-Interglazials.

Bei zusammenfassender Würdigung der hier erörterten, den Abfluß beeinflussenden Geofaktoren wird offensichtlich, daß die hochgelegenen Dolomit- und Kalkstöcke des Lammergebietes reichlich Niederschläge empfangen. Wegen der geringen Transpiration der nur schütterten Vegetation, der meist nur schwachen Bodenbildung und des Vorliegens von Verebnungsflächen, die von zahllosen karstkorrosiv entstandenen Schlucklöchern perforiert sind, kann selbst bei Starkregen ein Großteil der Niederschläge rasch zur Grundwasser- bzw. Karstwasseroberfläche absickern. Dagegen werden die übrigen Teilgebiete, deren Gesteinsfolgen überwiegend lehmig verwittern, zu einem großen Teil oberflächlich bzw. oberflächennah entwässert. Eine dichte Pflanzendecke macht sich zwar durch hohe produktive Verdunstung bemerkbar, dämpft aber auch den Abflußgang.



## 4.2. Meßnetz und gewässerkundliche Hauptzahlen

Wasserstände und Abflüsse der Lammer werden am bereits erwähnten amtlichen Pegel Schwaighofbrücke (Pegel-Nr. 132), dem ein 174 km<sup>2</sup> großes und im Mittel etwa 1175 m hoch gelegenes Niederschlagsgebiet angeschlossen ist, und am Pegel Obergäu (Pegel-Nr. 133) mit einem oberirdischen Einzugsgebiet von 399,5 km<sup>2</sup> Fläche und ca. 1200 m mittlerer Höhe erfaßt. Das Zwischengebiet weist eine Höhe von etwa 1220 m auf. Beide Pegel bestehen seit 1898 bzw. 1895. Für eine differenzierte Betrachtung des Abflußgeschehens im Lammergebiet reicht in Anbetracht der hydrogeologischen Gegebenheiten die Zahl der Pegel nicht aus, deren Standorte außerdem nicht glücklich gewählt sind. Von den Seitenbächen werden nur die aus dem Tennengebirge kommenden Abflüsse der Tricklbach- und Dachserbachquellen sowie des Oberscheffauer Winnerfall-Schwarzenbach-Quellenbezirkes durch Pegel erfaßt. Abgesehen von sporadischen Messungen in den Jahren 1927/30 liegen erst seit 1973 durchgehende Meßreihen vor [14].

Im Jahre 1977 bestanden im Bundesland Salzburg 45 amtliche Grundwasserstandsmeßstellen [37]. Mit Ausnahme der im Zusammenhang mit Spezialuntersuchungen im Salzburger Becken vor wenigen Jahren erstellten Peilrohre existieren im Lammergebiet keine Meßstellen, an denen regelmäßig Grundwasserbeobachtungen vorgenommen werden.

Die für die Analyse des Abflußgeschehens erforderlichen Niederschlagsdaten werden im Untersuchungsgebiet nur an drei Talstationen ermittelt. Dies reicht nicht aus, um das für Wasserhaushaltsbilanzierungen wichtige regionale Verteilungsmuster des Niederschlags zu übersehen. Deswegen wertete der Verfasser die Meßwerte 15 weiterer Stationen aus [34]. An einzelnen Stationen werden auch Lufttemperaturen und fast immer Schneehöhe und Schneedichte gemessen [2, 3, 4].

Vom Pegel Schwaighofbrücke liegen erst seit 1966 Abflußwerte vor [12]. Um die hydrologischen Verhältnisse im zugeordneten Teilgebiet I für den gesamten hier zugrunde gelegten Bilanzzeitraum 1951/75 darstellen zu können, wurde eine rückwärtige Verlängerung der unterschiedlich langen Jahresreihen der Pegel Schwaighofbrücke und Obergäu mittels einer Regressionsanalyse vorgenommen. Bei Verwendung der mittleren Monatsabflüsse des deckungsgleichen Zeitraums 1966/75 lautet die Gleichung

$$\text{MoMQ}_I = 1,054 + 0,279 \text{ MoMQ}_G.$$

Die Indizes stehen für Teilgebiet I und Gesamtgebiet. Der Korrelationskoeffizient  $R = 0,91$  weist auf eine sehr straffe Beziehung der beiden Variablen hin. Mit Hilfe dieser Gleichung lassen sich die MoMQ-Werte des Pegels Schwaighofbrücke zurückrechnen. Aus der Differenz beider MoMQ-Werte ergeben sich die entsprechenden Abflüsse des Teilgebietes II. Der aus einer weiteren, ebenfalls auf die Jahresreihe 1966/75 bezogenen Regressionsrechnung mit der Gleichung

$$\text{MoMQ}_{II} = -1,717 + 0,753 \text{ MoMQ}_G$$

abgeleitete Korrelationskoeffizient  $R = 0,99$  ist so zu interpretieren, daß Teilgebiet II und Gesamtgebiet hydrologisch weitgehend übereinstimmen (s. Tafel II).

In den Tab. 4.1.–4.3. sind die monatlichen und jährlichen Abflußmittel der Teilgebiete und des Gesamtgebietes zusammengestellt, ebenso Pentaden- und langjährige Mittel. Bezogen auf die Periode 1951/75 flossen im Teilgebiet I im Jahresdurchschnitt 6,25 m<sup>3</sup>/s Wasser oberirdisch ( $A_o + A_u$ ) ab, im Teilgebiet II mit 12,23 m<sup>3</sup>/s demgegenüber fast die doppelte Menge. Für das Gesamtgebiet wurde entsprechend ein Abfluß von 18,48 m<sup>3</sup>/s registriert. Wegen der Unterläufigkeit des Pegels Obergäu (s. Kap. 4.5.) konnte jedoch nicht der gesamte grundwasserbürtige Abfluß ( $A_u + A_{Gw}$ ) erfaßt werden.

Tabelle 4.1. Monats- und Jahresmittel der Lammerabflüsse (m<sup>3</sup>/s) am Pegel Schwaighofbrücke im Zeitraum 1951/75.  
 (\* Die Mittelwerte der Jahre 1951/65 wurden errechnet.)

Jahr	Monate												Kal.-Jahr	Abfluß- jahr
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
1950*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,31	4,79	3,02	—	—
51*	2,94	4,38	5,89	7,95	9,04	8,93	10,05	5,75	3,33	2,93	3,78	4,10	5,76	5,78
52*	3,36	2,68	6,84	10,44	8,77	9,55	2,39	5,66	6,56	6,87	5,27	4,10	6,04	5,59
53*	2,21	1,62	6,00	7,49	10,55	7,98	10,71	7,79	2,92	2,78	1,97	2,18	5,35	6,13
54*	4,49	2,48	7,95	8,74	9,94	11,92	26,47	5,75	4,18	8,35	5,35	5,38	8,41	7,40
55*	4,30	3,90	6,08	11,03	11,56	10,47	18,57	9,10	5,83	4,21	3,14	4,18	7,70	8,32
1951/55*	3,46	3,01	6,55	9,13	9,97	9,77	13,64	6,81	4,56	5,03	3,91	3,97	6,65	6,64
56*	2,77	2,34	8,63	7,65	9,55	17,31	6,67	7,31	9,52	4,66	5,02	6,19	7,30	6,94
57*	4,18	5,83	7,82	7,40	6,67	8,35	12,48	7,09	6,25	2,85	2,42	2,62	6,16	6,83
58*	1,87	6,73	3,26	6,92	9,21	7,62	4,88	4,30	5,30	8,71	5,02	2,97	5,57	4,83
59*	2,63	2,43	4,99	7,56	5,86	11,22	9,02	20,86	3,09	2,45	2,53	2,39	6,25	7,03
60*	3,53	3,69	5,86	4,85	6,75	6,11	9,44	10,05	5,64	4,32	3,25	2,32	5,48	5,28
1956/60*	3,00	4,20	6,11	6,88	7,61	10,12	8,50	9,92	5,96	4,60	3,65	3,30	6,15	6,18
61*	1,83	3,65	6,28	7,56	12,68	10,33	5,83	6,39	2,64	1,92	2,46	7,93	5,79	5,59
62*	2,79	2,89	3,76	10,50	10,41	8,71	8,15	4,74	4,04	2,47	3,01	(2,44)	5,33	5,69
63*	(2,36)	(2,00)	4,35	8,93	6,59	6,11	4,21	5,05	3,88	3,90	3,05	2,09	4,38	4,28
64*	1,82	2,13	3,73	8,77	9,21	6,28	6,61	6,33	4,66	6,08	8,68	3,37	5,64	4,88
65*	2,48	2,81	8,82	12,34	18,38	17,96	9,80	8,54	6,64	3,05	2,38	3,93	8,09	8,82
1961/65*	(2,26)	(2,70)	5,39	9,62	11,45	9,88	6,92	6,21	4,37	3,48	3,92	(3,95)	5,85	5,85
66	3,21	8,24	6,13	12,90	9,61	9,44	10,40	11,40	6,35	3,22	2,98	4,08	7,33	7,25
67	3,84	6,19	10,10	16,50	20,20	12,70	5,98	4,14	4,74	3,60	3,41	3,11	7,88	7,89
68	4,08	4,72	8,33	15,10	7,08	5,64	9,54	6,65	5,57	6,62	2,50	2,00	6,49	6,40
69	(2,34)	2,16	4,04	8,60	4,12	5,03	4,28	5,38	3,55	1,93	1,90	1,81	3,76	4,22
70	2,32	2,92	3,69	12,10	15,50	11,60	10,90	12,00	8,59	10,20	7,66	5,25	8,56	7,11
1966/70	(3,16)	4,85	6,46	13,04	11,30	8,88	8,22	7,91	5,76	5,11	3,69	3,25	6,80	6,57
71	3,72	3,96	6,02	10,70	5,60	7,75	4,82	4,08	3,83	3,21	2,82	4,46	5,08	6,13
72	1,22	1,83	1,93	4,95	4,75	4,84	6,72	4,83	2,19	(3,85)	5,54	4,29	3,91	3,65
73	1,83	1,83	3,66	7,84	13,20	8,28	4,28	2,70	3,30	4,48	6,86	4,90	5,26	5,05
74	5,41	5,19	10,99	7,30	9,79	11,70	9,71	4,45	3,18	3,73	3,30	6,09	6,74	7,00
75	4,98	4,84	8,13	13,00	15,30	11,00	15,23	5,99	5,66	4,12	4,39	4,24	8,07	8,10
1971/75	3,43	3,53	6,15	8,76	9,73	8,71	8,15	4,41	3,63	(3,88)	4,58	4,80	5,81	5,99
1951/75 Kal.-Jahr	3,06	3,66	6,13	9,48	10,01	9,47	9,09	7,05	4,86	4,42	3,95	3,85	6,25	—
1951/75 Abflußjahr	3,06	3,66	6,13	9,48	10,01	9,47	9,09	7,05	4,86	4,39	3,96	3,80	—	6,25

Zeitraum 1951/75.

(\* Die Mittelwerte der Jahre 1951/65 wurden errechnet.)

Jahr	Monate												Kal.-Jahr	Abfluß-jahr
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
1950*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,59	9,01	5,17	-	-
51*	3,82	7,52	11,41	16,75	19,56	19,27	13,15	11,05	4,82	3,79	5,97	6,80	10,34	10,93
52*	4,89	3,13	13,86	23,16	18,83	20,85	2,40	10,84	13,14	13,93	9,83	6,80	11,81	10,64
53*	1,94	0,41	11,70	15,56	23,25	16,82	23,84	16,31	3,76	3,39	1,29	1,85	10,01	12,01
54*	7,81	(2,64)	16,75	18,76	21,86	26,98	64,50	11,05	7,02	17,75	10,12	9,90	17,93	15,33
55*	7,30	6,30	11,92	24,67	26,04	23,23	44,13	19,70	11,27	7,09	4,32	7,02	16,08	17,70
1951/55*	5,15	(4,00)	13,13	19,78	21,91	21,43	31,60	13,79	8,01	9,19	6,30	6,48	13,23	13,33
56*	3,37	2,27	18,47	15,95	20,85	40,89	13,43	15,09	20,78	8,24	9,18	12,21	15,06	14,13
57*	7,02	11,27	16,38	15,30	13,43	17,75	28,42	14,51	12,35	3,59	2,47	2,97	12,13	13,84
58*	1,05	13,57	4,64	14,08	19,99	15,88	8,82	7,30	9,90	18,69	9,18	3,89	10,58	8,69
59*	3,00	2,50	9,11	15,74	11,34	25,18	19,48	50,04	4,19	2,55	2,75	2,39	12,36	14,36
60*	5,32	5,74	11,34	8,75	13,65	11,99	20,56	22,15	10,76	7,38	4,61	2,20	10,37	9,83
1956/60*	3,95	7,07	11,99	13,96	15,85	22,34	18,14	21,82	11,60	8,09	5,64	4,73	12,10	12,17
61*	0,95	5,63	12,42	15,74	28,92	22,87	11,27	12,71	3,05	1,17	2,57	16,67	11,17	10,65
62*	3,42	3,69	5,92	23,30	25,09	18,69	17,25	8,46	6,66	2,61	4,00	(2,51)	10,13	11,08
63*	(2,32)	(1,39)	7,45	19,27	13,21	11,99	7,09	9,25	6,22	6,30	4,08	1,61	7,51	7,30
64*	0,93	1,71	5,85	18,83	19,99	12,42	13,29	12,57	8,24	11,92	18,62	4,92	10,77	8,82
65*	2,63	3,47	18,98	28,06	43,62	42,54	21,50	18,26	13,36	4,11	2,38	6,37	17,11	18,99
1961/65*	(2,05)	(3,17)	10,12	21,04	26,17	21,70	14,08	12,25	7,51	5,23	6,33	(6,42)	11,33	11,37
66	3,62	13,66	8,37	24,60	30,19	28,06	27,60	28,80	11,15	1,94	2,67	5,42	15,51	15,75
67	4,44	10,71	15,80	23,90	37,80	34,80	23,32	8,76	7,36	3,18	1,50	1,97	14,46	14,74
68	3,15	3,03	8,77	23,50	17,92	14,56	20,86	16,85	9,63	(13,38)	2,08	0,92	11,22	10,41
69	(1,81)	2,05	5,86	15,50	15,68	14,47	13,12	13,92	4,90	1,18	1,69	1,04	7,60	8,64
70	3,29	5,27	6,31	19,00	29,60	43,50	34,20	28,70	17,21	13,67	9,44	4,95	17,93	15,91
1966/70	(3,26)	6,94	9,02	21,30	26,24	27,08	23,82	19,41	10,05	(6,67)	3,48	2,86	13,35	13,09
71	1,13	1,01	5,98	10,80	9,60	14,15	8,78	6,82	4,59	2,92	1,20	6,64	6,14	7,58
72	2,07	2,71	3,25	12,75	15,55	16,26	20,38	11,67	2,33	(5,49)	10,16	2,99	8,80	8,14
73	1,40	1,28	5,36	12,76	27,00	26,52	9,62	5,79	4,77	5,19	7,64	5,90	9,45	9,44
74	9,46	6,61	14,08	12,30	24,01	34,10	36,99	17,25	11,32	10,37	9,70	19,81	17,16	15,40
75	9,72	4,53	5,07	14,10	33,30	24,60	37,18	11,61	6,67	-0,36	-1,03	-1,12	12,03	15,56
1971/75	4,76	3,23	6,74	12,56	21,89	23,13	22,59	10,63	5,94	(4,72)	5,64	6,84	10,72	11,22
1951/75 Kal.-Jahr	3,83	4,88	10,20	17,73	22,41	23,14	21,64	15,58	8,62	6,78	5,46	5,47	12,15	-
1951/75 Abflußjahr	3,83	4,88	10,20	17,73	22,41	23,14	21,64	15,58	8,62	7,17	5,86	5,72	-	12,23

Tabelle 4.3.: Monats- und Jahresmittel der Lammerabflüsse (m<sup>3</sup>/s) am Pegel Obergäu im Zeitraum 1951/75.

Jahr	Monate											Kal.-Jahr	Abfluß-jahr	
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N			D
1950	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,90	13,80	8,19	—	—
51	6,76	11,90	17,30	24,70	28,60	28,20	23,20	16,80	8,15	6,72	9,75	10,90	16,08	16,71
52	8,25	5,81	20,70	33,60	27,60	30,40	4,79	16,50	19,70	20,80	15,10	10,90	17,85	16,23
53	4,15	2,03	17,70	23,05	33,80	24,80	34,55	24,10	6,68	6,17	3,26	4,03	15,36	18,14
54	12,30	(5,12)	24,70	27,50	31,80	38,90	90,97	16,80	11,20	26,10	15,50	15,20	26,34	22,73
55	11,60	10,20	18,00	35,70	37,60	33,70	62,70	28,80	17,10	11,30	7,46	11,20	23,78	26,02
1951/55	8,61	(7,01)	19,68	28,91	31,88	31,20	43,24	20,60	12,57	14,22	10,21	10,45	19,88	19,97
56	6,14	4,61	27,10	23,60	30,40	58,20	20,10	22,40	30,30	12,90	14,20	18,40	22,36	21,07
57	11,20	17,10	24,20	22,70	20,10	26,10	40,90	21,60	18,60	6,44	4,89	5,59	18,29	20,67
58	2,92	20,30	7,90	21,00	29,20	23,50	13,70	11,60	15,20	27,40	14,20	6,86	16,15	13,52
59	5,63	4,93	14,10	23,30	17,20	36,40	28,50	70,90	7,28	5,00	5,28	4,78	18,61	21,39
60	8,85	9,43	17,20	13,60	20,40	18,10	30,00	32,20	16,40	11,70	7,86	4,52	15,86	15,10
1956/60	6,95	11,27	18,10	20,84	23,46	32,46	26,64	31,74	17,56	12,69	9,29	8,03	18,25	18,35
61	2,78	9,28	18,70	23,30	41,60	33,20	17,10	19,10	5,69	3,09	5,03	24,60	16,96	16,24
62	6,21	6,58	9,68	33,80	35,50	27,40	25,40	13,20	10,70	5,08	7,01	(4,95)	15,46	16,77
63	(4,68)	(3,39)	11,80	28,20	19,80	18,10	11,30	14,30	10,10	10,20	7,13	3,70	11,89	11,56
64	2,75	3,84	9,58	27,60	29,20	18,70	19,90	18,90	12,90	18,00	27,30	8,29	16,41	13,70
65	5,11	6,28	27,80	40,40	62,00	60,50	31,30	26,80	20,00	7,16	4,76	10,30	25,20	27,82
1961/65	4,31	5,87	15,51	30,66	37,62	31,58	21,00	18,46	11,88	8,71	10,25	(10,37)	17,18	17,22
66	6,83	21,90	14,50	37,50	39,80	37,50	38,00	40,20	17,50	5,16	5,65	9,50	22,84	23,00
67	8,28	16,90	25,90	40,40	58,00	47,50	29,30	12,90	12,10	6,78	4,91	5,08	22,34	22,63
68	7,23	7,75	17,10	38,60	25,00	20,20	30,40	23,50	15,20	20,00	4,58	2,92	17,71	16,81
69	4,15	4,21	9,90	24,10	19,80	19,50	17,40	19,30	8,45	3,11	3,59	2,85	11,36	12,86
70	5,61	8,19	10,00	31,10	45,10	55,10	45,10	40,70	25,80	23,87	17,10	10,20	26,49	23,02
1966/70	6,42	11,79	15,48	34,34	37,54	35,96	32,04	27,32	15,81	11,78	7,17	6,11	20,15	19,66
71	4,85	4,97	12,00	21,50	15,20	21,90	13,60	10,90	8,42	6,13	4,02	11,10	11,22	13,71
72	3,29	4,54	5,18	17,70	20,30	21,10	27,10	16,50	4,52	9,34	15,70	7,28	12,71	11,79
73	3,23	3,11	9,02	20,70	40,20	34,80	13,90	8,49	8,07	9,67	14,50	10,80	14,71	14,49
74	14,87	11,80	25,07	19,60	33,80	45,80	46,70	21,70	14,50	14,10	13,00	25,90	23,90	22,40
75	14,70	9,37	13,20	27,10	48,60	35,60	52,41	17,60	12,33	3,76	3,36	3,12	20,10	23,66
1971/75	8,19	6,76	12,89	21,32	31,62	31,84	30,74	15,04	9,57	8,60	10,12	11,64	16,53	17,21
1951/75 Kal.-Jahr	6,89	8,54	16,33	27,21	32,42	32,61	30,73	22,63	13,78	11,20	9,41	9,32	18,40	—
1951/75 Abflußjahr	6,89	8,54	16,33	27,21	32,42	32,61	30,73	22,63	13,78	11,56	9,82	9,52	—	18,48

Die bisher beobachteten niedrigsten und höchsten Tagesmittel der Abflüsse am Pegel Obergäu betragen  $1,45 \text{ m}^3/\text{s}$  bzw.  $370 \text{ m}^3/\text{s}$ . Da sich die Abflüsse, insbesondere bei Starkregen, innerhalb kurzer Zeit sehr stark ändern können (s. Fig. 5–9), gibt das Tagesmittel kein richtiges Bild vom Scheitelwert der Anschwellung. Die Höchstwerte liegen wesentlich höher. Am 2. 7. 1954 wurde ein Höchstwert (HHQ) von  $520 \text{ m}^3/\text{s}$  gemessen, in das gleiche Jahr (2. 1. 1954) fällt der niedrigste Abfluß (NNQ) von  $1,30 \text{ m}^3/\text{s}$ . Das extremste Abflußverhältnis beträgt also  $400 : 1$ . Bei einem mittleren Hochwasserabfluß (MHQ) des Betrachtungszeitraumes 1951/75 von  $245 \text{ m}^3/\text{s}$  und einem mittleren Niedrigwasserabfluß (MNQ) von  $2,77 \text{ m}^3/\text{s}$  lautet der Schwankungskoeffizient  $88:1$ .  $\text{MHQ}/\text{MQ}$  errechnet sich  $13,3:1$ ,  $\text{NHQ}/\text{MQ}$  ist  $0,2:1$ . Alle diese Verhältniszahlen sind zusammen mit dem hohen Abflußbeiwert  $a = A/N$  von  $0,76$  [34] Ausdruck des nur geringen Retentionsvermögens stark verkarsteter Grundwasserleiter. Die hohen Abflußspitzen gehen im wesentlichen tatsächlich nur auf extreme Quellschüttungsschwankungen zurück, wie in Kap. 4.3. noch zu zeigen sein wird.

### 4.3. Abflußverhalten der Lammer

Unter Verwendung der Abflüsse des Pegels Obergäu wird versucht, die Lammer einem bestimmten hydrologischen Typ zuzuordnen. Die auf das mittlere Abflußjahr der Periode 1951/75 bezogenen Abflußmengen bzw. die von der Gebietsgröße unabhängigen Abflußspenden und -höhen sind Tab. 5 zu entnehmen. Wegen teilweiser Bereinigung der Meßwerte sind die hier zusammengestellten Hauptzahlen gegenüber früher mitgeteilten [34] geringfügig geändert. Es bieten sich u. a. folgende Kennzeichen zur Ansprache des Abflußregimes an [10]:

a) das Abflußmaximum (abflußreichster Doppelmonat) nach Zeitpunkt und Intensität (maximaler Schwankungskoeffizient  $\text{SK}_{\text{max}} = \frac{\text{MQ Doppelmonat}}{\text{MQ Jahr}}$ )

b) das sekundäre Maximum, soweit vorhanden, nach Zeitpunkt

c) das Abflußminimum nach Zeitpunkt und Intensität.

Das auffällig breite Abflußmaximum fällt zeitlich auf die Doppelmonate Mai–Juni (Mittel  $32,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und Juni–Juli (Mittel  $31,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Die Intensität des Abflußmaximums  $\text{SK}_{\text{max}} = 1,7$  und die Tatsache, daß selbst im langjährigen Durchschnitt der Abflußbeiwert in den Monaten März bis Juni um  $0,9$  liegt und im April und Mai sogar bis  $1,2$  ansteigen kann [34], spricht für hohe Regenintensität und beweist vor allem die starke Beteiligung nivaler Speisung. Die Schneeschmelze ist allerdings auf mehrere Monate verteilt, sie beginnt in den Tallagen im März–April und setzt in den Hochregionen in der Regel erst im Mai–Juni voll ein. Niedrigwasserperioden, d. h. Abflüsse unter  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , treten durchschnittlich in den Monaten November–Februar auf, die kleinsten Abflüsse werden im Januar mit  $6,9 \text{ m}^3/\text{s}$  registriert.

Die im Lammergebiet vorgefundene Abflußverteilung ist für nicht zu hohe Gebirgsstöcke der Alpen ohne Gletscher bzw. perennierende Schneedecken typisch. Kennzeichnend ist ein kräftiges Hochwasser im späten Frühjahr und im Sommer. Dem durch erhöhte Verdunstung bedingten Niedrigwasserabfluß im Spätsommer und Herbst folgt ohne Unterbrechung das durch Retention geprägte Winterminimum. Wegen der Speicherung des Niederschlags in Form von Schnee werden im Winterhalbjahr nur  $28,3\%$  des mittleren Jahresabflusses registriert, im Sommer jedoch  $71,7\%$ ; das entspricht einem Quotienten  $A_{\text{Wi}}/A_{\text{So}}$  von  $1:2,5$ . Innerhalb der in 9 Gruppen zusammenzufassenden 55 Typen, welche in Europa auszuscheiden sind [10], läßt sich der Lammer ein (*Sommer*)-*nivopluviales* Abflußregime zuordnen.



Tabelle 5: Mittlere Abflußmengen, -spenden und -höhen des Lammergebietes im Zeitraum 1951/75 (MQ in m<sup>3</sup>/s, Mq in l/s km<sup>2</sup>, A in mm)

Gebiet	Höhe (m)	Monat	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Jahr
		Zahl d. Tg.	31	30	31	31	28 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	31	30	31	30	31	31	30	365 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
Teilgebiet I (174 km <sup>2</sup> ) FN > FE (4,3%)	1175	MQ	4,39	3,96	3,80	3,06	3,66	6,13	9,48	10,01	9,47	9,09	7,05	4,86	6,25
		Mq	25,2	22,8	21,8	17,6	21,0	35,2	54,5	57,5	54,4	52,2	40,5	27,9	35,9
		A	67	59	58	47	51	94	141	154	141	140	109	72	1133
		A in %	5,9	5,2	5,1	4,2	4,5	8,3	12,4	13,6	12,4	12,4	9,6	6,4	100,0
Teilgebiet II (225,5 km <sup>2</sup> ) FN < FE (3,8%)	1220	MQ	7,17	5,86	5,72	3,83	4,88	10,20	17,73	22,41	23,14	21,04	15,58	8,62	12,23
		Mq	31,8	26,0	25,4	17,0	21,6	45,2	78,6	99,4	102,6	96,0	69,1	38,2	54,2
		A	85	67	68	45	52	121	203	266	265	257	185	98	1712
		A in %	5,0	3,9	4,0	2,6	3,0	7,1	11,9	15,5	15,5	15,0	10,8	5,7	100,0
Gesamtgebiet (399,5 km <sup>2</sup> ) FN < FE (0,3%)	1200	MQ	11,56	9,82	9,52	6,89	8,54	16,33	27,21	32,42	32,61	30,73	22,63	13,48	18,48
		Mq	28,9	24,6	23,8	17,2	21,4	40,9	68,1	81,2	81,6	76,9	56,6	33,7	46,3
		A	77	64	64	46	52	109	176	217	211	206	152	87	1461
		A in %	5,3	4,4	4,4	3,1	3,6	7,5	12,0	14,9	14,4	14,1	10,4	5,9	100,0

Umrechnung von Abflußspenden in -höhen: l/s km<sup>2</sup> =  $\frac{\text{bei } 28\frac{1}{4} \text{ Tagen}}{A = 2,44 \text{ mm}} \quad \frac{30 \text{ Tagen}}{2,59 \text{ mm}} \quad \frac{31 \text{ Tagen}}{2,68 \text{ mm}} \quad \frac{365\frac{1}{4} \text{ Tagen}}{31,56 \text{ mm}}$

Wie aufgrund der straffen Korrelation zwischen den Abflüssen der Pegel Schwaighofbrücke und Obergäu zu erwarten ist, haben die beiden Teilgebiete das gleiche Abflußregime wie das Gesamtgebiet. Bei prinzipiell gleicher Tendenz zeigen sie jedoch im Detail deutliche Unterschiede im gebietspezifischen Abflußverhalten.

Die Abflußspende des langjährigen Durchschnittsjahres beträgt in Teilgebiet I 35,9 l/s km<sup>2</sup>, in Teilgebiet II 54,2 l/s km<sup>2</sup>. Weitere Unterschiede betreffen die Abflußbeiwerte. Die Abflußhöhe des Teilgebietes I von 1133 mm/a entspricht einem A/N-Verhältnis von 0,62. Im Teilgebiet II wären die Abflußhöhe von 1712 mm/a und ein A/N von 0,84 sicherlich noch höher, wenn die Größenordnung des unterirdischen Abstroms in das Salzburger Becken (s. Kap. 4.5.) berücksichtigt würde. Auch die Relation der langjährigen Winter- zu den Sommerabflüssen ist nicht vergleichbar. Der Quotient  $A_{w}/A_{so}$  beträgt im Teilgebiet I 1:2,0, im Teilgebiet II jedoch 1:2,9. Noch auffälliger zeigt sich das hydrologisch abweichende Verhalten dieser Teilgebiete, wenn die langjährigen monatlichen Abflußhöhen betrachtet werden. Während im Januar und Februar die Abflußhöhen noch übereinstimmen, bleiben in den folgenden Monaten die Abflußhöhen des Teilgebietes I erheblich unter denjenigen des Teilgebietes II. Das Verhältnis  $A_1/A_2$  erreicht im Juni mit 1:1,9 einen Höchstwert. Während des Monats September geht die Abflußhöhe im Teilgebiet I um ca. ein Drittel gegenüber dem Vormonat zurück, im Teilgebiet II jedoch um fast die Hälfte. Auch die maximale Schwankungsbreite  $A_{Mo\ min}/A_{Mo\ max}$ , die im Teilgebiet I ein Verhältnis von 1:3,3 aufweist, im Teilgebiet II von 1:5,9 und im hydrologisch von ihm geprägten Gesamtgebiet von 1:4,7, unterstreicht hinlänglich das wesentlich ausgeglichene Abflußverhalten des Teilgebietes I im Vergleich zum Teilgebiet II. Das Abflußmaximum verschiebt sich vom Frühjahr-Frühsummer im Teilgebiet I insgesamt zum Hochsummer im Teilgebiet II. Aus der Zusammenstellung in Tab. 5 geht auch hervor, daß die Anzahl der Monate, in denen die Abflußhöhen die Niederschlagshöhen übertreffen, in den Teilgebieten ebenfalls nicht einheitlich ist.

Für die Abflüsse der Jahre 1971/75 wurden die Häufigkeitsverteilungen ermittelt. In Fig. 4 sind die klassenweise geordneten Abflüsse der Teilgebiete in ihrer prozentualen Verteilung dargestellt. Die kleinen Abflüsse (unter 5 m<sup>3</sup>/s), die aufgrund der gegebenen hydrogeologischen Verhältnisse hydraulisch im wesentlichen in Verbindung gebracht werden können mit der Entwässerung enger Klüfte, machen im Teilgebiet I rd. 38% des Gesamtabflusses aus, im Teilgebiet II nur 11%. Die hohen Abflüsse könnten theoretisch ebenso mit der Entleerung des unterirdischen Speichers über mittlere und weite Klüfte wie, in Verbindung mit hohen Niederschlägen, mit oberflächlichen und oberflächennahen Abflüssen im Ausstrichbereich mehr oder weniger impermeabler Schichten erklärt werden. Aus geologischer Sicht (s. Tafel I) könnten im Teilgebiet II beide Möglichkeiten extremer verwirklicht sein als im Teilgebiet I. Unter Vorwegnahme der nachfolgenden Analysierung der Tagesabflußmittel läßt sich sagen, daß die hohen Abflüsse mit den im Untersuchungsgebiet dominanten karsthydrologischen Gegebenheiten in Zusammenhang zu bringen sind.

Das vorstehend dokumentierte unterschiedliche hydrologische Verhalten der Teilgebiete hat seine Ursachen in den in Kap. 4.1. dargestellten abflußrelevanten, in Wechselwirkung zueinander stehenden Einflußfaktoren, die nicht überall gleichsinnig wirken. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die weite Verbreitung des Karstphänomens vor allem im Bereich der mittleren und unteren Lammer für die hohen Abflüsse im Teilgebiet II verantwortlich ist. Die hochgelegenen, weitflächigen Verbnungen der Karstmassive bieten besonders bei intensiver Oberflächenverkarstung die Möglichkeit großer Schneeakkumulation. Bei weitgehend fehlender Oberflächenentwässerung werden die rasch in den Untergrund versickernden Regen- oder Schneeschmelzwässer schnell dem Einfluß der Verdunstung entzogen, die bei be-

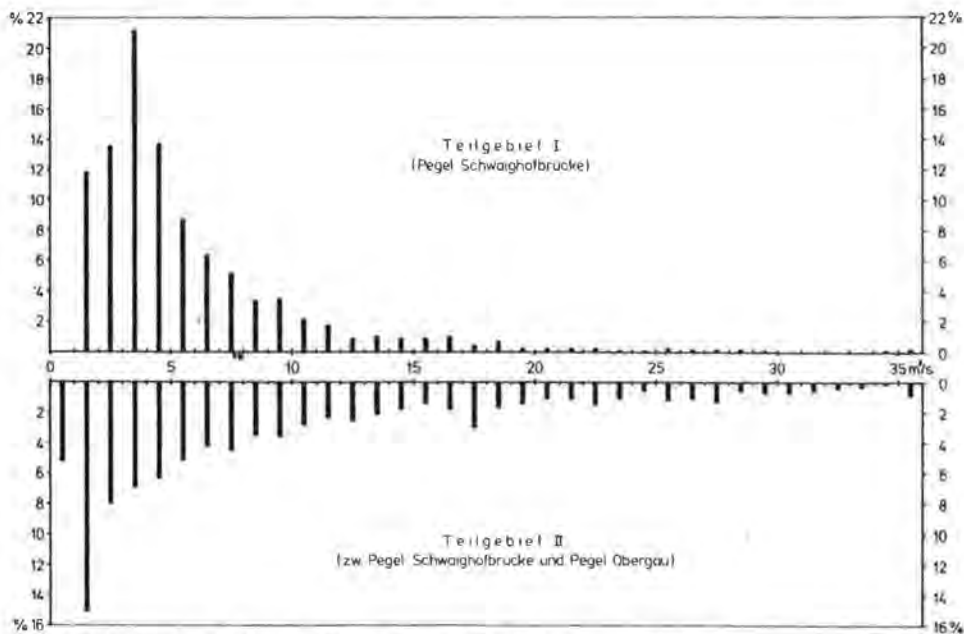


Fig. 4: Eingordnete Abflüsse der Lammer für den Zeitraum 1971/75.

reichsweise stark zurücktretender Vegetation ohnehin nur gering ist [27, 28, 29, 34]. Die nach der Beziehung  $V = N - A$  berechnete Evapotranspiration liegt im langjährigen Durchschnittsjahr der Periode 1951/75 noch unter 320 mm, im Teilgebiet I beträgt sie hingegen rd. 710 mm, im Gesamtgebiet um 460 mm, wobei jeweils auf das Winterhalbjahr 15,7% und auf das Sommerhalbjahr entsprechend 84,3% der Jahresverdunstung entfallen [34]. Weitgehend vom Grad der unterirdischen Verkarstung hängt es ab, daß einerseits große Wassermengen in einem weitlumigen Karströhrennetz vorübergehend aufgenommen werden können, sich andererseits der Gesteinspeicher aber rasch wieder entleert.

Während bei der vorstehenden Betrachtung des langjährigen Abflußverhaltens der Bezug zu den geologischen Verhältnissen stärker in den Vordergrund gestellt wurde, sollen nachstehend die Abflüsse kürzerer Zeiträume und speziell in ihrer Abhängigkeit vom Witterungsgeschehen charakterisiert werden.

In Tafel II sind die Tab. 4 zu entnehmenden Monats- und Jahresmittel der Abflüsse als Ganglinien aufgetragen. Die Jahresmittel beziehen sich in Anpassung an die zur Verfügung stehenden und ebenfalls eingetragenen meteorologischen Daten der gebietsrepräsentativen Station Abtenau [2, 3, 4] auf Kalenderjahre. In Übereinstimmung mit weiter vorne gemachten Aussagen zum langjährigen Durchschnittsverhalten der Abflüsse fällt auch in diesem Diagramm ins Auge, daß der Abflußgang der Einzeljahre im Teilgebiet I wesentlich gedämpfter ist als im Teilgebiet II oder im Gesamtgebiet. Die hauptsächlich dafür verantwortlichen hydrogeologischen Gegebenheiten werden aber zusätzlich durch klimatische Einflüsse überlagert. Generell läßt sich ableiten, daß die Höhe des Jahresniederschlages auch das Jahresmittel der Abflüsse bestimmt. So waren die Jahre 1954, 1966, 1970 und 1974 ausgesprochene Naßjahre mit hohen Abflüssen. Die niederschlagsarmen Jahre 1951, 1953, 1963, 1969, 1971, 1972 und 1975 hatten geringe Abflüsse zur Folge. Innerhalb des Bilanzzeitraumes 1951/75 war 1954 das Jahr mit Höchstabflüssen, die geringsten Abflüsse wurden

1971 gemessen. Innerhalb eines Jahres sind das Ausmaß der Schneeretention und der diese und das spätere Freisetzen der Schneewasservorräte steuernde Gang der Lufttemperatur für eine vielfältige zeitliche Variation der monatlichen Abflußspitzen verantwortlich. Es gibt zwar einige Ausnahmen, bei denen die in die Kluftwasserkörper absickernden Infiltrationswässer fast nur aus der in der Schneedecke gespeicherten Rücklage stammten und nur untergeordnet unmittelbar auf Regenfälle zurückgingen. Für den überwiegenden Teil des Jahres ist aber eine Ähnlichkeit im Gang der hydrologischen Parameter Niederschlag und Abfluß nicht zu verkennen, zumal in der Regel Schneeschmelze und hohe Sommerniederschläge zusammenfallen. Daraus läßt sich u. a. erkennen, daß im Untersuchungsgebiet eine längere Verweildauer des Wassers in den unterirdischen Speichern nicht gegeben ist. Der weitaus größte Teil des nicht der Verdunstung anheimgefallenen Niederschlages tritt innerhalb eines Jahres in die Vorfluter über.

Von großem hydrologischem und wasserwirtschaftlichem Interesse ist weiterhin die kurzfristige Wirkung von Niederschlagsereignissen oder Schneeschmelzprozessen auf den Abflußvorgang. In Fig. 5–9 ist der Gang der Tagesabflußmittel der beiden Teilgebiete der Kalenderjahre 1971 bis 1975 beispielhaft für den 25jährigen Untersuchungszeitraum in Kombination mit den täglichen Niederschlägen der Station Abtenau [3, 4] aufgetragen.

In dem zugrunde gelegten fünfjährigen Zeitraum wurden 1971 die geringsten Niederschläge innerhalb der Periode 1951/75 registriert (1133 mm gegenüber 1537 mm im langjährigen Mittel 1901/70 für die Station Abtenau), im Jahre 1974 die höchsten (2030 mm), während das Jahr 1973 meteorologisch als ausgeglichen zu bewerten ist (1533 mm). Wegen der nur schwachen Schneeakkumulation im Winter 1971/72 erfolgte trotz der frühen Erwärmung der Täler kein wesentlicher Zugang von Schneeschmelzwasser zu den unterirdischen Speicherräumen. In den übrigen Jahren machten sich Schneeschmelzprozesse deutlich in den Abflußganglinien bemerkbar. Generell herrschten im Spätherbst und Winter Niedrigwasserabflüsse vor, wobei die Abflüsse im Teilgebiet I meist höher waren als im Teilgebiet II. Weiterhin hatten Menge und Intensität der Niederschläge einen deutlichen Einfluß auf das Abflußgeschehen im Frühjahr und in den meisten Herbstmonaten. Die Abflüsse reagierten ohne wesentliche Verzögerung auf signifikante Niederschlagsereignisse. Ob sich die Sommerniederschläge in den Abflüssen auswirkten, hängt vor allem von ihrer Menge pro Zeiteinheit ab. Starkregen hatten einen raschen Anstieg der Abflüsse zur Folge, während reichliche Regenfälle geringerer Intensität in den Monaten Juli und August in der Regel wegen der hohen Verdunstungsverluste zu keiner merkbaren Alimentionation der unterirdischen Wasservorräte führten. Die Abflußganglinien der beiden Teilgebiete stimmen in ihrem zeitlichen Verlauf weitgehend überein, unterscheiden sich aber erheblich in der Form und der Höhe der Abflußspitzen. Während dem Teilgebiet I ein gedämpfter Abflußgang eigen ist, schwellen die Abflüsse des Teilgebietes II in Abhängigkeit von Niederschlägen oder stärkerem Schmelzwasseranfall stark und kurzfristig an und fallen nur wenig langsamer wieder ab.

Um die hydrologische Natur speziell dieser Spitzenabflüsse, d. h. im besonderen, in welchem Ausmaß der unterirdische Abfluß daran beteiligt ist, interpretieren zu können, wurden Vergleiche mit den Schüttungen der großen Karstquellen am Nordrand des Tennengebirges angestellt. Dem Verfasser standen leider nur für den Zeitraum Januar bis Oktober 1973 Pegelaufzeichnungen zur Verfügung, die im Rahmen einer Diplomarbeit [14] ausgewertet wurden. Für die Folgejahre liegen zwar Wasserstände vor, die aber von der zuständigen Salzburger Dienststelle noch nicht in Abflüsse umgerechnet worden sind. Da die Meßstelle am Tricklbach unterläufig ist, dessen Bett in Niedrigwasserzeiten häufig trockenfällt, fanden nur die Abflußdaten der Abtenauer

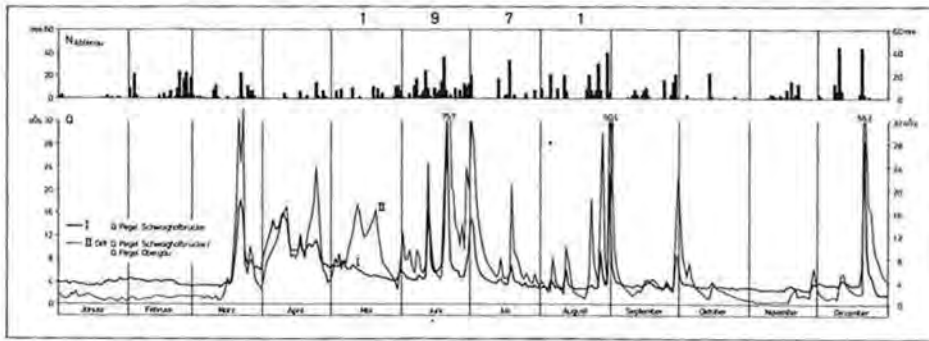


Fig. 5: Tägliche Abflüsse der Lammer im Jahr 1971.

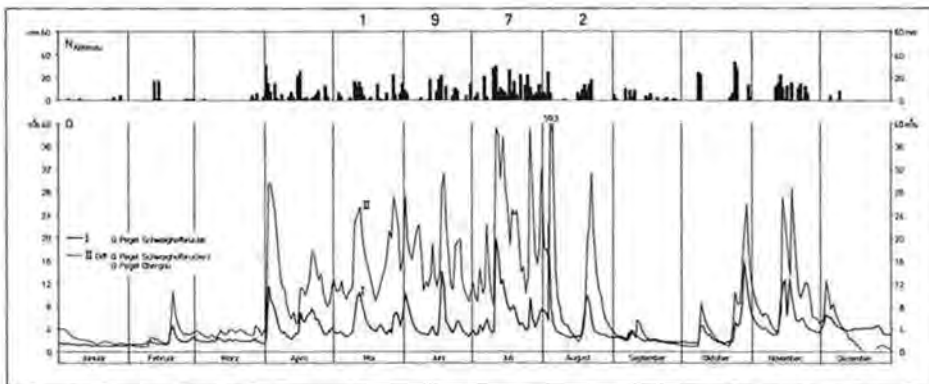


Fig. 6: Tägliche Abflüsse der Lammer im Jahr 1972.

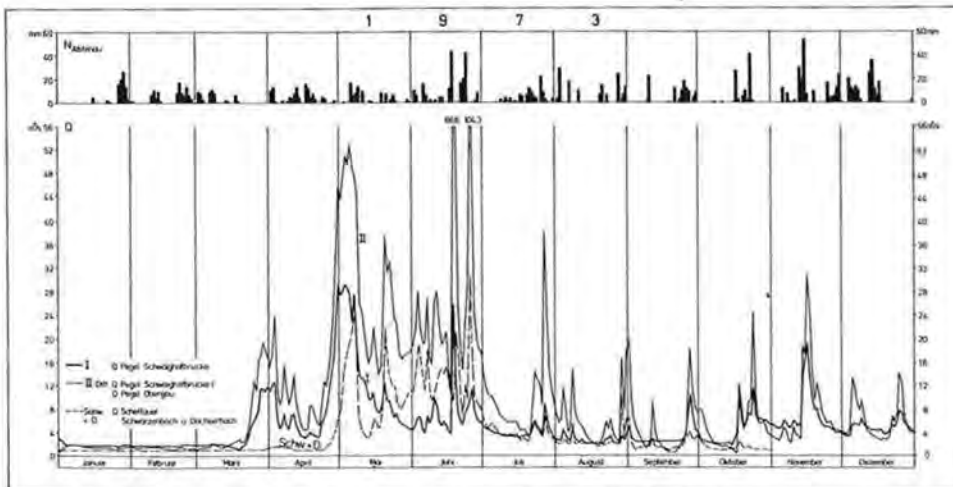


Fig. 7: Tägliche Abflüsse der Lammer im Jahr 1973.



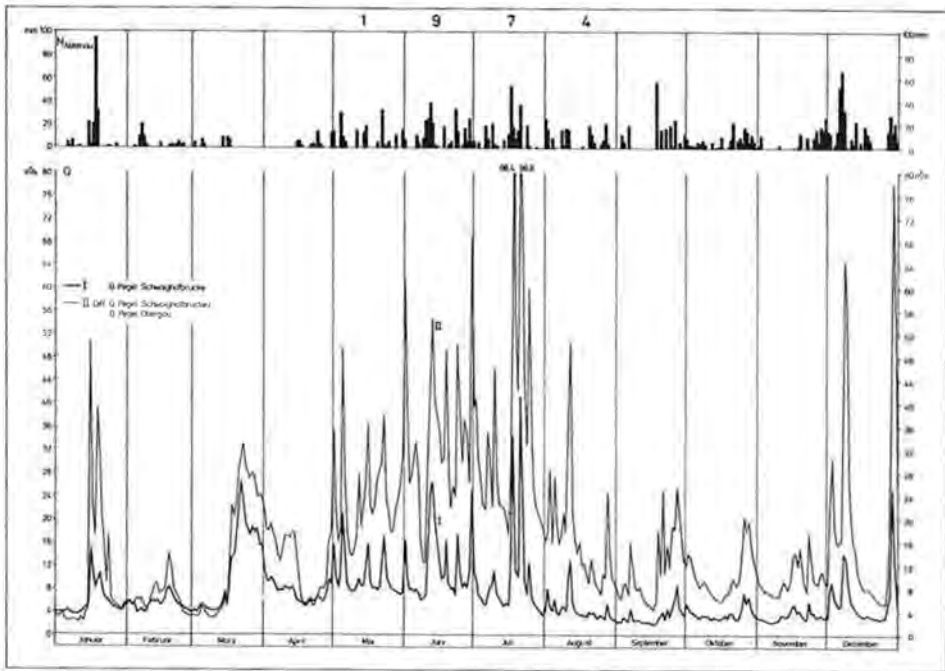


Fig. 8: Tägliche Abflüsse der Lammer im Jahre 1974.

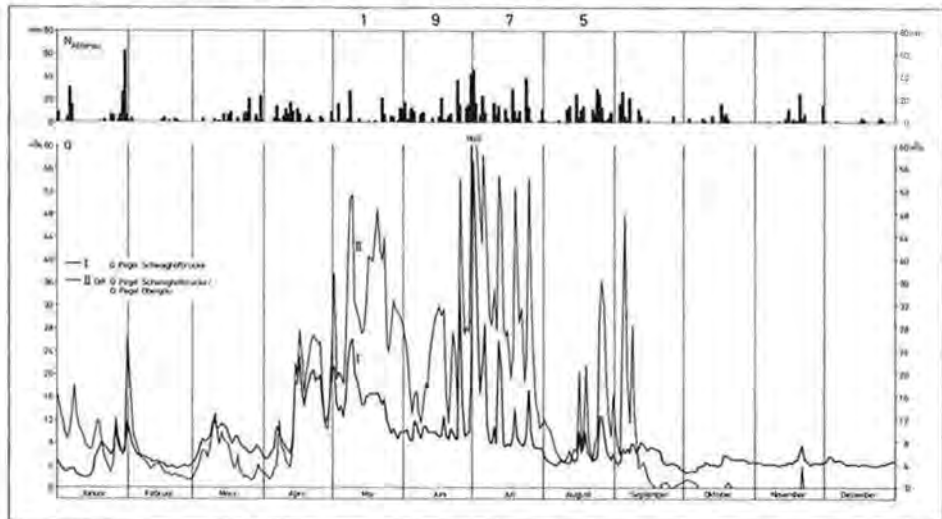


Fig. 9: Tägliche Abflüsse der Lammer im Jahre 1975.

Dachserbachquellen und der Oberscheffauer Schwarzenbachquellen Verwendung. Der Zusammenstellung der Monatsmittel der Abflüsse dieser beiden größten Quellbezirke des Untersuchungsgebietes in Tab. 6 ist zu entnehmen, daß die im Teilgebiet II bzw. am Pegel Obergäu registrierten Abflüsse im wesentlichen von diesen beiden Quellengruppen getragen werden. Die Tatsache, daß im März und April der prozentuale Anteil am Abfluß der Lammer zurückgeht, liegt darin begründet, daß wegen

der in diesen Monaten in tieferen Gebirgslagen einsetzenden Schneeschmelze Oberflächenabfluß, oberflächennaher Hangabfluß und insbesondere die Schüttung der Quellen, deren Einzugsgebiete im Gegensatz zu den genannten Großquellen nicht bis in die höheren Gebirgslagen zurückreichen [32], dominieren. Mit dem Einsetzen der Schneeschmelze im Bereich des Hochplateaus und im Verein mit den Sommerregen können die Quellschüttungen an einzelnen Tagen über 70% des Gesamtabflusses der Lammer ausmachen bzw. über 90% am Abfluß des Teilgebietes II. Würden auch die Schüttungen der Tricklbachquellen und der wenigen anderen größeren Karstquellen dieses Gebirgsstockes und der anderen Karstareale berücksichtigt, könnte davon ausgegangen werden, daß der sommerliche Abfluß der mittleren und unteren Lammer fast ausschließlich aus den Karstwasserreservoirs gespeist wird. Diese für das Jahr 1973 gewonnenen Erkenntnisse können wegen der großen Verbreitung (verkarsteter) Karbonatgesteine (51% in Teilgebiet II, 32% in Teilgebiet I) im Untersuchungsgebiet ohne größere Vorbehalte auch auf das langjährige Durchschnittsverhalten übertragen werden.

Tabelle 6: Anteil der addierten Schüttungsmengen der Oberscheffer Schwarzenbachquellen (einschließlich Winnerfall-Speier) und der Abtenauer Dachserbachquellen (jeweils in m<sup>3</sup>/s) im Jahr 1973.

Monat	J		F		M		A		M	
Karstquellen	0,95		0,95		0,97		1,68		11,26	
Teilgebiet II	1,40	67,9%	1,28	74,2%	5,36	18,1%	12,56	13,4%	27,00	41,7%
Gesamtgebiet	3,23	29,4%	3,11	30,5%	9,02	10,8%	20,70	8,1%	40,20	28,0%

Monat	J		J		A		S		O	
Karstquellen	13,23		4,03		2,57		1,95		1,28	
Teilgebiet II	26,52	49,9%	9,62	41,9%	5,79	44,4%	4,77	40,9%	5,19	24,7%
Gesamtgebiet	34,80	38,0%	13,90	29,1%	8,49	30,3%	8,07	24,2%	9,67	13,2%

Die Ergebnisse physikalisch-chemischer Untersuchungen von Karstwässern des Tennengebirges [14, 32] und anderer Karststöcke der Nördlichen Kalkalpen [41] geben Hinweise auf den Entwässerungsmechanismus der alpinen Hochkarstareale. Der Druck der aus den sommerlichen Regenfällen und den Schneeschmelzwasserabflüssen stammenden Infiltrationswässer überträgt sich auf den tieferreichenden Karstwasserkörper, wodurch zunächst Karstwasser mit höheren Mineralisationsgehalten herausgedrückt wird. Das nachdringende frische Infiltrationswasser kann z. B. durch das Absinken der elektrolytischen Leitfähigkeit nachgewiesen werden. Neben raschen, im wesentlichen mit Starkregen verbundenen Schüben scheint aber auch eine stetige, langsame Auffüllung des Karstwasserkörpers vor sich zu gehen. Nachdem dies erreicht ist, führen weitere Infiltrationen und Druckfortpflanzung im kommunizierenden Karströhrensystem und Vergrößerung des Gefälles der Karstwasseroberfläche zu einem momentanen Anstieg der Quellschüttungen. Außerdem können bei Karstwasserhochständen die Infiltrationswässer mehr oder weniger direkt über ältere, großdimensionierte Drainsysteme abfließen und vornehmlich in Hochwasserspeichern austreten. Bei diesen handelt es sich um intermittierende Quellen, die in der Regel mit den großen Dauerquellen räumlich kombiniert sind. Wegen des in den Karstsiphonen verwirklichten hydraulischen Hebeprinzips ist es durchaus möglich, daß teilweise entleerte Karstwasserreservoirs durch nachfolgendes Infiltrationswasser erst wieder aufgefüllt werden müssen, bevor auf markante Niederschlagsspitzen zeitverschoben einsetzende Abflußerhöhungen im Gefolge nur schwacher Niederschläge einsetzen.

Bei der Interpretation der Abflußganglinien kann davon ausgegangen werden, daß die charakteristischen raschen Anstiege der Abflüsse im Teilgebiet II im Sommerhalbjahr im wesentlichen in Verbindung gebracht werden können mit kurzfristiger, wasserwirtschaftlich im allgemeinen nicht nutzbarer Karstwasserneubildung. In tieferen Gebirgslagen dieses Teilgebietes sowie vermutlich in weiten Bereichen des Teilgebietes I wird dagegen ein Großteil der Niederschläge nicht abflußwirksam werden können. Die Gründe hierfür sind völlig andere hydrogeologische Verhältnisse, hohe Vegetationsverdunstung und das Speichervermögen der Böden, deren Wassergehalte während dieser Zeit in der Regel unterhalb der die Grundwasserneubildung regulierenden Feldkapazität liegen. Im Winterhalbjahr fließt wegen der Retention des Niederschlags in den Schneedecken, was hydrologisch eine Trockenwetterperiode bedeutet, in den Vorflutern im allgemeinen nur die unterirdische Abflußspende ab. Wenn jedoch im Gefolge von Warmlufteinbrüchen der Winterniederschlag als Regen fällt oder Schneeschmelzprozesse ausgelöst werden, kann im Grunde genommen nur unter Zuhilfenahme der Meßdaten kontinuierlich gemessener Quellabflüsse, mit Hilfe von Tracern oder auf hydrochemischer Basis entschieden werden, ob und in welchem Ausmaß grundwassergebürtiger Abfluß bzw. Karstwasserabfluß am oberirdischen Gesamtabfluß eines Einzugsgebietes beteiligt ist. Das gleiche Problem stellt sich bei den Herbstabflüssen.

#### 4.4. Analyse des Trockenwetterabflusses

Das im vorausgehenden Kapitel 4.3. mehr qualitativ beschriebene Speichervermögen eines Gesteinskörpers läßt sich quantifizieren, u. a. durch die Auswertung des Trockenwetterabflusses. Aus Teilen der sich in niederschlagsfreien Perioden ergebenden Abflußganglinie wird die sogenannte Trockenwetterganglinie zusammengesetzt. Letztere kann als Leerlaufkurve der natürlichen Reservoirs eines Flußgebietes, d. h. im Untersuchungsraum vor allem Festgesteine, untergeordnet Lockergesteine und die unbedeutend kleinen Zuschüsse aus Schneedecken, Eiskörper in Karsthöhlen und Böden, aufgefaßt werden. Der Trockenwetterabfluß wird durch die am häufigsten angewendete Exponentialfunktion

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha t} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

beschrieben. Es bedeuten  $Q_0$  und  $Q_t$  die Abflüsse am Anfang und Ende einer evtl. nach Klimadaten festzulegenden Trockenzeit bestimmter Dauer ( $t$  in Tagen) und  $\alpha$  der Auslaufkoeffizient ( $d^{-1}$ ). Dieses einfache Verfahren von MAILLET gilt streng genommen nur unter der Voraussetzung, daß bei ungespannter Grundwasser Oberfläche sich der Füllraum eines quasi-homogenen Gesteinskörpers gesetzmäßig entleert, laminares Fließen bei nicht zu hoher Geschwindigkeit zumindest vorherrscht und keine Grundwasserneubildung stattfindet. Während  $Q_0$  wahrscheinlich eine Beziehung zu den Dimensionen der leerlaufenden nutzbaren Hohlräume des Gesteinskörpers hat [16, 22, 30], ist der Faktor  $\alpha$  offensichtlich abhängig von der Geometrie des Leiters und bestimmend für die hydraulischen Bedingungen seiner Entwässerung. Je kleiner der  $\alpha$ -Wert ist, um so stärker dämpfen die Reservoirs im Einzugsgebiet die Amplitude der Abflußganglinie. Die Charakterisierung des Abflußgeschehens eines Speichers durch eine Konstante setzt voraus, daß die meteorologischen Einwirkungen auf das Reservoir überall gleichzeitig und unabhängig von dessen Ausgangsbedingungen erfolgen und daß weiterhin für die Analyse des Trockenwetterabflusses der Standort eines Pegels, dessen Meßwerte als Betrachtungsunterlagen dienen, keine Rolle spielt. Diese Voraussetzungen sind hinreichend erfüllt. Weiterhin darf keine Beziehung zwischen  $\alpha$  und der Größe des ober- bzw. unterirdischen Einzugsgebietes bestehen, was sich aus dem vorliegenden Datenmaterial auch nicht ableiten läßt.

Die Extrapolation der Wertepaare  $\log Q/t$  mehrerer Abflußmessungen einer Trockenperiode ergibt im halblogarithmischen Koordinatennetz eine Gerade (s. Fig. 10), deren Steigung gemäß der Gleichung

$$\alpha = 2,303 (\log Q_E - \log Q_0)/t$$

dem Auslaufkoeffizienten  $\alpha$  entspricht. 2,303 ist der Faktor für die Umwandlung dekadischer in natürliche Logarithmen.

Tabelle 7: Zusammenstellung signifikanter Niedrigwasserperioden im Lammergebiet (1966/75), in denen die Abflußganglinie die Gleichung  $Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha t}$  erfüllt. Die lfd. Nummern 1–22 betreffen das Teilgebiet I, 23–33 das Teilgebiet II.

Lfd. Nr.	Zeitraum des Abflusses	$\alpha$ (d <sup>-1</sup> )	Lfd. Nr.	Zeitraum des Abflusses	$\alpha$ (d <sup>-1</sup> )
1	6.–19. 1. 66 = 14 Tage (t)	0,0220	18	6.–30. 1. 72 = 25 Tage	0,0091
2	31. 5.–7. 6. 66 = 8 Tage	0,0507	19	22. 9.–8. 10. 72 = 17 Tage	0,0105
3	18.–22. 8. 66 = 5 Tage	0,1570	20	7.–17. 7. 73 = 11 Tage	0,0115
4	7.–12. 9. 66 = 6 Tage	0,0699	21	11.–17. 9. 74 = 7 Tage	0,0525
5	26. 9.–26. 10. 66 = 31 Tage	0,0123	22	6.–11. 2. 75 = 6 Tage	0,0372
6	5.–25. 1. 67 = 21 Tage	0,0083	23	29. 2.–8. 3. 68 = 9 Tage	0,1056
7	21.–31. 1. 68 = 11 Tage	0,0087	24	4.–15. 11. 68 = 12 Tage	0,0566
8	14.–19. 6. 68 = 6 Tage	0,0286	25	6.–15. 9. 69 = 10 Tage	0,0830
9	6.–23. 11. 68 = 18 Tage	0,0110	26	24.–30. 9. 69 = 7 Tage	0,0834
10	4.–14. 12. 68 = 11 Tage	0,0107	27	26. 11.–9. 12. 69 = 14 Tage	0,0675
11	23.–29. 9. 69 = 7 Tage	0,0218	28	26. 2.–2. 3. 70 = 5 Tage	0,1442
12	30. 11.–18. 12. 69 = 19 Tage	0,0070	29	7.–12. 7. 71 = 6 Tage	0,0952
13	13.–21. 2. 70 = 9 Tage	0,0088	30	17.–20. 12. 71 = 4 Tage	0,0232
14	15.–27. 6. 70 = 13 Tage	0,0439	31	7.–18. 1. 72 = 12 Tage	0,0501
15	13.–19. 10. 70 = 7 Tage	0,0307	32	13.–17. 9. 74 = 5 Tage	0,0655
16	10.–14. 12. 70 = 5 Tage	0,0440	33	18.–26. 12. 74 = 9 Tage	0,0494
17	8.–12. 7. 71 = 5 Tage	0,0308			

Tab. 7 enthält als Ergebnis der Auswertung des Diagramms der Fig. 10 die  $\alpha$ -Werte entsprechender Trockenwetterperioden des Zeitraums 1966/75. Da wegen der beträchtlichen Unterläufigkeit des Pegels Obergäu (s. Kap. 4.5.) der sich aus der Differenz der mittleren täglichen Abflüsse der beiden Lammerpegel ergebende Abfluß des Teilgebietes II in Niedrigwasserzeiten teilweise „negativ“ war (s. Fig. 5–9), sind die daher nur wenigen  $\alpha$ -Werte dieses Gebietes nicht widerspruchsfrei. Prinzipiell dürfte jedoch ihre Größenordnung richtig sein.

Für das Teilgebiet I ergeben sich  $\alpha$ -Werte von 0,0070 bis 0,1570 (d<sup>-1</sup>) und ein Mittel aus 22 Werten von 0,0321 (d<sup>-1</sup>) bzw.  $3,7 \cdot 10^{-7}$  (s<sup>-1</sup>). Im Teilgebiet II sind die  $\alpha$ -Werte höher, sie schwanken zwischen 0,0749 und 0,1442 (d<sup>-1</sup>) um ein aus 11 Werten gebildetes Mittel von 0,0749 (d<sup>-1</sup>) bzw.  $8,7 \cdot 10^{-7}$  (s<sup>-1</sup>). Je größer die  $\alpha$ -Werte sind, desto steiler fallen die Geraden der Fig. 10 ab, was gleichbedeutend ist mit rascher Entleerung infolge eines geringeren Retentionsvermögens der Speicherräume. Auf den hydrologischen Gebietscharakter bezogen, ist dieses hydraulische Verhalten mit dem Grad der Verkarstung der Gesteine zu erklären, der in Teilgebiet II ungleich größer ist als in Teilgebiet I. Die Existenz eines mit dem oberirdischen Gewässer kommunizierenden Porengrundwasserkörpers an der unteren Lammer modifiziert diesen Trend nicht, da es sich um grobe Lockersedimente mit vergleichsweise nur geringer Verbreitung handelt. Der Fig. 10 läßt sich auch entnehmen, daß die Trockenwetterabflußlinie bis weit unter MNQ bestimmt werden kann. Dabei fällt auf, daß mit der Abnahme der Abflüsse die Geraden flacher werden, d. h. die Verweilzeiten des Grundwassers bzw. Karstwassers im Leiter zunehmen. Hier wirkt sich offenbar die Entwäs-

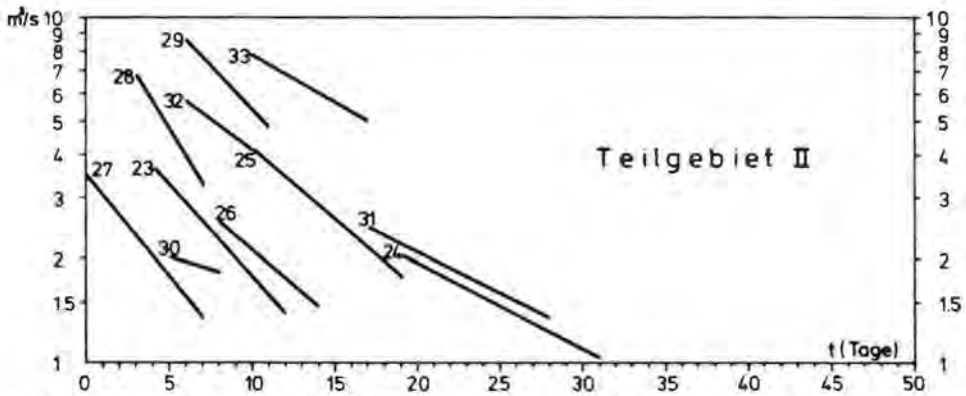
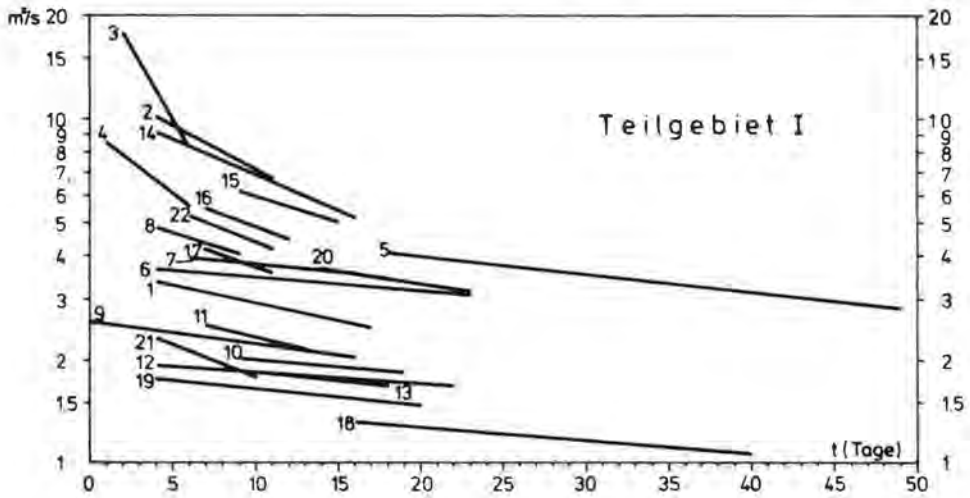


Fig. 10: Halblogarithmische Darstellung des Trockenwetterabflusses der Lammer. Die Numerierung bezieht sich auf die Zusammenstellung ausgewählter Zeiträume in Tab. 7.

serung enger Klüfte und Fugen ausgleichend auf das Abflußgeschehen aus. Dieses Phänomen ist in beiden Teilgebieten zu beobachten.

Nach der Gleichung

$$Q_s = \frac{Q_0}{\alpha} \quad (\text{m}^3/\text{s}),$$

die sich durch die Integration der MAILLET-Formel zwischen den Grenzen  $t = 0$  und  $t = \infty$  ergibt, kann bei angenommenen sehr langen Zeiträumen ohne Grundwasserneubildung der im Einzugsgebiet über dem Vorflutniveau noch gespeicherte und abflußfähige Vorrat  $Q_s$  berechnet werden. Wird  $Q_0$  realistischerweise dem MQ oder besser dem MNQ gleichgesetzt, so wäre bei Zugrundelegung der Jahresreihe 1951/75 der Wasserinhalt der Reservoirs im Teilgebiet I bei einem MNQ von  $1,60 \text{ m}^3/\text{s}$  etwa  $4,3 \text{ Mio m}^3$ , bei einem MQ von  $6,25 \text{ m}^3/\text{s}$  ca.  $16,9 \text{ Mio m}^3$ . Wird wegen der unsicheren Bestimmung des MNQ im Teilgebiet II hier nur das  $12,23 \text{ m}^3/\text{s}$  betragende MQ verwendet, ergibt sich ein Speicherinhalt von rund  $14,1 \text{ Mio m}^3$ . Diese Berechnungen zeigen auf, daß die Karstareale des Untersuchungsgebietes, die vorrangig den Abfluß



der Lammer speisen, wegen der Dominanz des Seichten Karstes keine Überjahresspeicher sind und sich innerhalb eines Jahres in ihrer Wasserabgabe erschöpfen.

Ist der Wasservorrat  $Q_s$  bekannt und wäre das Volumen  $V_e$  des entwässernden Gesteinskörpers bestimmbar gewesen, hätte das Kluftvolumen  $V_{Kl}$  nach der Formel

$$V_{Kl} = \frac{Q_s}{V_e} \quad (\%)$$

ermittelt werden können. Da aber auch der Grundwasserspiegelgang bekannt sein muß [35], können wegen nicht vorhandener Unterlagen keine diesbezüglichen Berechnungen angestellt werden.

Die für das Lammergebiet ermittelten  $\alpha$ -Werte stimmen gut mit einschlägigen Literaturangaben für Karstgebiete [16, 22, 30] überein. Trotzdem erscheint es wegen der stark ausgeprägten karsthydrologischen Verhältnisse (s. Kap. 4.1., 4.3.) angebracht, die für die mathematische Beschreibung des Abflußrückganges benutzte MAILLET-Formel nicht vorbehaltlos und unkritisch zu übernehmen. Es ist wahrscheinlich, daß der Trockenwetterabfluß durch mehrere aufeinanderfolgende  $\alpha$ -Werte und/oder eine Mittelbildung über mehrere  $\alpha$ -Werte charakterisiert wird. Die Abflußganglinie könnte also zur Zeit des Abflußrückganges in mehrere Komponenten zerlegt werden, wobei sich ein überlagernder Abflußanteil aus den größeren Spalten und ein länger anhaltendes Entwässern aus engen Klüften unterscheiden ließen [8, 22]. Weiterhin muß überlegt werden, ob insbesondere im Teilgebiet II mit seinen großdimensionierten Karstschläuchen, in denen das Karstwasser in der Art eines Oberflächengewässers zumindest zeitweise turbulent strömt, nicht besser die Gleichungen

$$Q_t = Q_0 - \beta t \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

für überwiegend Turbulenz oder

$$Q_t^{n-1} = Q_0^{n-1} - \frac{(n-1)}{n} \beta' t \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

im Falle eines gleichzeitigen laminaren und turbulenten Fließens in Ansatz gebracht werden sollten [22]. Es handelt sich um die Gleichungen einer Geraden, die Faktoren  $\beta$  und  $\beta'$  geben ihre Steigung an,  $n$  nimmt Werte zwischen 1 und 2 an. Auch hier gelang es nicht, uneingeschränkt brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Die vorstehenden Beziehungen berücksichtigen allerdings nur das Auslaufverhalten der gesättigten Zone, nicht aber die sich u. U. wochenlang hinziehenden Infiltrationen aus dem ungesättigten Bereich. Um diese Zusickerung zum Ausdruck zu bringen, muß die Gleichung

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha t} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

um das Glied

$$q = \frac{q_0 - \eta t}{(1 + \epsilon t)}$$

erweitert werden [16]. Es bedeuten  $q$  die Infiltrationsmenge allgemein,  $q_0$  die maximale Infiltrationsmenge zum Zeitpunkt  $t = 0$  ( $Q_0$  entsprechend),  $t$  die Zeit in Tagen,  $\eta$  ( $\text{m}^3/\text{s}^2$ ) ein der Infiltrationsdauer entsprechender Koeffizient und  $\epsilon$  ( $\text{s}^{-1}$ ) ein die Heterogenität des Abflusses wiedergebender Faktor.

Für die Untersuchungen der hydraulischen Vorgänge beim Leerlauf kleiner Speicherräume hat sich bei Unterstellung weitgehend laminarer Fließverhältnisse die vorstehende kombinierte Gleichung gut bewährt [16, 30]. Für geologisch uneinheitlich aufgebaute größere Flußgebiete muß jedoch das Auftreten komplizierter Leer-

lauffunktionen angenommen werden, deren Zusammenhänge noch nicht ausreichend geklärt sind. Diese Superposition von exponentiellen Rückgangskurven muß für das Lammergebiet unterstellt werden. Außerdem ist noch zu bedenken, daß in größeren Niederschlagsgebieten die physikalischen Bedingungen wie z. B. Niederschlagsverteilung, Änderung der zur Regulierung der Versickerung wichtigen Bodenfeuchte, unterschiedliche Ausbildung der Bewegungsbahnen für Boden- und Grundwasser u. a. m. sowie ihr zeitlich verschiedenes Zusammenspiel sich nicht linear verändern. Daher ist eine eindeutige Aufgliederung der Abflußganglinie in Komponenten nur in Sonderfällen möglich, wie z. B. eine in der Fachliteratur mitgeteilte Untersuchung des Trockenwetterabflusses kleiner Einzugsgebiete im Rheinischen Schiefergebirge zeigte [36].

#### 4.5. Zur Frage der Infiltration der Lammer im Salzburger Becken

Beim Vergleich der benetzten Querschnitte des Lammerbettes fällt in Trockenwetterzeiten bereits deutlich ins Auge, daß am Standort des Pegels Obergäu, also kurz vor der Mündung, zeitweise weniger Wasser abfließt als am rd. 19,7 km oberhalb gelegenen Pegel Schwaighofbrücke. Aus diesem Grund sind die mittels einfacher Differenzbildung für das Zwischengebiet errechneten Tagesmittel des Abflusses „negativ“. Vor allem während der Wintermonate lassen sich Fehlbeträge von über 2 m<sup>3</sup>/s ableiten. Diese können jedoch noch erheblich größer sein, da die Abflüsse der Seitenbäche noch zu berücksichtigen sind, wegen fehlender Meßstellen aber nicht erfaßt werden können.

Der am Pegel Obergäu registrierte Niedrigwasserabfluß ist im Gegensatz zu dem beachtlichen Jahresmittel (s. Kap. 4.2., 4.3.) relativ gering. Für wasserwirtschaftliche Überlegungen [39] ist besonders wichtig die Unterschreitungswahrscheinlichkeit der kleinsten Tagesabflußmittel eines Monats. Unter Benutzung einer empirischen Verteilung nach HAZEN ( $p. 100\% = \frac{m-0,5}{n}$ ) werden die MoNQ-Werte der Reihe 1951/75 von 2,7 m<sup>3</sup>/s um 10% unterschritten. Für Abflüsse von 3,7 m<sup>3</sup>/s liegt die Unterschreitungswahrscheinlichkeit bei 20%, für Abflüsse von 6,7 m<sup>3</sup>/s bei 50%. Dem Diagramm der Fig. 11 ist zu entnehmen, daß sich mit Ausnahme der kleinsten und größten Werte die MoNQ-Punkte sehr gut einer Geraden zuordnen lassen.

Werden alle möglichen Gegebenheiten kritisch überprüft, kann die am Pegel Obergäu registrierte geringe Niedrigwasserführung der Lammer mit der Überlagerung der spezifischen Karstwasserhydraulik durch Wasserverluste im Kies- und Geröllkörper des unteren Lammertales interpretiert werden. Der in dem Porengrundwasserleiter zirkulierende, in der Hauptsache aus versickernden Quellbächen, weniger aus Lammerinfiltrat gespeiste Grundwasserstrom wird im Bereich der Talenge zwischen Lammereck und Haarberg zusammengefaßt und tritt – vornehmlich bei hohen Grundwasserständen – in das Oberflächengewässer über. Konzentrierte Grundwasseraustritte machen sich in der Talaue als starke Wallerquellen bemerkbar. Erst im eigentlichen Mündungsbereich können größere Mengen Lammerwasser an das Salzburger Becken verlorengelangen und regenerieren die dortigen Grundwasservorkommen. Mittels der Gleichung

$$A_{GW} = k_r \cdot I \cdot B \cdot H \text{ (m}^3/\text{s)}$$

läßt sich die Größenordnung des langjährigen mittleren unterirdischen Abstroms ( $A_{GW}$ ) auf dem ca. 600 m langen Talstück zwischen dem Pegel Obergäu und dem Westende der oberhalb befindlichen Enge unter Zugrundelegen einer Abstrombreite ( $B$ ) von etwa

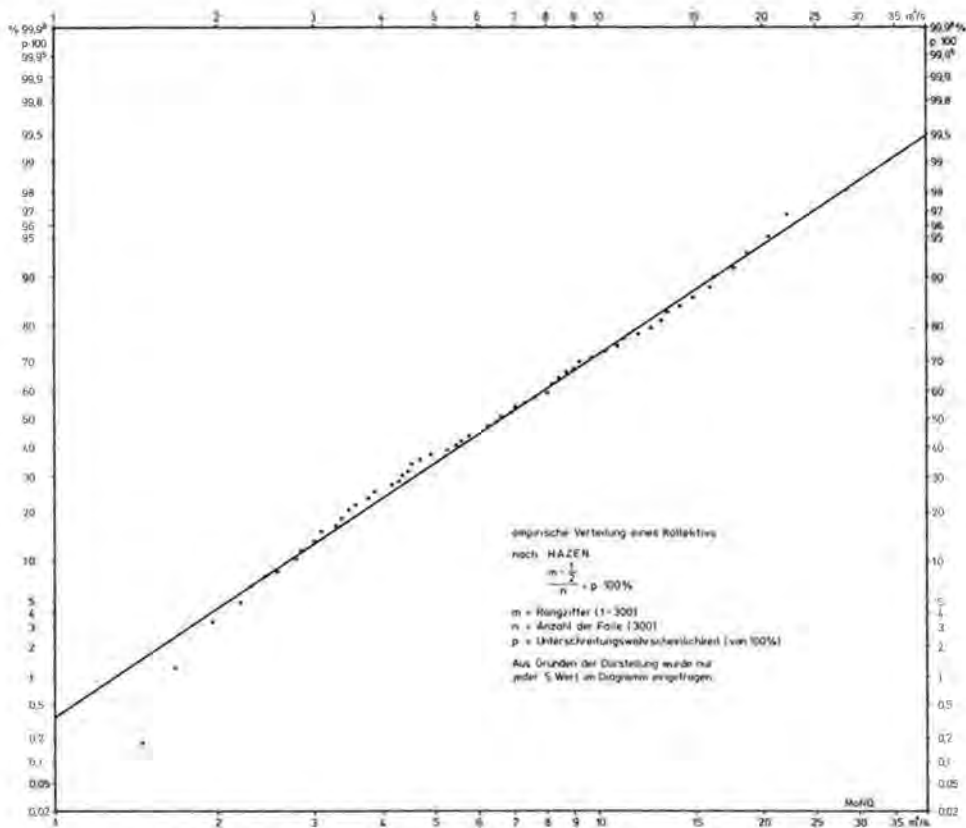


Fig. 11: Häufigkeitsverteilung der MoNQ-Werte des Pegels Obergäu für den Zeitraum 1951/75.

1,6 km abschätzen. Die aufgrund von Laboruntersuchungen ermittelten punktuellen Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ ) sind wegen der Inhomogenität des Grundwasserleiters nur bedingt auf das gesamte geologische Profil der Talfüllung übertragbar, deren wassererfüllte Mächtigkeit (H) mit ca. 15 m angenommen werden kann. Da insgesamt mit grobklastischen, gut durchlässigen Sedimenten zu rechnen ist [5], erscheint ein  $k_f$ -Wert um  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s wahrscheinlich. Die Transmissivität  $T = k_f \cdot H$  beträgt demnach  $7 - 8 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s. Problematisch ist die Abschätzung des generell nach WNW gerichteten Grundwasserspiegelgefälles (I). Da einerseits an der Engstelle der Grundwasserflurabstand im Mittel nur ca. 1 m betragen dürfte und andererseits in der Umgebung des Pegels mit mittleren Flurabständen um 4 m zu rechnen ist [5], läßt sich ein hydraulisches Gefälle von 5‰ ableiten. Werden alle Parameter mit Ausnahme der Abstrombreite innerhalb denkbarer Grenzen variiert, kann in guter Näherung mit einem mittleren Abstrom von nicht unter 0,50 m<sup>3</sup>/s gerechnet werden. Der sich aus dem oberirdischen Abfluß  $A_o + A_u$  und dem unterirdischen Abstrom  $A_{GW}$  zusammensetzende Gesamtabfluß des Teilgebietes II dürfte also im langjährigen Mittel etwa 12,8 m<sup>3</sup>/s betragen, der des Gesamtgebietes um 19,0 m<sup>3</sup>/s.

Theoretisch läßt sich ableiten, daß die Menge des versickernden Flußwassers in keiner direkten Beziehung zur Wasserführung der Lammer steht. Sie ist vielmehr an die momentane Aufnahmefähigkeit des Grundwasserspeichers gebunden. Um die Größenordnung der Flußinfiltration endgültig abklären zu können, bedarf es noch eini-

ger Detailuntersuchungen. Zu nennen sind insbesondere Isotopenmessungen, Temperaturmessungen, Erfassung signifikanter hydrochemischer Kennwerte, außerdem müssen ein Abflußpegel im Bereich der Talenge und mehrere Grundwasserstandsmeßstellen im Mündungsgebiet eingerichtet werden.

## **5. Bedeutung des Lammergebietes für die überregionale Wasserversorgung von Stadt und Land Salzburg**

In bestimmten Gebieten der USA oder Westeuropas kommt man nicht mehr umhin, zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in wachsendem Umfang direkt oder indirekt auf Oberflächenwasser zurückzugreifen oder sogar weitergehend behandeltes Abwasser aus Kläranlagen-Ausläufen zur Grundwasseranreicherung zu verwenden. Als aktuelles Beispiel sei nur das Hessische Ried im Großraum Darmstadt (BRD) genannt, in dem zur Zeit die Voraussetzungen geschaffen werden, um in der ersten Phase eines mehrstufigen Ausbauprogramms der fließenden Welle des Rheins maximal 60 Mio. m<sup>3</sup>/a Wasser zu entnehmen, aufzubereiten und anschließend über ein Leitungssystem gezielt in den Absenktrichtern der großen Grundwasserwerke zu versickern. Mit diesen kostspieligen und wegen der schlechten chemischen und physikalischen Eigenschaften des Rheinwassers sicherlich nicht ganz problemlosen Maßnahmen sollen in diesem Gebiet einerseits die Grundwasseroberfläche wieder angehoben, andererseits die Förderraten der Gewinnungsanlagen gesteigert werden.

Der steigende Anspruch an Trink- und Brauchwasser im Salzburger Becken bringt für die Wasserwirtschaftler in Zukunft ebenfalls immer schwieriger werdende Probleme mit sich. Diese sind wegen der vergleichsweise günstigen hydrogeologischen Verhältnisse allerdings leichter lösbar als andernorts. Nicht zuletzt bietet es sich an, mit dem Wasserüberschuß des Lammergebietes, dessen natürliches Wasserdargebot meist in der Form der Einzelversorgung durch Quellen nur minimal genutzt wird, dem Wassermangel im Raum Golling-Hallein-Salzburg abzuhelpfen.

In früheren Arbeiten [14, 32] wurde empfohlen, die wasserreichen Karstquellen am Nordrand des Tennengebirges für eine überregionale Wasserversorgung heranzuziehen. Wegen hoher Grundwasserneubildungsraten liefert dieser Karststock mit ca. 158 Mio. m<sup>3</sup>/a rd. die Hälfte des aus unterirdischen Reservoirs stammenden Abflusses der Lammer [34], obwohl das Gebirgsmassiv flächenmäßig nur knapp ein Fünftel ihres oberirdischen Einzugsgebietes ausmacht.

Der größte Nachteil an diesen Vorschlägen ist nicht so sehr die bekannte bakteriologische Gefährdung des Karstwassers, der man durch die Ausweisung von allerdings weiträumigen Schutzgebieten [1] und Entkeimungsanlagen begegnen kann. Eine größere negative Rolle spielen die starken Schüttungsschwankungen der Karstquellen und der Bau von mit hohen Investitionen verbundenen Schachtfassungen weit unterhalb dieser Wasseraustritte. Die Erschötung von Porengrundwasser in den Terrassenschottern des unteren Lammertales verbindet dagegen hohe Wirtschaftlichkeit aufgrund vergleichsweise geringer Kosten und der Nähe der Verbraucherzentren mit zusätzlichen Vorteilen, die in der hydrologischen Natur dieses Grundwasservorkommens begründet sind. Gemeint ist insbesondere die Infiltration von Oberflächen-gewässern als wichtige Komponente der Grundwasserneubildung in diesen Lockergesteinen. Da die infiltrierenden Oberflächengewässer sich entweder unmittelbar aus den Abflüssen der Karstquellen ableiten (s. Kap. 4.1.1.) oder wie im Falle der Lammer im wesentlichen aus Karstwasservorräten gespeist werden (s. Kap. 4.3.), stellt die Erschließung von solchermaßen angereichertem niederschlagsbürtigem Porengrundwasser eine Minimierung der vorstehend aufgezeigten Nachteile der direkten Gewinnung von Karstwasser dar.

Alle Überlegungen zur Grundwassergewinnung sollten von dem Gedanken ausgehen, daß der im durch Gletscherexaration übertieften unteren Lammertal aufgeschüttete Schotterkörper quasi als unterirdische Talsperre bewirtschaftet werden kann. Diese wird durch die Einschnürung des Grundwasserstroms im Bereich der in Kap. 4.4. wiederholt genannten Engstrecke zwischen Haarberg und Lammereck zweigeteilt. Ihr östlicher, oberhalb der Enge gelegener Teil ist hydrogeologisch noch nicht näher untersucht und weist wesentlich geringere Dimensionen auf als der Westteil, der mit dem zum Salzburger Becken gehörenden Mündungsbereich der Lammer identisch ist. Die hier zur Zeit laufenden eingehenden Prospektionen haben gezeigt, daß die bis zu 70 m mächtigen Grobsedimente wegen der Einspeisung von Karstwässern der angrenzenden Gebirge und nicht zuletzt auch wegen der hohen Abflußverluste der Lammer sehr grundwasserhöflich sind [5, 34].

Das Dargebot läßt sich noch erhöhen, wenn die heute flurnah gelegene Grundwasseroberfläche durch schrittweise an den jeweiligen Bedarf anzupassende Entnahmen möglichst kräftig abgesenkt wird. Einerseits werden so die Verdunstungsverluste reduziert, und andererseits kann durch Versteilung des Spiegelgefälles im Bereich des Absenkrichters die Infiltrationsrate angehoben werden. Es entstehen dadurch keine wesentlichen ökologischen Schäden, da durch die Lammer die Entnahmemengen weitgehend ausgeglichen werden. Daher muß auch gefordert werden, den jetzigen vorzüglichen Gütezustand des Gewässers zu konservieren. Da alle bisherigen Untersuchungen [32, 34] das Lammergebiet als wasserwirtschaftliches Vorhaltegebiet qualifiziert haben, dürfte es wegen seines hohen Stellenwertes den zuständigen Behörden deswegen nicht schwerfallen, diese Forderung auch durchzusetzen.

## Literatur

- [1] BAUER, F.: Aufgaben der karsthydrologischen Forschung in Österreich. – ÖWW, **22**, S. 127–138, Wien 1970.
- [2] BAUER, F.: Beiträge zur Hydrographie Österreichs, **32**: Die Monats- und Jahresmittel der Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1901–1950, 125 S., Wien 1961.
- [3] BAUER, F.: Beiträge zur Hydrographie Österreichs, **38**: Die Niederschläge, Schneeverhältnisse, Luft- und Wassertemperaturen in Österreich im Zeitraum 1951–1960, 480 S., Wien 1964.
- [4] BAUER, F.: Beiträge zur Hydrographie Österreichs, **43**: Die Niederschläge, Schneeverhältnisse, Luft- und Wassertemperaturen in Österreich im Zeitraum 1961–1970, 364 S., Wien 1973.
- [5] BRANDECKER, H.: Hydrogeologie des Salzburger Beckens. – Steir. Beitr. Hydrogeol., **26**, S. 5–39, Graz 1974.
- [6] CORNELIUS, H. P., u. PLOCHINGER, B.: Der Tennengebirgs-Nordrand mit seinen Manganerzen und die Berge im Bereich des Lammertales. – Jb. geol. B. A., **95**, S. 145–226, Wien 1952.
- [7] DINÇER, T., PAYNE, B. R., YEN, C. K. u. ZOTL, J.: Das Tote Gebirge als Entwässerungstypus der Karstmassive der nordöstlichen Kalkhochalpen (Ergebnisse von Isotopenmessungen). – Steir. Beitr. Hydrogeol., **24**, S. 71–109, Graz 1972.
- [8] DROGUE, C.: Essai de détermination des composantes de l'écoulement des sources karstiques. Evaluation de la capacité de rétention par chenaux et fissures. – Chron. Hydrogéol., **10**, S. 7–21, Paris 1967.
- [9] FUGGER, E.: Geologische Spezialkarte der Österreichisch-Ungarischen Monarchie: Blatt Hallein und Berchtesgaden, 1 : 75.000, Wien 1902, und Erläuterungen, 34 S., Wien 1907.
- [10] GRIMM, F.: Zur Typisierung des mittleren Abflußganges (Abflußregime) in Europa. – Freiburger geogr. H., **6**, S. 51–64, Freiburg i. Brsg. 1969.
- [11] GRUBINGER, H.: Geologie und Tektonik der Südseite des Tennengebirges. – Unveröff. Diss., Univ. Wien, 77 S., Wien 1952.



- [12] Hydrographisches Jahrbuch von Österreich, 59–80 (Jg. 1951–1972), Hydrographisches Zentralbüro, Wien 1954–1976.
- [13] INESON, J., DOWNING, R. A.: The groundwater component of river discharge and its relationship to hydrogeology. – *J. Inst. Water Engr.*, **18**, S. 519–541, London 1964.
- [14] KECK, O.: Geologische Kartierung und karsthydrogeologische Untersuchung des Tennengebirgnsnordrandes (Salzburger Kalkalpen). – Unveröff. Diplomarb., Univ. Karlsruhe, 117 S., Karlsruhe 1973.
- [15] KRESSER, W.: Österreichische Wasserbilanz. – *ÖWW*, **17**, S. 213–221, Wien 1965.
- [16] MAUGIN, A.: Contribution à l'étude des aquifères karstiques à partir de l'analyse des courbes de dérive et tarissement. – *Ann. Spéléol.*, **25**, S. 581–610, Nîmes 1970.
- [17] MOJSISOVICS, E. v.: Geologische Spezialkarte der Österreichisch-Ungarischen Monarchie: Blatt Ischl und Hallstatt, 1 : 75.000, und Erläuterungen, 60 S., Wien 1905.
- [18] MOSTLER, H., u. ROSSNER, R.: Stratigraphisch-fazielle und tektonische Betrachtungen zu Aufschlüssen in skyth-anisischen Grenzschichten im Bereich der Annaberger Senke (Salzburg, Österreich). – *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, **6**, S. 1–44, Innsbruck 1977.
- [19] PLOCHINGER, B.: Der Bau der südlichen Osterhorngruppe und die Tithon-Neokom-Transgression. – *Jb. geol. B. A.*, **96**, S. 357–372, Wien 1953.
- [20] PLOCHINGER, B.: Die Hallstätter Deckscholle östlich von Kuchl/Salzburg und ihre in das Aptien reichende Roßfeldschichten-Unterlage. – *Verh. geol. B. A.*, Jg. 1968, S. 80–86, Wien 1968.
- [21] SCHLAGER, W.: Fazies und Tektonik am Westrand der Dachsteinmasse (Österreich). II. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, **17**, S. 205–282, Wien 1967.
- [22] SCHOELLER, H.: Hydrodynamique dans le karst (Ecoulement et emmagasinement). – *Chron. Hydrogéol.*, **10**, S. 7–21, Paris 1967.
- [23] SEEFELDNER, E.: Die talgeschichtliche Entwicklung des oberen Salzachgebietes. – *Peterm. Mitt., Ergh.*, **262**, S. 103–114, Gotha 1957.
- [24] SEEFELDNER, E.: Salzburg und seine Landschaften. – 573 S., Salzburg 1961.
- [25] SPENGLER, E.: Untersuchungen über die tektonische Stellung der Gosauschichten, Teil I: Die Gosauzone Ischl-Strobl-Abtenau. – *Sitz.-Ber. österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl.*, **I 121**, S. 1039–1086, Wien 1912.
- [26] SPENGLER, E.: Erläuterungen zur geologischen Karte der Dachsteingruppe: Gosaukamm und Rettenstein. – *Wiss. AV-H.*, **15**, S. 16–30, Innsbruck 1954.
- [27] STEINHÄUSSER, H.: Zur Wasserbilanz österreichischer Flußgebiete. – *ÖWW*, **19**, S. 225–232, Wien 1967.
- [28] STEINHÄUSSER, H.: Der Wasservorrat aus der Wasserbilanz österreichischer Flußgebiete. – *ÖWW*, **20**, S. 7–14, Wien 1968.
- [29] STEINHÄUSSER, H.: Gebietsverdunstung und Wasservorrat in Flußgebieten verschiedener Höhenlagen der Südostalpen. – *WW*, **62**, S. 342–346, Stuttgart 1972.
- [30] STEMPER, C. v.: Hydrogeologische Verhältnisse in jurassischen und kretazischen Kalken der Gegend um Perigneux (Südwestfrankreich) einschließlich der Analyse von Schüttungsganglinien. – *Geol. Jb.*, **C 9**, S. 15–32, Hannover 1975.
- [31] TOLLMANN, A.: Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen, 2. Teil: Der Mittelabschnitt. – *Mitt. geol. Ges.*, **61**, S. 124–181, Wien 1969.
- [32] TOUSSAINT, B.: Hydrogeologie und Karstgenese des Tennengebirges (Salzburger Kalkalpen). – *Steir. Beitr. Hydrogeol.*, **23**, S. 5–115, Graz 1971.
- [33] TOUSSAINT, B.: Der oberirdische Karstformenschatz des Tennengebirges (Salzburger Kalkalpen, Österreich). – *Die Höhle*, **27**, S. 49–65, Wien 1976.
- [34] TOUSSAINT, B.: Beitrag zum Wasserhaushalt des Lammergebietes (Salzburg) unter besonderer Berücksichtigung der Karsthydrogeologie. – *DGM*, **21**, S. 101–112, Koblenz 1977.
- [35] UDLUFT, P.: Bestimmung des entwässerbaren Kluftraumes mit Hilfe des Austrocknungskoeffizienten nach Maillet, dargestellt am Einzugsgebiet der Lohr (Nordost-Spessart). – *Z. dtsh. geol. Ges.*, **123**, S. 53–63, Hannover 1972.
- [36] WEYER, K. U.: Ermittlung der Grundwassermengen in den Festgesteinen der Mittelgebirge aus Messungen des Trockenwetterabflusses. – *Geol. Jb.*, **C 3**, S. 9–114, Hannover 1972.
- [37] WIEDERSTEIN, F.: Systematische Grundwasserbeobachtungen. – *ÖWW*, **29**, S. 287–295, Wien 1977.
- [38] WILLE-JANOSCHEK, U.: Stratigraphie und Tektonik der Schichten der Oberkreide und des Alttertiärs im Raume von Gosau und Abtenau (Salzburg). – *Jb. geol. B. A.*, **109**, S. 91–172, Wien 1966.
- [39] WUNDT, W.: Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. – *Forsch. dtsh. Landeskd.*, **104**, S. 47–54, Remagen 1958.
- [40] WURZER, E.: Die Bedeutung des Grundwassers für die Wasserwirtschaft. – *ÖWW*, **29**, S. 279–287, Wien 1977.
- [41] ZÖTL, J.: Karsthydrogeologie. – 291 S., Wien 1974.

## Résumé

**Hydrographie, hydrogéologie et régime d'écoulement du bassin versant de la Lammer en considération de l'alimentation naturelle ou artificielle de la nappe alluviale de la Salzburger Becken méridionale (Autriche).**

Pendant le Pliocène inférieur les sources de la Lammer drainaient encore une partie des Niedere Tauern et le niveau de base n'était pas la Salzach près de Golling comme aujourd'hui. Le bassin versant de la Lammer couvrant 400 km<sup>2</sup> de superficie appartient au point de vue géologique aux Alpes calcaires septentrionales. La prédominance des dolomies et surtout des calcaires fissurés et karstiques de la Trias dans le profil stratigraphique (presque toutes les couches de Permo-Skyth jusqu'à Quaternaire) détermine le mécanisme de la vidange des nappes. Seulement peu de sources karstiques, néanmoins abondantes en eau mais subies d'une grande inconstance du débit, influencent essentiellement le régime d'écoulement de la Lammer. Pendant les années de la période de 1951 à 1975 le débit moyen annuel comportait 18,48 m<sup>3</sup>/s soit un débit spécifique de 46,3 l/s km<sup>2</sup> respectivement de 1461 mm/a. Le régime d'écoulement est caractérisé par un débit maximum en été et une période des débits d'étiage pendant les mois de septembre à mars. A cause des pertes considérables de la Lammer, qui alimente la nappe alluviale de la Salzburger Becken méridionale, le bassin versant de cette fleuve joue un rôle important pour l'aménagement. Il est donc nécessaire une politique active de protection des eaux.

## Summary

**Hydrography, hydrogeology and runoff regime of the Lammer river catchment area with regard to natural and artificial groundwater alimentation in the southern Salzburgian Basin (Austria).**

Until the Lower Pliocene the Lammer river had its springs in the region of the Niedere Tauern (Central Alps).

Presently its recharge area covers ca. 400 km<sup>2</sup> in the Northern Limestone Alps, and the mechanism of the river discharge is typical for karstic mountains: poor surface runoff pattern and springs of an extremely fluctuating discharge.

The average discharge of the Lammer river between 1951–1975 was 18.48 m<sup>3</sup>/s or 46.3 l/s km<sup>2</sup>.

The runoff regime shows a typical high flow during the summer and low water from September to March.

Since the Lammer river enriches the groundwater of the Salzburg basin its recharge area should be protected against pollution.

Anschrift des Verfassers: Dr. Benedikt TOUSSAINT, Hessische Landesanstalt für Umwelt, Aarstraße 1, D-6200 Wiesbaden.