

Untersuchungen zur Frage des Wasserverlustes an der mittleren und unteren Feistritz

Von H. ZOJER (Graz)

Inhalt

1. Die Lage des Untersuchungsgebietes
2. Der geologische Aufbau
3. Die Entwicklung des heutigen Talsystems
 3. 1. Die Durchbrüche zwischen Anger und St. Johann bei Herberstein
 3. 2. Die Genese des unteren Feistritztales im Quartär
4. Untersuchungen zur Wasserführung der Feistritz
 4. 1. Grundsätzliche Möglichkeiten für den Wasserverlust des Flusses
 4. 2. Die Auswahl der Abflußmeßstellen
 4. 3. Die Einordnung der Meßergebnisse
 4. 4. Die Auswertung der Meßergebnisse
 4. 4. 1. Der Wasserverlust und -überschuß, betrachtet in Monatsmitteln
 4. 4. 2. Der Wasserverlust und -überschuß der Feistritz zwischen Juni 1968 und November 1969, erfaßt in Tagesmitteln
 4. 5. Der Charakter des Abflußverlustes
 4. 5. 1. Der Flußabschnitt zwischen Anger und Unterfeistritz
 4. 5. 2. Der Flußabschnitt zwischen Unterfeistritz und Kroisbach
 4. 5. 3. Die untere Feistritz ab Kroisbach
5. Zusammenfassung
- Literatur
- Summary

1. Die Lage des Untersuchungsgebietes

Der vorliegende Untersuchungsraum liegt hauptsächlich im oststeirischen Tertiärbecken, reicht aber auch in das angrenzende Grundgebirge zurück (Fig. 1).

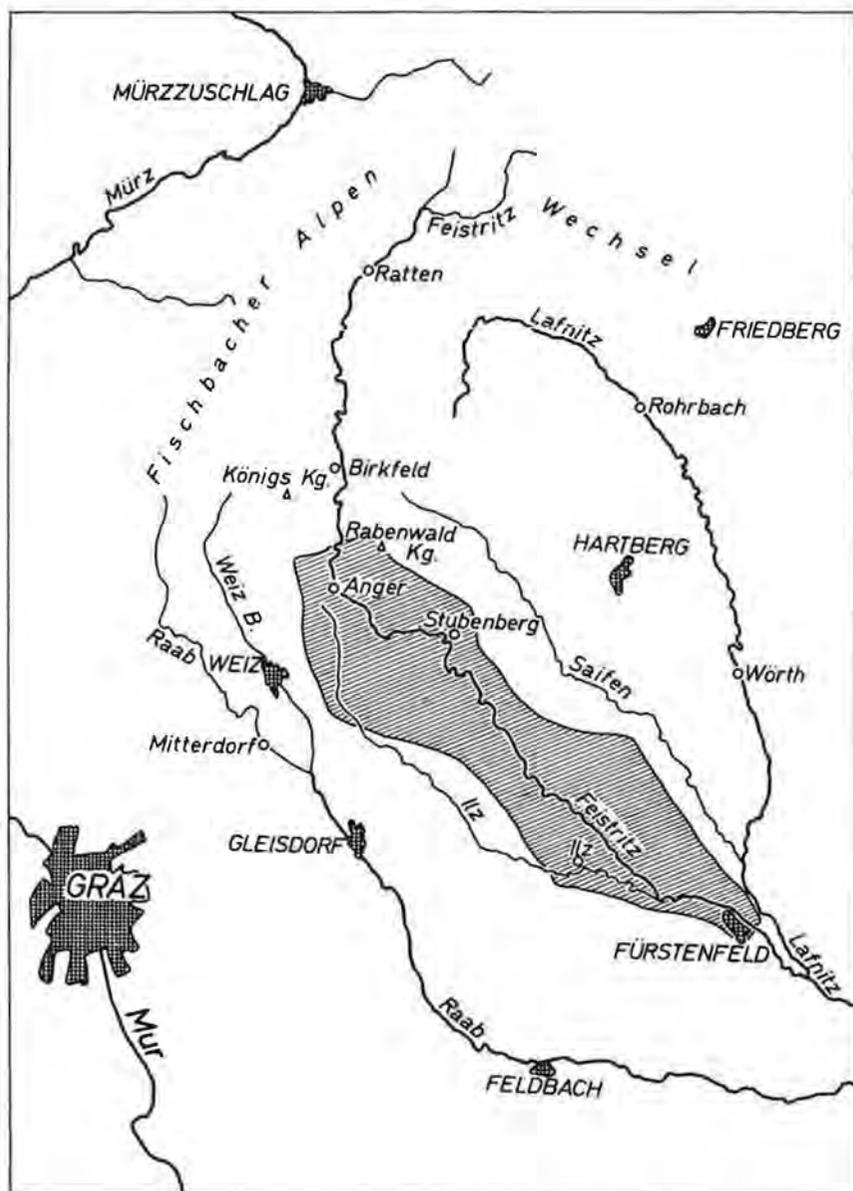


Fig. 1: Die Lage des Untersuchungsgebietes. Maßstab 1 : 500.000.

Das Einzugsgebiet der Feistritz wird im W von dem der Raab und im E von jenem der Lafnitz flankiert. Während die Lafnitz als unmittelbarer Vorfluter der Feistritz anzusprechen ist, fließt die Raab — ausgehend vom Passailer Becken — in einem großen Bogen durch das oststeirische Teilbecken und die kleine ungarische Tiefebene, wobei sie nach und nach alle Nebenflüsse aufnimmt.

Die Feistritz, deren Quellgebiete an den Westhängen des Wechsels liegen, pendelt sich zwischen Ratten und Anger in eine N-S-Fließrichtung ein, durchströmt dabei das paläogene Becken von Birkfeld, um weiter südlich, durch das Herantreten des Königskogels und Rabenwaldes, in einem engen Tal mit eingesenkten Mäandern den geschlossenen Grundgebirgskomplex vorerst zu verlassen.

Die Becken von Anger und Unterfeistritz (oft auch als ein einziges Becken bezeichnet) sind die ersten Flußweitungen, wo die flächenhafte Ausbreitung der Quartärakkumulationen augenscheinlich wird (Tafel I). Der Fluß verändert in den beiden Becken seine Fließrichtung nach E und durchbricht in der sogenannten Freienberger Klamm wieder kristallines Grundgebirge, wodurch der Kulm vom Rabenwald abgetrennt wird. Er gelangt hierauf in das Stubenberger Becken, das er, nach S fließend, durchquert. Bevor die Feistritz endgültig in das Vorland hinaustritt, schneidet sie im Durchbruch der Herbersteinklamm den Südostsporn des Kulms vom Hauptmassiv ab.

Im Vorland entstand durch die einseitige Erosion des Flusses ein asymmetrisches Tal mit Steilhängen im SW und Schleppenhängen im NE. Einige nur wenig ergiebige Bäche entwässern diese Plattenlandschaft. Vom W und SW, dem Riedelland, erhält die Feistritz keine Zubringer. Eine Ausnahme bildet der Römerbach, der die südlichen Steilhänge des Kulms entwässert, das Pischelsdorfer Becken quert und nach E zur Feistritz hin die tertiären Sedimente durchschneidet.

2. Der geologische Aufbau

Der nördliche und östliche Teil des Steirischen Randgebirges setzt sich aus dem Wechsel-Kristallin, dem Raabalpen-Kristallin und zu einem geringen Teil aus dem Muralpen-Kristallin zusammen. Das Haupteinzugsgebiet der Grundgebirgs-Feistritz liegt in den Raabalpen, die den Großteil der Fischbacher Alpen einnehmen. Bezüglich der Entstehung des oststeirischen Kristallins ist H. WIESENER (1962) der Ansicht, daß die Granitentwicklung mesozonal erfolgte und daß das Gestein in der Epizone eine Umwandlung erfahren hat. Diese epizonale Umformung dürfte einer alpidischen Metamorphose zuzurechnen sein. Sie führte zur Talkbildung im Rabenwald und zur Entstehung der weitverbreiteten Weißsteine. Die Ursache dieser Metamorphose sieht H. WIESENER darin, daß die unterostalpinen Raabalpen durch den mittelostalpinen Deckenstapel der Muralpen belastet wurden.

Für einen Wasserverlust der Feistritz kommen diese Bereiche nicht in Betracht, da die durchflossenen Festgesteinspartien nicht wasser-durchlässig sind.

Die ältesten tertiären Ablagerungen fallen in das Helvet, doch sind sie nur in inneralpinen Becken aufgeschlossen, wie z. B. im kohleführenden Tertiär von Ratten. Eine Verbindung dieser Tertiär-ablagerungen mit jenen von Birkfeld stellt R. SCHWINNER (1935) her, indem er ihm das Liegende der Tortonschotter des Birkfelder Bek-kens, Tone mit Einschaltungen lignitischer Braunkohle, gleichsetzt. Die tortonen Grobschotter begleiten die Feistritz von Strallegg bis vor den Kulmdurchbruch und setzen sich aus gerundeten Gneisen, Graniten und Schiefnern zusammen (Tafel I). Ihre größte Ausdehnung erfahren sie im Birkfelder Becken, doch sind kleine Schottereste auch entlang des Durchbruchtales zwischen Birkfeld und Anger anzu-treffen. Die südlichsten Tortonaufschlüsse liegen entlang des Beckens von Anger und Unterfeistritz: bei Steg, Trog, in der Fresenmulde, zwischen Floing- und Schmiedbach und westlich von Unterfeistritz. Weiter im S tauchen die tortonen Sedimente unter sarmatische Ab-lagerungen. Aus der heutigen Lage der Grobschotter kann man fol-gern, daß eine N—S-Talführung der Feistritz zur Zeit der Schotter-akkumulation zwischen Raasberg und Kulm gegeben war. Der große Grobanteil des Aufschüttungsmaterials gibt Zeugnis über eine starke Erosion im Hinterland und eine damit verbundene Hebung der Fisch-bacher Alpen.

Die Obergrenze der Tortonschotter liegt bei Anger im NE des Beckenbereiches (Steg, Fresen) zwischen 620 und 650 m. Sie kann sich auch etwas nach oben verschieben, da die Auflagegrenze zum anstehenden Grundgebirge meist von Hangschutt verschleiert wird. Auf der orographisch rechten Beckenseite (Trog) reichen die Grob-schotter etwa bis 680 m hinauf. Das Gefälle des akkumulierenden Flusses im Torton kann in diesem Bereich nur gering gewesen sein. Über die Mächtigkeit und Ausdehnung der Grobschotter in der Torton-rinne zwischen Raasberg und Kulm liegt nur ein dürftiger Anhalts-punkt vor. H. FLÜGEL (1961) erwähnt zwei Bohrungen südlich von Unterfeistritz: bei Glatzenberg und Etzersdorf. Letztere traf die Tor-tonschotter in einer Teufe von 209 m unter sarmatischen Kalken an und verblieb bis zur Erreichung des Grundgebirges in 366,5 m Tiefe in ihnen. Aus diesen Unterlagen ergibt sich ein enormes Gefälle der Schotterdecke zwischen Trog und Etzersdorf, das nur durch eine nachträgliche Absenkung des Steirischen Beckens entstanden sein kann. Da sich die tortonen Ablagerungen im Angerer Becken unter-das heutige Talniveau hineinziehen, kann man annehmen, daß sie das Liegende der quartären Beckenfüllung bilden. Eine Versickerung von Flußwasser in die Tortonsedimente muß in Betracht gezogen werden, denn die Basisgrenze der tortonen Ablagerungen liegt nicht höher als

der heutige Talboden in den beiden Becken. Außerdem ermöglichen die groben Sedimente sowie ihr steiles Einfallen nach S grundsätzlich ein Abziehen des Wassers.

Die N—S-führende Tortonrinne zwischen Raasberg und Kulm wird von Ablagerungen des Sarmats überdeckt. Sie bedecken die unteren Osthänge des Raasberges und umsäumen den Kulm. Im E wurden sie z. T. durch die Feistritz ausgeräumt, wodurch das Becken von Stubenberg entstand, das an drei Seiten von Kristallin eingesäumt wird. Nur im E schließt das Sarmat an, das sicher auch die Beckenbasis bildet. Das Fehlen von tortonischen Ablagerungen schließt zwar einen Wasserverlust durch Versickerung nicht aus, in der Literatur finden sich jedoch keine Anhaltspunkte über nach E einfallende Sand- und Schotterhorizonte.

Die im SE anschließenden pannonischen Ablagerungen werden hauptsächlich aus einer Wechselfolge von Tonen und Sanden bzw. Kiesen aufgebaut. Die Stratigraphie dieser Sedimentation ist aus der Tiefbohrung Übersbach bei Fürstenfeld gut ersichtlich (H. FLÜGEL & H. HERITSCH, 1968). Die über sarmatischen Schichten hangenden, etwa 200 m mächtigen Pannosedimente setzen mit einer ungefähr 40 m starken Folge feinklastischer Ablagerungen ein. Darüber folgen, den Hauptteil einnehmend, mehrere Abschnitte, die mit Schottern beginnen, in ihrem zentralen Teil oft kohleführende Tone aufweisen und mit sandig-tonigen Lagen enden. Hydrogeologisch interessant sind vor allem die wasserführenden Sand- und Schotterkörper, die wegen ihrer besonderen Lage und Abdichtung durch liegende und hangende Tone häufig gespanntes Grundwasser führen.

Im sogenannten Plattenland NE des unteren Feistritztales werden die pannonischen Sedimente von pleistozänen Ablagerungen der Feistritz überdeckt.

3. Die Entwicklung des heutigen Talsystems

3.1. Die Durchbrüche zwischen Anger und St. Johann bei Herberstein

Die Oberflächenformen im mittleren Feistritztal sind mannigfaltig. Flußweiten und -engen lösen sich ab. Die Becken von Anger und Unterfeistritz, durch den Gebirgssporn von St. Ulrich voneinander getrennt, wurden asymmetrisch angelegt. Dies ist tektonisch erklärbar. Die Hänge nach NE zum Rabenwald sind flacher geformt, da die Gesteinsschichten nach SW einfallen. Das Anger-Kristallin im W des Beckens richtet seine Aufschiebungstirn nach E, was einen steileren Abfall zu den Flußniederungen der Feistritz bedingt. Asymmetrisch geformt wurde auch der Durchbruch von Freienberg. Wiederum ist

der vom Rabenwald herunterziehende Hang flacher geformt als der orographisch rechte. In der an das Stubenberger Becken anschließenden Herbersteinklamm fehlt die Asymmetrie, die Hänge ragen an beiden Seiten sehr steil in die Höhe.

Die Möglichkeiten in der Entstehung der Durchbrüche wurden schon mehrmals beschrieben. A. AIGNER (1916) geht in seinen Betrachtungen vom Birkfelder Becken aus und stellt die Aufschüttung der Grobschotter von Anger in das Pliozän. Es kann daher der Freienberger Durchbruch erst nachpliozän sein. A. AIGNER ist der Ansicht, daß zur Zeit der pliozänen Aufschüttung zwischen Rabenwald und Kulm ein niedriger Sattel eingebettet lag, der durch seitliches Überfließen der Feistritz oder durch rückschreitende Erosion eines Vorlandbaches vertieft wurde, wodurch der Durchbruch entstand. Die Durchbrüche von St. Ulrich und Herberstein bezeichnet er als reine Produkte einer Epigenese. Auch J. SÖLCH (1917) stuft die Grobschotter von Anger in das Pliozän ein.

Nach den neuesten geologischen Erkenntnissen von H. FLÜGEL (1963) wurden die auf die kohleführenden Schichten des Birkfelder Beckens abgelagerten Grobschotter nicht im jüngsten Tertiär, sondern im Torton abgelagert. Diese Einzeitung der Birkfelder und Angerer Schotter gibt neue Aspekte für die zeitliche Einordnung der Durchbrüche.

In jener Epoche des Miozäns durchbrach die Feistritz das Bergland zwischen Birkfeld und Anger. Infolge des zwar nicht kalten, aber doch sehr niederschlagsreichen Klimas und der Hebung des Gebirgsrandes transportierte der Fluß große und sehr grobe Schottermassen talabwärts. Da er im Gebirge wahrscheinlich schon sein heutiges Einzugsgebiet besaß, war der Materialanfall beträchtlich, und es ergoß sich ein mächtiger Schotterkörper in das Angerer Becken und weiter in das Vorland hinaus. Die Schotterdecke neigte sich beim Austritt vom Gebirge nur wenig. Das große Gefälle südlich von Trog ist sicher das Ergebnis einer Absenkung des Steirischen Beckens nach der Akkumulationsphase.

Die postpliozäne Anlage des Freienberger Durchbruchs nach A. AIGNER (1916) ist unwahrscheinlich, da die Feistritz im Ältestpleistozän nach dem Passieren der Herbersteinklamm ostwärts umbog und über die Auffenberger Fluren zur unteren Strem entwässerte (A. WINKLER-HERMADEN, 1955). Dazwischen liegt aber die Ausräumung des Herbersteiner Durchbruchs. Eine gleichzeitige Formung der beiden Durchbrüche ist ausgeschlossen, da der sarmatische (!) Beckenuntergrund von Stubenberg tiefer liegt als das gegenwärtige Flußbett der Feistritz in der Herbersteinklamm.

Die Bildung des Freienberger Durchbruchs muß man daher früher einstufen. Dabei ist der Ansicht von A. AIGNER (1916), daß eine Verbindung zwischen Rabenwald und Kulm durch einen Sattel bestanden hat, durchaus zuzustimmen. Die Frage, ob eine Überfließung oder

Regression den Ausschlag gab, ist wohl nur sekundär. Eine reine Epigenese ist unwahrscheinlich, da entlang des Durchbruches keine Schotterreste gefunden wurden.

Die tortonen Schotter füllten das Angerer Becken so weit auf, bis die etwas nach S und E geneigte Schotterfläche die Sattelhöhe erreichte und der mäandrierende Fluß den Sattel überflossen hat. In der Folgezeit kam es zu Absenkungen im Steirischen Becken, wodurch die tortonen Sedimente südlich von Trog in eine tiefere Lage kamen. Zugleich wurde der Kulm gekippt und gedreht und anschließend nochmals herausgehoben (R. PURKERT, 1925). Mit dem Einschneiden des Flusses zwischen Rabenwald und Kulm wurde das Angerer Becken ausgeräumt. Dabei entstand der epigenetische Durchbruch von Sankt Ulrich (Fig. 2). Das erodierte Material lagerte die Feistritz zum Großteil im Stubenberger Becken wieder ab (bis über den Buchberg). Mit dem Ende der Aufschotterung östlich des Kulms erreichte die Feistritz die Normalgefällskurve, und sie erodierte im Freienberger Durchbruch stärker zur Seite. Die Ausprägung der heutigen Form dieses Durchbruchs brachte erst die Bildung der Herbersteinklamm mit sich, als



Fig. 2: Das Becken von Anger und Unterfeistritz vom Kulm gegen NW. Die Feistritz schneidet den Grundgebirgssporn von St. Ulrich (Bildmitte) vom kristallinen Hauptkomplex des Rabenwaldes ab. Der Aufschotterung des Angerer Beckens folgte eine Ausräumung, wodurch der epigenetische Durchbruch von St. Ulrich entstand.

die Erosionsbasis wieder tiefer gelegt wurde. Der Schwemmfächer von Stubenberg ergoß sich nach E und SE, der Fluß pendelte, und bei der folgenden Eintiefung wurden seine Mäander am Südostsporn des Kulms eingesenkt. Diese Epigenese kann im Pliozän erfolgt sein. Ihr muß auf jeden Fall eine Aufschotterung des Stubenberger Beckens vorausgegangen sein. Die Voraussetzung dafür war wieder die erosive Arbeit des Flusses in Form des Freienberger Durchbruchs.

In der Geschichte der Durchbrüche am Gebirgsrand des Feistritztales fand ein Wechsel von Ausräumungen und Einschneldungen statt. Heute werden das Angerer und Stubenberger Becken wieder aufgeschüttet. Das zeigt die fast ebene Talsohle und die markante Grenze zwischen Talboden und Berghang.

3. 2. Die Genese des unteren Feistritztales im Quartär

Im ältesten Pleistozän floß die Feistritz vom Kaibinger Gebirgssporn über Auffenberg nach E, querte das heutige Safen- und Lafnitztal und erreichte den Unterlauf der Strem und Pinka. Im Laufe des Pleistozäns wechselte sie ihre Fließrichtung von E nach SE und hinterließ zwischen Auffenberg und dem heutigen Tal große Terrassen. Die Terrasse westlich von Kalsdorf wurde jedoch von der Ilz aufgeschüttet, die im späteren Pleistozän einige Kilometer weiter nordwestlich der Feistritz zustrebte als heute. Die Ursache von Flußverlagerungen der Feistritz und untersten Ilz ist in erster Linie tektonisch: Das Fürstenfelder Becken senkte sich ab, und das hatte ein verstärktes Einfallen zum Beckeninneren zur Folge. Auch dem Baerschen Gesetz, dem Rechtsdrängen der Flüsse auf der Nordhalbkugel, ist eine gewisse Bedeutung beizumessen. Der Rechtsdrang ist heute noch nicht abgeschlossen. Das zeigt der asymmetrische Querschnitt der beiden Täler.

Bei den pleistozänen Verebnungen handelt es sich um Schotterterrassen, die von einer mehr oder weniger mächtigen Lehmdecke überlagert werden. Die höchste und daher auch älteste ist jene von Auffenberg, die sich ungefähr 140 m über dem heutigen Talboden ausbreitet. Die Lehmdecke wurde z. T. schon abgeschwemmt oder ist nur mehr in geringer Stärke erhalten. A. WINKLER-HERMADEN (1955) stuft diese Terrasse in das Laaerberg-Niveau ein, das zeitlich dem Ältestpleistozän entspricht. Die nächsten darunterliegenden Terrassen liegen 110 bzw. 70 m über dem Feistritztal. Sie werden nach unten noch von drei weiteren Verebnungen abgelöst, die infolge der geringen kolluvialen Abschwemmung eine dickere Lehmschicht tragen als die vorher erwähnten.

A. WINKLER-HERMADEN (1955) stellt die Entstehung der Schotter-Lehm-Terrassen in die Interglaziale des Pleistozäns und versucht dies mit Wasserspiegelschwankungen des Schwarzen Meeres, das zeitweise bis Ungarn zurückstaute, zu erklären. Die Decklehme bezeichnet

er als fluviatil angelandete Sedimente, deren Ablagerung ebenfalls während der Warmzeiten erfolgt sein soll.

Dieser Auffassung stehen die Ausführungen von J. FINK (1959) und H. RIEDL (1961) gegenüber, die die Schotterakkumulationen als kaltzeitlich betrachten, mit der Begründung, daß nur Kaltzeiten die Voraussetzung für einen solchen Abtrag in den periglazialen Räumen gebracht haben können. Das periglaziale Klima ermöglichte eine verstärkte Verwitterung in den Frostmonaten, während in den Auftaunmonaten das aufbereitete Material abtransportiert wurde. Die Terrassendeckschichten sind nach J. FINK und H. RIEDL äolischen Ursprungs, in Anlehnung an die Lößgebiete Niederösterreichs. Die Lehme unterscheiden sich vom Löß dadurch, daß bei ihrer Anwehung ein feuchteres Klima herrschte. Sie wurden während der darauffolgenden Kaltzeit, als der Schotterkörper bereits trockengelegt war, angeweht.

Bei den jungen Pleistozänterrassen sieht J. FINK (1959) eine Differenzierung zwischen Flüssen, die von Gletschern gespeist wurden, und autochthonen, deren Quellgebiete sich noch im periglazialen Bereich befanden. An der Mur ist z. B. eine Niederterrasse entwickelt, in die die holozäne Talaue eingesenkt wurde. An den autochthonen Gerinnen, wie z. B. der Feistritz, fällt seiner Ansicht nach die Niederterrasse mit dem Talboden zusammen, der während der letzten Kaltzeit entstanden ist. Mit diesen Behauptungen stellt sich J. FINK gegen die Auffassung von A. WINKLER-HERMADEN, der auch in den Talböden der autochthonen Flüsse eine holozäne Talaue sieht.

4. Untersuchungen zur Wasserführung der Feistritz

Die Flußgebiete der Raab, Feistritz und Lafnitz besitzen hinsichtlich ihrer geographischen Lage enge Beziehungen. Ob man diese auch auf die Abflußverhältnisse übertragen kann, sollten Untersuchungen in dieser Richtung ergeben.

Die Feistritz hat von allen drei Flüssen den größten Anteil des Einzugsgebietes im Steirischen Randgebirge, 54% ihres Einzugsgebietes werden vom Grundgebirge eingenommen. Auch die Lafnitz erreicht mit ihren Zubringern aus dem Kristallin beinahe 50% (47%). Bei der Raab dagegen werden fast $\frac{3}{4}$ ihres Einzugsgebietes bis zur Staatsgrenze (73%) von klastischen Sedimenten aufgebaut. Diese grundsätzlichen Gegebenheiten beeinflussen auch die mittleren Höhen der Einzugsgebiete, von denen jene der Feistritz wesentlich höher ist als die der Lafnitz und Raab. Analog dazu stimmen auch die mittleren Abflußwerte und -spenden der drei Flüsse gut überein. Die Feistritz hat aufgrund ihres höchsten mittleren Einzugsgebietes und der damit verbundenen höheren Niederschläge die stärkste Wasser-

führung. Das stellte auch J. ZÖTL (1971) in einem Vergleich der drei oststeirischen Flüsse fest. Bei der mittleren Niederwasserspense (MNQ) ändern sich jedoch die Verhältnisse. Durch die Auswertung der Jahreskurven von Raab, Feistritz und Lafnitz tritt nach J. ZÖTL (1971) die umgekehrte Situation ein; mit Ausnahme der Monate April, Mai und August erreicht die Feistritz von allen drei Flüssen die absolut niedrigsten Werte.

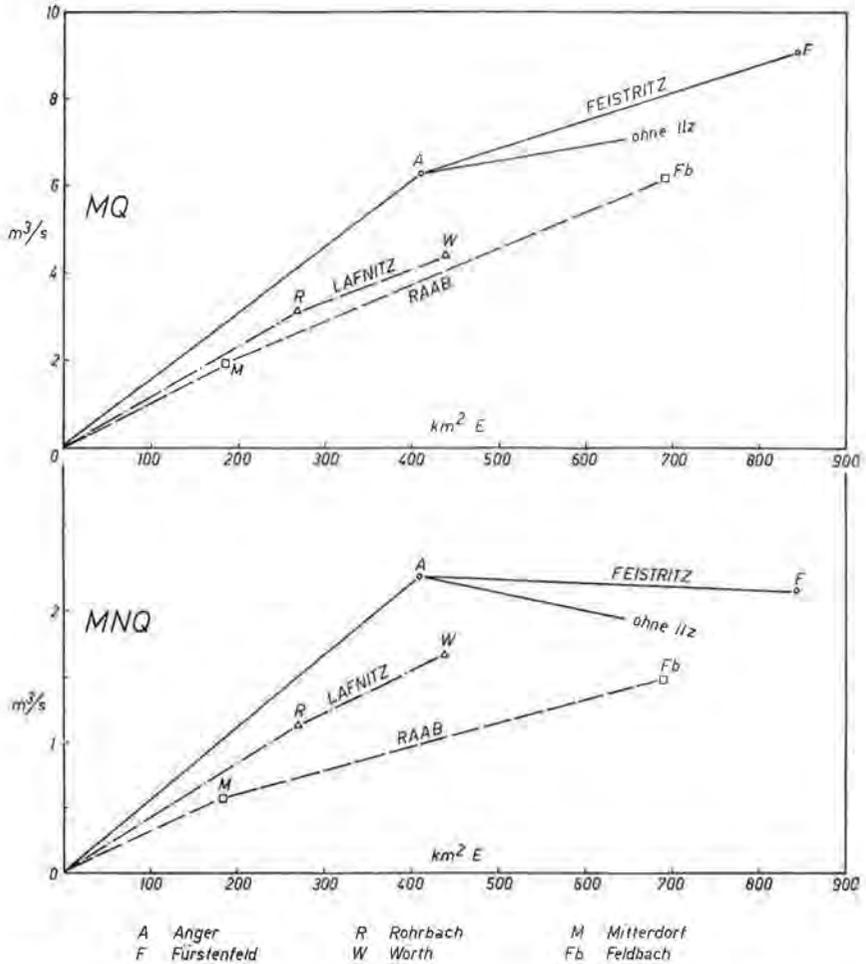


Fig. 3: Die Wasserführung der Raab, Feistritz und Lafnitz bei MQ und MNQ.

Diesen Untersuchungen folgend, wurden in Fig. 3 Einzugsgebiete und Abflüsse dargestellt, wobei auf die Abflußmeßstationen der Hydrographischen Landesabteilung für Steiermark zurückgegriffen werden konnte. Dieser Fachstelle untersteht u. a. die Betreuung der Pegelanlagen*. Für die Flußgebiete der Raab, Feistritz und Lafnitz wurden je zwei Meßstationen für vergleichende Untersuchungen ausgewählt. Es war darauf zu achten, daß eine davon den Abfluß im Grundgebirge erfaßt und die zweite die Kontrolle des Abflusses im gesamten Einzugsgebiet ermöglicht. Für die Raab sind dafür die Pegelstationen Mitterdorf (Einzugsgebiet: 187,5 qkm) und Feldbach (Einzugsgebiet: 689,9 qkm), für die Feistritz Anger (409,7 qkm) und Fürstenfeld (843,0 qkm) und für die Lafnitz Rohrbach (268,1 qkm) und Wörth (439,4 qkm) geeignet. Neben dem mittleren Jahresabfluß (MQ) wurde auch der mittlere Niederwasserabfluß (MNQ) untersucht.

Beim MQ steigt der Abfluß der Feistritz im Grundgebirge mit der Erweiterung des Einzugsgebiets stark an, während an der Lafnitz und Raab nur eine geringe Zunahme zu erkennen ist. Diese Verhältnisse passen in das allgemeine hydrographische Gesamtbild und decken sich mit den mittleren Höhen der einzelnen Flußgebiete. Dem entsprechen auch die durchschnittlichen Abflußspenden (Mq): Feistritz 15,2 l/s qkm, Lafnitz 11,8 l/s qkm, Raab 10,9 l/s qkm. Im Tertiärgebiet ist bei allen drei Flüssen eine Abflußzunahme zu verzeichnen, doch sinkt die mittlere Abflußspende für das gesamte Einzugsgebiet — gegenüber der oben angeführten — bei der Feistritz um 4,6 l/s qkm, bei der Lafnitz um 1,8 l/s qkm und bei der Raab um 1,1 l/s qkm. Untersucht man ausschließlich den Abfluß im tertiären Riedelland, zeichnet sich ein deutlich verschiedenes Abflußverhalten der Feistritz ab; während die Raab ein Mq von 8,4 l/s qkm und die Lafnitz von 7,6 l/s qkm aufweisen, beträgt — im Gegensatz zum Gesamtgebiet — das Mq der Feistritz nur mehr 6,2 l/s qkm. Betrachtet man nur die eigentliche untere Feistritz (ohne Ilz), sinkt die Abflußspende sogar auf 5,2 l/s qkm. Sie zeigt eine eindeutige Abweichung des Abflußverhaltens gegenüber den beiden anderen Flüssen.

Dies wird bei einer Betrachtung des mittleren Niederwassers (MNQ) weiter erhärtet. Während im Grundgebirge für alle drei Flüsse generell analoge Verhältnisse so wie beim MQ herrschen, tritt im tertiären Vorland der Umstand ein, daß die Feistritz zwischen Anger und Fürstenfeld tatsächlich Wasser verliert (ca. 110 l/s). Dieser Wert ist jedoch nur als theoretische Angabe anzusehen, da bei einer Subtrahierung der Ilz und der anderen Feistritzzubringer im Tertiärland der Wasserverlust noch erheblich steigt. Lafnitz und Raab erfahren hingegen im

* In diesem Zusammenhang sei es gestattet, der Hydrographischen Landesabteilung des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung den ergebensten Dank auszusprechen.

Vorland auch bei dieser geringen Wassermenge einen kontinuierlichen Anstieg des Abflusses.

Durch Vergleiche der Abflußmengen und -spenden entsteht der Eindruck, daß ein Wasserverlust generell nur bei Nieder- oder manchmal bei Mittelwasser eintritt. Diese Annahme ist, wie es sich später zeigen wird, nicht richtig, denn es kann sich zeitweise sogar bei Hochwasser ein Wasserverlust einstellen.

4. 1. Grundsätzliche Möglichkeiten für den Wasserverlust des Flusses

Für den Verlust von Flußwasser können zwei Möglichkeiten in Betracht gezogen werden, von denen die eine die andere nicht ausschließt: Das Wasser verdunstet und wird der Atmosphäre zugeführt, oder es versickert in seicht oder tiefer liegende Grundwasserkörper.

Verdunstung und Versickerung besitzen räumlich nicht dieselben Voraussetzungen. Die Ursache eines Flußwasserverlustes infolge Versickerung kann schon in einem eng begrenzten Raum liegen, z. B. an lokalen, wasserdurchlässigen Stellen an der Basis des Gerinnes. Die Verdunstung benötigt dagegen einen großräumigeren Wirkungskreis. Man kann durchaus annehmen, daß sie im gesamten oststeirischen Tertiärgebiet ähnliche Werte erreicht. Verbunden mit den Erläuterungen zu Fig. 3 darf die Verdunstung zwar nicht ausgeschlossen, aber dennoch als sekundärer Faktor angesehen werden. Würde die Verdunstung den Hauptteil oder überhaupt die gesamte Last des Wasserverlustes tragen, müßten unvorstellbare kleinklimatische Unterschiede zwischen den drei Flußgebieten herrschen, die aneinandergrenzen. Dazu kommt noch, daß die Feistritz zwischen zwei Flußräumen liegt, die ähnliche Abflußverhältnisse zeigen (Fig. 3).

Ein weiteres Moment, das die Verdunstung als Hauptursache des abweichenden Abflußcharakters der Feistritz ausschließt, sind die jahreszeitlichen Unterschiede. In den Wintermonaten, wo die Verdunstung nur sehr wenig auf die Oberflächengerinne einwirkt, dürfte es nach diesem Gesichtspunkt zu keinen Wasserverlusten kommen. Wie es sich später zeigen wird, stellt sich ein Wasserverlust jedoch zeitweise auch im Winter ein. Im Sommer ist die Verdunstung sicher ein mitbestimmender Faktor. Auf ihre untergeordnete Rolle bezüglich eines Flußwasserverlustes weist das Diagramm des Raababflusses in Mitterdorf und Feldbach hin, wobei der Weizbach (bei St. Ruprecht) in die Kalkulation nicht einbezogen wurde (Fig. 4). Obwohl dieses Diagramm den Abfluß der Raab in den Sommermonaten 1968 zeigt, wo die Verdunstung im allgemeinen ihre höchsten Jahreswerte erreicht, kann man keinen Wasserverlust feststellen.

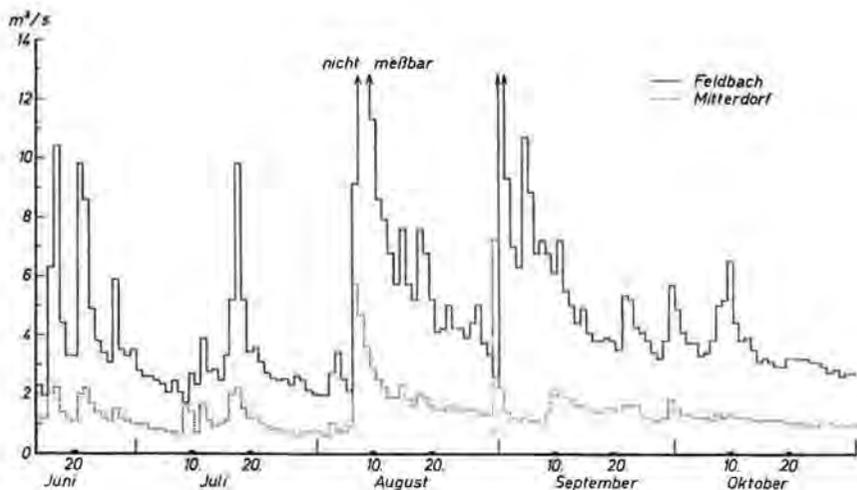


Fig. 4: Der Abfluß der Raab in Mitterdorf und Feldbach (abzüglich Weizbach) vom 14. 6. bis 31. 10. 1968.

4. 2. Die Auswahl der Abflußmeßstellen

Vor Beginn der Detailuntersuchungen war nur bekannt, daß sich an der Feistritz zwischen den Pegeln Anger und Fürstenfeld (im Juni 1967 durch den Pegel Maierhofen abgelöst) ein Wasserverlust einstellt. Wegen kurzfristiger Wasserspiegelschwankungen, ausgelöst durch den Schwellbetrieb von nicht weniger als 23 Mühlen zwischen Anger und Maierhofen, mußte befürchtet werden, daß punktuelle Messungen zu keinen bzw. falschen Ergebnissen führen könnten. Die Heranziehung von Wasserstandstagesmitteln als Vergleichswerte setzte die Inbetriebnahme von Schreibpegeln voraus.

Die Meßstellen an der Feistritz wurden nach der Frage einer eventuellen Versickerung ausgewählt. Es muß hinzugefügt werden, daß die Landverdunstung schon durch den Ausschluß der Nebenbäche außer Betracht gelassen werden kann und nur die Verdunstung von der freien Wasseroberfläche des Flusses von Bedeutung ist. Die Möglichkeiten für die Evapotranspiration von seicht liegendem Grundwasser sind im Talboden der Raab am größten.

Nach der Grundlage der geologischen Situation mußten zu den bereits bestehenden Abflußmeßstellen der Hydrographischen Landesabteilung für Steiermark (Anger, Maierhofen, Neudorf/Ilz) weitere errichtet werden. Die erste neue Meßstation mit einem Selbstschreiber wurde bei Unterfeistritz vor dem Eintritt des Flusses in den Freienberger Durchbruch in Betrieb genommen. Dadurch konnte man den

Abfluß der Feistritz im Becken von Ober- und Unterfeistritz zwischen Anger und dem Schluchtbeginn kontrollieren. Da die nächste von der Hydrographischen Landesabteilung für Steiermark betreute Schreibpegelanlage erst in Maierhofen (Fig. 5) steht, das ist nach dem Zusammenfluß von Feistritz und Ilz, mußten am Unterlauf der Feistritz zwei weitere Abflußmeßstationen errichtet werden. Dabei sollte jene von Kroisbach einen eventuellen Wasserverlust der Feistritz im Stubenberger Becken und kurz nach dem Austritt aus dem Herbersteiner Durchbruch erkennen lassen, während durch den Schreibpegel von Obgrün zwei weitere Flußabschnitte im unteren Feistritztal (zwischen Kroisbach und Obgrün sowie zwischen Obgrün und Maierhofen) im Detail untersucht werden konnten*.

Um einen Wasserverlust auch quantitativ feststellen zu können, war es notwendig, die Feistritzzubringer zwischen Anger und Maierhofen bei den Berechnungen auszuklammern. Den Abfluß der Ilz, der durch den Pegel von Neudorf/Ilz erfaßt wird, konnte man durch eine Subtrahierung vom Feistritzabfluß bei Maierhofen ausscheiden. Dies war aber bei den anderen Feistritznebenbächen vorerst ein schwieriges Problem, denn es war unmöglich, jeden einzelnen Zubringer zu messen. Daher wurden die Nebenbäche in zwei Gruppen zusammengeschlossen: Das Einzugsgebiet der Bäche der ersteren Gruppe liegt ausschließlich im Tertiär- und Quartärgebiet, die Oberflächengerinne der zweiten Gruppe entwässern in ihrem Oberlauf Anteile des Grundgebirges und durchfließen erst in ihrem Unterlauf neogene Lockersedimente. Außerdem liegt die mittlere Höhe ihrer Einzugsgebiete höher als jene der ersten Gruppe. Für jeden Teil wurde ein geeigneter Bach ausgewählt, knapp vor seiner Einmündung in den Vorfluter mit einem Meßwehr versehen und einer Dauerbeobachtung unterzogen. Für diese Untersuchungen waren von den Bächen im tertiären Vorland der Steinbach bei Großsteinbach und von den teilweise im Kristallin fließenden Gerinnen der Schmiedbach bei Floing am besten geeignet. Aus den erhaltenen Abflußwerten der beiden Feistritzzubringer wurden die Abflußspenden errechnet. Da man annehmen kann, daß auch die übrigen Bäche derselben Gruppe annähernd dieselbe Abflußspende erreichen, konnte durch Rückrechnung ihr wahrer Abflußwert bestimmt werden. Der Abfluß der Nebenbäche zwischen den einzelnen Schreibpegelstationen wurde addiert und von dem der Feistritz subtrahiert (vgl. Tafel I).

Die Abflußmessungen am Schmied- und Steinbach erfolgten bei verschiedenen Wasserständen einige Monate hindurch. Allmählich ergaben sich Beziehungen zum Feistritzabfluß. So konnte man in der Folgezeit die Bäche der Gruppe „Schmiedbach“ dem Abfluß der Feistritz in Anger in einem bestimmten Verhältnis angleichen, und bei den

* Für die Unterstützung dieser Arbeit hat der Verfasser der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz zu danken.

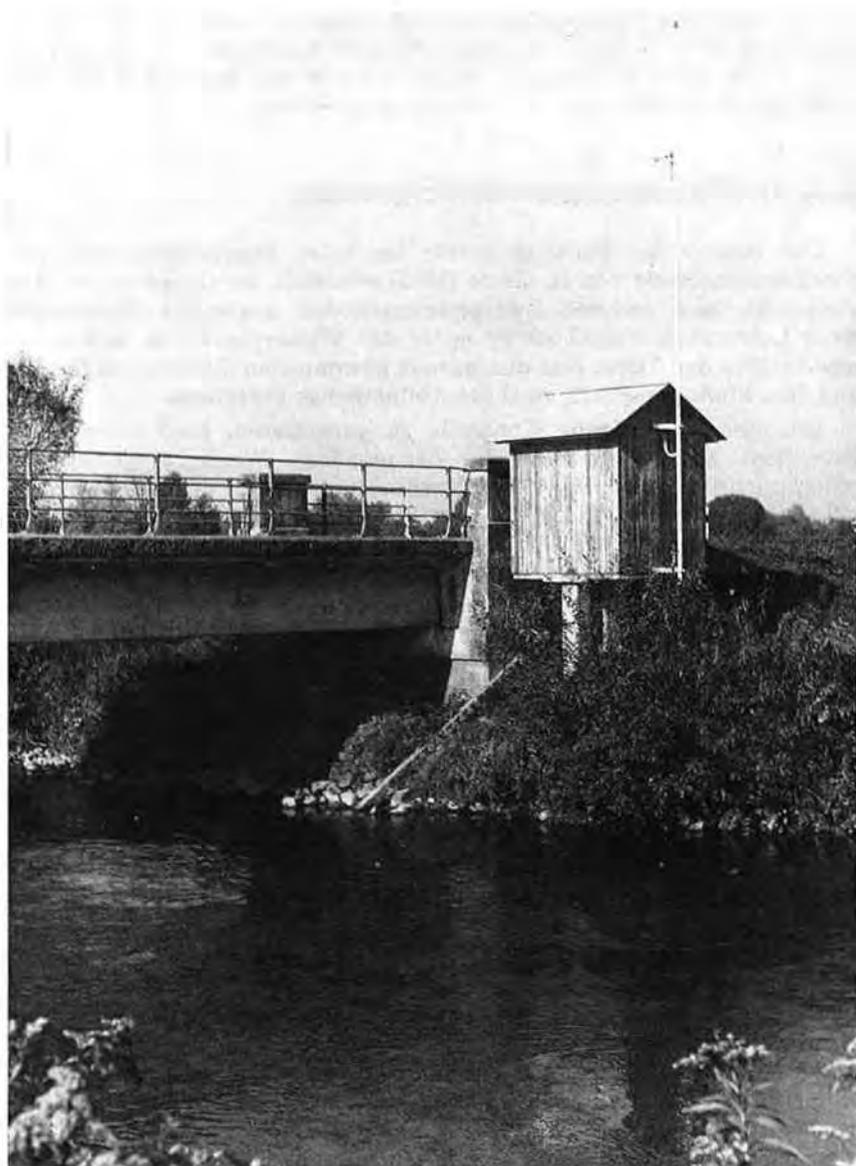


Fig. 5: Die Abflußmeßstation Maierhofen, von der Hydrographischen Landesabteilung für Steiermark als Funkpegel ausgerüstet.

Bächen aus dem Tertiärgebiet gelangte man zur Erkenntnis, daß sie zusammen etwa $\frac{1}{4}$ der Ilz schütten. Kalkulationsfehler bis zu ungefähr 50 l/s fallen nicht ins Gewicht, da sie in bezug auf den Abfluß der Feistritz nur einen minimalen Prozentsatz ausmachen.

4. 3. Die Einordnung der Meßergebnisse

Der Abfluß der Feistritz wurde bei allen Pegelstellen nach der Zweipunktmethode von H. KREPS (1962) ermittelt. Im Gegensatz zu den Vielpunkt- und anderen Zweipunktmethoden liegen die Meßpunkte einer Lotrechten einmal knapp unter der Wasseroberfläche und zweitens in 38% der Tiefe. Aus den daraus gewonnenen Geschwindigkeiten und dem Flußquerschnitt wird die Abflußmenge berechnet.

Um eine fortlaufende Kontrolle zu garantieren, muß neben dem jeweiligen Abflußwert auch der dazugehörige Wasserstand bekannt sein. Es ist daher bei jeder Abflußmessung unbedingt der auf dem Lattenpegel abgelesene Wasserstand zu notieren. Alle Messungen beruhen auf der Beziehung zwischen Wasserstand und Abflußmenge. Die Bezugskurve zwischen diesen beiden Faktoren, die sogenannte Schlüsselkurve, entsteht aus einer Vielzahl von Abflußwerten bei verschiedenen Wasserständen. Zeichnet man die Schlüsselkurve auf doppellogarithmischem Papier, wird sie annähernd eine Gerade. Das hat den Vorteil, daß man besser inter- und extrapolieren kann. Besonders bei Hochwasserständen, wo eine Abflußmessung außer bei Brücken oder mittels eines Bootes oder Tragkorbes nicht möglich ist, kann die eine Gerade bildende Schlüsselkurve leicht verlängert werden.

Der Lattenpegel benötigt nicht unbedingt die Flußsohle als seinen Nullpunkt, muß jedoch immer in einem fixen Zustand verbleiben. Da sich das Querprofil durch Aufschüttung und Abtragung im Flußbett immer wieder ändert, ist auch die Schlüsselkurve nicht dauernd gültig. Es mußten deshalb auch die Schlüsselkurven der Pegelstationen an der Feistritz zeitweise neu erarbeitet werden, wobei sich aber keine großen Änderungen ergaben.

Bei Meßstationen, wo der Flußwasserspiegel durch künstliche Einflüsse (Mühlen, Sägewerke, E-Werke) kurzfristigen Schwankungen unterworfen ist, kann der Wasserstand während einer Messung schwer eruiert werden. Besonders kraß trat dies bei der Station Kroisbach zutage. Im Rahmen dieser Arbeit wurde so vorgegangen, daß ein mittlerer Wasserstand während einer Abflußmessung aus dem arithmetischen Mittel der Wasserstände am Meßbeginn und -schluß sowie aus den Eckpunkten der Wasserspiegelschwankungen, abgelesen am Schreibpegel, ermittelt wurde. Es wurde offenkundig, daß diese Methode durchaus richtig ist, da sich die auf solche Art gewonnenen Abflußwerte ohne Abweichung in die Schlüsselkurve einordnen ließen.

Den graphisch ermittelten Wasserstands-Tagesdurchschnittswerten konnten in der Folge mittels der Schlüsselkurve die entsprechenden Abflußzahlen zugeordnet werden. Weiters ließen sich daraus auch Mittelwerte von längeren Beobachtungsperioden gewinnen.

4. 4. Die Auswertung der Meßergebnisse

Die engere Meßperiode umfaßte die Zeit vom Juni 1968 bis November 1969, da die Studienpegel Unterfeistritz, Kroisbach und Obgrün erst im Juni bzw. Juli 1968 errichtet worden waren.

4. 4. 1. Der Wasserverlust und -überschuß, betrachtet in Monatsmitteln

Obwohl aufgrund der Voruntersuchungen bekannt war, daß der Wasserverlust hauptsächlich von der Versickerung verursacht wird, war es nicht möglich, ihn vor Beginn der speziellen Untersuchungen zu lokalisieren. Es konnte vorerst nur eine Übersicht nach Monatsmitteln des Feistritzabflusses zwischen Anger und Fürstenfeld bzw. Maierhofen erstellt werden (Fig. 6). Dieses Diagramm gewährt einen ersten Einblick in die Abflußverhältnisse der mittleren und unteren Feistritz zwischen Mai 1964 und November 1969. Da die Zubringer nach den schon oben angeführten Methoden eliminiert wurden, kommen die Wasserverluste eindeutig zur Geltung. Gesamtheitlich betrachtet fällt auf, daß ein starker Verlust von Flußwasser erst in den letzten beiden Jahren auftrat. Ein Vergleich der Jahre 1965 und 1966 gegenüber 1968 und 1969 zeigt, daß der Sommerabfluß des ersteren Zeitraumes den des letzteren weit überstieg, die Niederschläge aber nicht in einem solchen Maße unterschiedlich waren. Das ist darauf zurückzuführen, daß während des Sommers der Jahre 1965 und 1966 der Hauptteil der Niederschläge in Form von Starkregen fiel, wodurch der Oberflächenabfluß wesentlich intensiviert wurde. Die große Zahl der Tage mit Starkregen drückte das Monatsabflußmittel in die Höhe. Die Niederschläge im Sommer 1968 und 1969 teilten sich ziemlich gleichmäßig auf, und der Abfluß erreichte kaum das langjährige Mittel.

Durch die hohen Oktoberniederschläge 1964 schnellten die Abflußkurven in die Höhe und ließen keinen Wasserverlust zu. Erst im Jänner 1965, als der Abfluß weit unter das langjährige Mittel fiel, trat der erste Wasserverlust der Beobachtungsperiode ein, ähnlich wie ein Jahr später, im Jänner 1966. Der Zeitpunkt dieser beiden Wasserverlustperioden beweist deutlich die untergeordnete Rolle der Verdunstung. Die Sommermonate 1965 und 1966 waren durch starke Niederschläge ausgezeichnet, denen zeitweise ein katastrophales Anschwellen des Abflusses folgte. In dieser Zeit, wo der mittlere Monatsabfluß manchmal das Vielfache des langjährigen Durchschnittswertes erreichte, ergaben die Berechnungen nur Abflußüberschüsse, die vor allem aus in den Fluß infiltriertem Grundwasser bestehen.

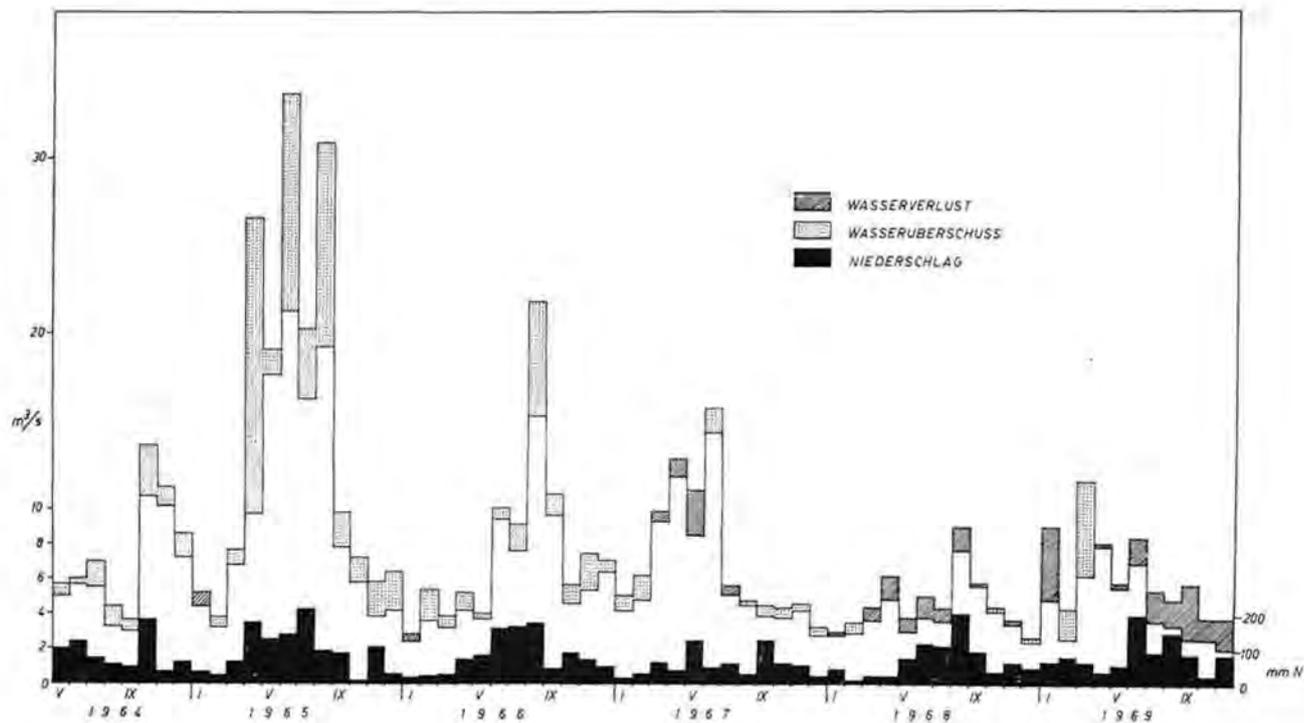


Fig. 6: Der Wasserverlust und -überschuß zwischen Anger und Fürstenfeld (ab Juni 1967 Maierhofen), erfaßt in Monatsmitteln, vom Mai 1964 bis zum November 1969 (ohne Nebenbäche). Niederschlag: Mittel der Monatswerte von den Stationen in Birkfeld, St. Johann und Fürstenfeld.

Für die in Fig. 6 als Wasserverlust eingezeichneten Werte vom März, April und Mai 1967 kann nicht der Nachweis erbracht werden, ob sie tatsächlich durch Versickerung oder Verdunstung verursacht wurden, da in dieser Zeit die Aufzeichnungen des Pegels Fürstenfeld fehlerhaft waren. Aus diesem Grunde wurde die Pegelanlage im Juni 1967 nach Maierhofen transferiert.

Das ziemlich niederschlagsarme Winterhalbjahr 1967/68 bewirkte ein generelles Sinken der Abflußganglinien und zugleich um die Jahreswende ein indifferentes Verhalten zwischen Wasserverlust und -überschuß. Im Februar, März und April 1968 fielen fast keine Niederschläge. Der Abflußanstieg war nahezu nur auf das Schmelzwasser zurückzuführen, aber auch dieses war wegen der nur geringen Schneerücklage niedrig. Ab dem Spätwinter 1968 stellte sich nach einigen Monaten mit nur geringem Überschuß eine Periode von Wasserverlusten ein, die sich bis einschließlich August desselben Jahres erstreckte. Dies ist um so bemerkenswerter, als die Sommerniederschläge eine recht beachtliche Höhe erreichten. In den letzten Monaten des Jahres 1968 verhielten sich Wasserüberschuß und -verlust ausgeglichen, was durch die Auswirkungen des Auguthochwassers 1968 begründet werden kann.

Der monatelange langsame Übergang vom Wasserüberschuß zum -verlust im Winter 1967/68 deutet auf eine Versickerung hin, die unterirdischen Speicher waren nach den Jahren von außerordentlich schweren Hochwässern wieder wasseraufnahmebereit (März—August 1968). Das Auguthochwasser spielte für die nachfolgenden Monate insofern eine bedeutende Rolle, als es die unterirdischen Speicherräume nahezu wieder auffüllte.

Es ist von Bedeutung, daß die Verluste der Feistritzwasserführung bei Nieder-, Mittel- und zeitweise auch bei Hochwasser auftreten.

Die Verdunstung spielte zwischen Herbst 1967 und Dezember 1968 eine unbedeutende Rolle. Das zeigt besonders der große Oberflächenwasserverlust im August 1968, in einer Zeit, wo es kälter als in den beiden vorangegangenen Monaten war. Der Wasserverlust stand in keiner Beziehung zu der die Verdunstung beeinflussenden Lufttemperatur.

Die Monate Jänner und Februar 1969 können für den Vergleich nur mit Vorsicht herangezogen werden, da die vom Eisstau verursachten Wasserspiegelschwankungen den wahren Abfluß etwas verfälscht haben könnten. Die ziemlich hohen Winterniederschläge 1968/69 führten zu einem großen Schmelzwasserabfluß im März und April 1969. Während sich im März noch ein gewaltiger Wasserüberschuß einstellte, zeigten sich im April und Mai erste Verlustanzeichen. Die Versickerung als Ursache läßt, vergleichend zum Winterhalbjahr 1967/68, den Schluß zu, **daß sich ein Wasserverlust um so rascher einstellt, je kürzer der Zeitabschnitt des vorangegangenen Überschusses ist.** Wie der Niederschlag, so zeigte auch der Abfluß in den weiteren Monaten des Jahres 1969

eine fallende Tendenz. Der Wasserverlust stieg, besonders in den Sommermonaten, stark an, ohne sich — wie 1968 — gegen Ende des Jahres mit dem Überschuß wieder auszugleichen. Die Möglichkeit einer Verdunstungseinwirkung ist im Sommer 1969 wohl vorhanden, doch für den Wasserverlust von durchschnittlich etwas über 1,5 cbm/s zwischen Anger und Maierhofen sicher nicht hauptverantwortlich.

Durch diese kurze Interpretation der Monatsmittel von Anger und Fürstenfeld bzw. Maierhofen zwischen Mai 1964 und November 1969 kann man die Verdunstung als Hauptträger des Wasserverlustes zwar nicht gänzlich ausscheiden — es sind keine Verdunstungsmessungen vorhanden —, doch ist ein genauer Einfluß auf den Wasserverlust der Feistritz wohl nur in der warmen Jahreszeit gegeben. Die primäre Last des Wasserverlustes der Feistritz trägt jedenfalls eindeutig die Versickerung, wobei jedoch die unterirdischen Wege des entschwindenden Wassers vorerst noch zu klären sind.

Im folgenden wird begründet, warum nicht anzunehmen ist, daß die Flußwasserverluste hauptsächlich der Speisung des seichtliegenden Grundwassers dienen.

Die Mächtigkeit und Ausdehnung des seichtliegenden Grundwasserkörpers im unteren Feistritztal ist im Vergleich zu den quartären Aufschüttungen im Raabtal gering. Es wäre daher eher zu erwarten, daß die Raab Wasser in den seichtliegenden Grundwasserkörper abgibt, was jedoch nicht der Fall ist.

Das unechte Grundwasser, dessen Auftreten in der Wechselbeziehung zwischen Oberflächen- und seichtliegendem Grundwasser beruht, konnte durch fortlaufende Messungen des Abflusses an der Feistritz erfaßt werden, wobei keine Anzeichen einer Alimentation des seichtliegenden Grundwassers hervortraten.

Um den Wasserhaushalt des seichtliegenden Grundwassers genauer zu erfassen, müßten im Feistritztal noch weitere, ins Detail gehende Beobachtungen und Messungen durchgeführt werden.

4. 4. 2. Der Wasserverlust und -überschuß der Feistritz zwischen Juni 1968 und November 1969, erfaßt in Tagesmitteln

Die monatliche Übersicht ließ erkennen, daß zu bestimmten Zeiten ein Wasserverlust auftrat, der im wesentlichen der Versickerung zuzuschreiben ist. Könnte man einen nennenswerten Teil des Wasserverlustes der Verdunstung zuordnen, würde sich eine detaillierte Erfassung des Verlustes zwischen den einzelnen Stationen erübrigen, da die Verdunstung nicht derart an lokale Verhältnisse gebunden ist. Im anderen Fall war es jedoch notwendig, zwischen Anger und Maierhofen noch weitere Abflußmeßstationen zur Beobachtung heranzuziehen, so daß die Flußstrecke der Feistritz in vier Abschnitte unterteilt werden konnte:

1. Anger—Unterfeistritz (Flußabschnitt I),
2. Unterfeistritz—Kroisbach (Flußabschnitt II),
3. Kroisbach—Obgrün (Flußabschnitt III) und
4. Obgrün—Maierhofen (Flußabschnitt IV).

Die Interpretation des Wasserverlustes bzw. -überschusses zwischen den einzelnen Stationen wurde im folgenden gleichzeitig vorgenommen, um den Verlustcharakter besser eruieren zu können. Tafel II zeigt die detaillierten Abflußverhältnisse in den beiden ersten Flußabschnitten, Tafel III jene an der unteren Feistritz ab Kroisbach. Die Trennung erfolgte deshalb, weil sich Unterschiede in der Versickerung zwischen dem mittleren und unteren Feistritztal ergaben. Die Beobachtungszeit erstreckte sich vom Juni 1968 bis zum November 1969.

Ein Vergleich der Abflußganglinien mit dem Niederschlag ist bei einer solchen Untersuchung unerlässlich. Für die Abschnitte I und II wurden dafür die Aufzeichnungen der Station Birkfeld, für die beiden unteren Flußstrecken die Messungen der Station St. Johann bei Herberstein herangezogen.

Um ein synoptisches Untersuchungsergebnis zu garantieren, war es notwendig, die Beobachtungszeit sinnvoll aufzuteilen. Dies erfolgte — wo es möglich war — nach dem Gesichtspunkt der Auswirkungen eines Hochwassers auf die unterirdischen Wasserspeicher. Eine Teilperiode umfaßt deshalb meistens fallende Ganglinien nach einem höheren Wasserstand. Die gesamte Beobachtungszeit ließ sich nach den oben angeführten Voraussetzungen in neun Abschnitte einteilen:

- a) Mitte Juni—Anfang August 1968,
- b) Anfang August—Anfang September 1968,
- c) Anfang September—Mitte November 1968,
- d) Mitte November 1968—Anfang März 1969,
- e) Anfang März—Ende April 1969,
- f) Ende April—Anfang Juni 1969,
- g) Anfang Juni—Ende Juli 1969,
- h) Ende Juli—Mitte September 1969 und
- i) Mitte September—Mitte November 1969.

- a) Mitte Juni—Anfang August 1968

Die Schreibpegelstation Obgrün wurde im Juli 1968 errichtet. Es ergibt sich daher im unteren Flußabschnitt erst seit dieser Zeit eine Vergleichsmöglichkeit. Die Niederschläge fielen in der ersten Beobachtungsperiode zum größten Teil aus Frontgewittern. Die Regengüsse waren kurz und ziemlich heftig.

Es trat bereits im Flußabschnitt I ein Wasserverlust ein. Die Abflußganglinie von Anger bewegte sich etwas unter dem langjährigen Durchschnitt. Der Verlust vergrößerte sich in den niederschlagsfreien ersten Julitagen mit fallendem Abflußgang. Bei einem ähnlichen Verlauf der Abflußkurven in Anger und Unterfeistritz zwischen dem 25. und 31. Juli stellte sich überraschend ein Wasserüberschuß ein. Der plötzliche Übergang vom Wasserverlust zum -überschuß ist im Flußabschnitt I in dieser Beobachtungsperiode von Bedeutung, da er nicht durch einen besonderen Hochwasserstand eingeleitet wurde. Gerade das Gegenteil war der Fall. Der Überschuß trat bei den ersten Anzeichen eines fallenden Wasserstandes ein. Das kurze Hochwasser um den 20. Juli fiel noch in die Zeit des Verlustes, der auf eine Versickerung hindeutet. Während dieses Hochwassers wurde der unterirdische Speicher für kurze Zeit angefüllt, und in den nachfolgenden Tagen konnte er nichts mehr aufnehmen. Der größte Wasserverlust im Tagesmittel des ersten Beobachtungszeitraumes erreichte zwischen Anger und Unterfeistritz eine Höhe von fast 1 cbm/s. Es wurden zwar bei der sprunghaften Ganglinie noch höhere Werte erzielt, Eintageswerte können aber nicht herangezogen werden, da man die Fließzeit des Wassers zwischen den beiden Meßstationen berücksichtigen muß. Bei mitternächtlichem Anstieg oder Abfall kann dadurch ein falscher Vergleichswert entstehen.

Im Flußabschnitt II, zwischen Unterfeistritz und Kroisbach, wurde die Feistritz im ersten Beobachtungszeitraum keines Wassers verlustig; im Gegenteil, es stellte sich ein kontinuierlicher Wasserüberschuß ein, wahrscheinlich aus dem Zufluß seichten Grundwassers im Talboden und Handdruckwassers in den Durchbruchstrecken. Geologisch gesehen bringt der Flußabschnitt II kaum Verlustmöglichkeiten durch Versickerung mit sich, da er zum größten Teil im Kristallin liegt. Nur das Stubenberger Becken und der unterste Teil zwischen St. Johann bei Herberstein und Kroisbach lassen eventuell eine Versickerung zu.

In den Flußabschnitten III und IV trat ein deutlicher Wasserverlust ein. Leider konnte die trockene Zeit Anfang Juli nicht erfaßt werden. Der ziemlich große Verlust in den Abschnitten III und IV deutet zunächst auf einen einzigen Aufnahmekörper im unteren Feistritztal hin, doch zeigen spätere Beobachtungen, daß dies nicht zutrifft. Für das gesamte untere Feistritztal wurde ein maximaler Verlustwert im Julitagesmittel von mindestens 1,5 cbm/s errechnet.

b) Anfang August—Anfang September 1968

Anfang August fielen Niederschläge — besonders im Vorland — von beträchtlicher Intensität. Da die Schlüsselkurven nicht mehr ausreichten, diesen großen Durchfluß zu registrieren, konnten die Tage mit dem höchsten Abfluß zum Vergleich nicht herangezogen werden. Für die Fragestellung des Wasserverlustes hatte das insofern wenig Bedeutung, als die Auswirkungen des Hochwassers bei den fallenden Gang-

linien wieder klar zu ermessen waren. Die im weiteren Verlauf des August aufgetretenen Strichregen konnten ein ständiges Fallen der Abflußkurven nicht verhindern, doch wurde z. B. in Anger das langjährige Monatsmittel erst gegen Ende des Monats wieder erreicht.

Im Flußabschnitt I gingen dem Oberflächenwasser sogar nach dem großen Hochstand Anfang August enorme Mengen verloren. Es fällt auf, daß der Verlust mit fallendem Wasserstand abnahm, also das Gegenteil der Messungen von Anfang Juli eintrat. Der unterirdische Wasserleiter muß große Wassermengen aufnehmen können, wenn auch anzunehmen ist, daß bei einem solch hohen Wasserstand ein gewisser Teil des Flußwassers in das seichtliegende Grundwasser übertritt und nach Ablauf des Hochwassers als unechtes Grundwasser wieder in den Fluß zurückströmt. Die Vorstellung einer N—S-führenden Tortonrinne zwischen Raasberg und Kulm als wasseraufnahmefähiger Körper gewinnt bei der Betrachtung der großen Verlustmengen an Bedeutung. Es ist augenscheinlich, daß für eine Alimentation von Grundwasserkörpern nur eine Entwässerung in südliche Richtung in Frage kommt, da das Feistritzbecken im W, N und E vom kristallinen Grundgebirge umsäumt wird. Die konträren Wasserverlustsituationen vom August und Anfang Juli konnten vorerst noch nicht geklärt werden.

Sehr deutlich war der Wasserüberschuß wieder im Flußabschnitt II.

Im unteren Feistritztal trifft man auf ein — verglichen mit den Juli-verhältnissen — völlig verändertes Bild. Das Augusthochwasser bewirkte im Flußabschnitt III einen Wasserüberschuß, der mit fallendem Wasserstand gegen Ende des Monats immer mehr abgebaut wurde. Zwischen Obgrün und Maierhofen ergab sich jedoch auch nach dem Hochstand im August ein Wasserverlust. Diesem Umstand entsprechend kann die Verdunstung nahezu ausgeschlossen und die Lage von zwei unterirdischen wasseraufnahmefähigen Bereichen nachgewiesen werden, die völlig voneinander getrennt liegen. Sie besitzen eine wasserführende Verbindung zueinander nur in der Form des aufliegenden seichten Grundwasserkörpers in der quartären Talfüllung des Oberflächengerinnes (Feistritz). Aus diesen Tatsachen geht klar hervor, daß man in der Hydrogeologie lange Beobachtungszeiten benötigt und aus einer nur kurzen — wie etwa von Mitte Juni bis Anfang August 1968 — keine voreiligen Schlüsse ziehen darf. Von diesen beiden Horizonten besitzt der weiter talabwärts gelegene die größere Aufnahmefähigkeit, doch ist eine Gegenläufigkeit zu erkennen: Beim Abschnitt III verringerte sich der Überschuß mit fallendem Wasserstand, beim Abschnitt IV der Verlust. Zwischen Kroisbach und Obgrün scheint die Situation klar zu sein: Nach dem Augusthochwasser war der Speicher angefüllt. Das Wasser im Horizont stagnierte jedoch nicht. Es muß irgendwo wieder entweichen oder künstlich entnommen werden, denn der Wasserüberschuß war Ende August wieder aufgebraucht.

c) Anfang September—Mitte November 1968

Nach einem heftigen Starkregen Ende August—Anfang September fielen in der Folgezeit nur mehr wenige Niederschläge. Bei allen Stationen zeichnete sich eine fallende Ganglinie ab. Die Hochwasserspitze zu Beginn dieser Beobachtungsperiode konnte aus demselben Grund wie im August wieder nicht gemessen werden. Da die Niederschläge aber nur kurze Zeit andauerten, senkte sich der Flußwasserspiegel bereits in den folgenden Tagen merklich.

Die Niederschläge am Beginn der dritten Beobachtungsperiode verursachten zwischen Anger und Unterfeistritz, ähnlich wie einen Monat vorher, keinen Wasserüberschuß. Bei der Meßstelle Anger erreichte der fallende Abfluß der Feistritz schon am 6. September das langjährige Monatsmittel. Im Verlaufe der nächsten Wochen näherte sich die Kurve dem Niederwasserstand, und der Wasserverlust stieg. Der bisherige Verlauf der Ganglinien weist eindeutig darauf hin, daß die Menge des Wasserverlustes nicht vom Wasserstand oder Abfluß der Feistritz, sondern von der momentanen Wasseraufnahmefähigkeit des unterirdischen Leiters abhängt.

Das Septemberhochwasser löste im Flußabschnitt III für einige Tage einen Wasserüberschuß aus, woran sich ein nahezu ausgeglichenes Verhältnis zwischen Verlust und Überschuß bis Anfang Oktober anschloß. Im weiteren Verlauf stellte sich aber plötzlich bei noch fallendem Wasserstand wieder ein Überschuß im Abfluß ein. Eine Erklärung dafür geben die Abflußverhältnisse im Flußabschnitt II. Zwischen Unterfeistritz und Kroisbach glich sich ab Mitte September der Überschuß mit dem Verlust aus. An manchen Tagen überwog sogar letzterer Faktor. Die Vermutung liegt nahe, daß der wasseraufnahmefähige Horizont noch über Kroisbach hinweg talaufwärts reicht.

Im untersten Flußabschnitt ergab sich im September ein Ausgleich zwischen Wasserüberschuß und -verlust, der im Oktober jedoch einer Verlustperiode wich.

d) Mitte November 1968—Anfang März 1969

Es fällt auf, daß an allen vier Flußstrecken vor dem Niederschlags- und Schmelzhochwasser Mitte März 1969 ein Wasserüberschuß zu erkennen ist. Die Ursache eines generellen Überschusses im Spätwinter muß als Folge einer Auffüllung der unterirdischen Speicher durch vorgegangene Schmelzwässer aufgefaßt werden.

Beim Flußabschnitt I ergab sich ein zusätzlicher Überschuß nur Ende November und Anfang Dezember 1968. Die Ursache dafür liegt möglicherweise im Ansprechen des Horizontes auf kurzzeitige Niederschläge, die im Herbst 1968 noch als Regen fielen. Es scheint, daß sich der unterirdische Speicher, der Flußwasser zwischen Anger und Unterfeistritz aufnimmt, relativ schnell entleert, andererseits auch die Möglichkeit eines raschen Auffüllens besitzt. Dieses Argument paßt gut

zum geologischen Aufbau innerhalb dieser Flußstrecke, da die fluviatilen Tortonensedimente als zum Teil sehr grobe Schotter abgelagert wurden. Die Filtergeschwindigkeit dürfte daher ziemlich hoch sein.

Im Flußabschnitt II währte eine geringe Versickerung bis Anfang Dezember 1968, während zwischen Kroisbach und Obgrün im Herbst keine Verluste mehr auftraten. Der vermutliche Grund dafür wurde schon bei der Beschreibung der vorhergehenden Beobachtungsperiode erwähnt.

Der Vollständigkeit halber muß erwähnt werden, daß die Meßwerte im Winter wegen Frostbildungen im Flußprofil und des Auftretens von Eisstau nicht immer dem wahren Abfluß entsprechen.

e) Anfang März—Ende April 1969

Diese Zeit wurde durch ein Hochwasser geprägt, das jedoch nicht allein auf starke Niederschlagstätigkeit zurückzuführen war, sondern vor allem durch Schmelzwässer gespeist wurde. In Anbetracht der Tatsache, daß alle Flußabschnitte vor dem Märzhochwasser einen Wasserverlust zu verzeichnen hatten, galt das besondere Interesse dem Abflußcharakter der einzelnen Flußstrecken ab Mitte März.

Auffallend ist, daß der unterirdische Speicher zwischen Anger und Unterfeistritz anders reagierte als jene im unteren Feistritztal. Im Flußabschnitt I trat schon zu Beginn der Messungen nach dem Hochwasser ein Wasserverlust ein, der sich mit fallendem Wasserstand verminderte. Auch die zwei weiteren Hochwasserspitzen (13. und 29. April) wurden vom Wasserverlust überschattet.

An der Flußstrecke II herrschte in dieser Beobachtungszeit wieder der obligate Wasserüberschuß, und zwischen Kroisbach und Obgrün wechselten sich Verlust und Überschuß ab. Aufgrund von Ausfällen der Meßstelle Obgrün ergab sich hier in dieser Beobachtungsperiode nur ein lückenhaftes Bild, das auch noch den Mai beeinträchtigte. Aus dem ungefähren Verlauf der Abflußkurven ist aber zu entnehmen, daß an der gesamten unteren Feistritz nach dem Märzhochwasser dem Oberflächenabfluß kein Wasser verlorenging. Zur Zeit der beiden Aprilhochwässer ergaben Messungen jedoch Wasserverluste zwischen Kroisbach und Obgrün, wogegen die Abflußwerte an der untersten Flußstrecke keine derartigen Ansätze erkennen ließen. Die Ursache dafür scheint in der größeren Filtergeschwindigkeit im unterirdischen Aufnahmehorizont des Flußabschnittes III zu liegen. Der unterirdische Speicher der letzten Flußstrecke war im Frühjahr 1969 nicht wasseraufnahmefähig.

f) Ende April—Anfang Juni 1969

Dieser Beobachtungszeitraum wurde durch ein generelles Abfallen der Ganglinien bei allen Stationen gekennzeichnet. Die Abflußmenge im Tagesmittel fiel in Anger von nahezu 10 auf weniger als 4 cbm/s.

Im Flußabschnitt I nahm der Wasserverlust vorerst mit einer bis unter 5 cbm/s fallenden Ganglinie ab, um dann bei weiter sinkendem Wasserstand ungefähr konstant zu bleiben.

Der zunehmende Wasserüberschuß bei niedrigem Wasserstand zwischen den beiden Stationen Unterfeistritz und Kroisbach ist auf einen vermehrten Zutritt von seichtliegendem Grundwasser zurückzuführen. Im Flußabschnitt III ließen sich klare Wasserverluste feststellen, und auch an der untersten Teilstrecke stellten sich ungefähr ab Mitte Mai — gegenüber dem vorhergehenden Flußabschnitt um etwa einen Monat verspätet — Verluste in der Wasserführung ein. In diesem Zusammenhang muß wieder auf die verschiedene Art des Wasserverlustes im mittleren und unteren Feistritztal, aber auch auf die zeitweisen Gegenläufigkeiten der Wasserführung in den Flußabschnitten III und IV hingewiesen werden.

g) Anfang Juni—Ende Juli 1969

Die Niederschläge in dieser nahezu zwei Monate andauernden Beobachtungsperiode häuften sich Anfang Juni, doch fielen auch in der Folgezeit bis etwa Mitte Juli vereinzelt noch strichartige Regenfälle, die den Fluß zu einer unregelmäßigen und stark schwankenden Wasserführung veranlaßten. Diese wirkte sich im Flußabschnitt I kaum aus, denn es war zu jener Zeit ein wenn auch gegen Ende ziemlich geringer Wasserverlust vorhanden. Er nahm wieder mit fallendem Wasserstand ab.

Gleichgeblieben ist die Situation zwischen Unterfeistritz und Kroisbach, und im Flußabschnitt III zeigte der unterirdische Speicher, daß er auf kurzfristige Flußspiegelschwankungen oft rasch und unterschiedlich reagiert. Nach dem Junihochwasser verblieb der Wasserverlust, doch stellte sich in der trockenen zweiten Junihälfte plötzlich ein Überschuß ein, der mit weiter fallendem Abfluß wieder abgebaut wurde. Im untersten Streckenabschnitt bahnte sich eine beachtliche Verlustperiode an.

h) Ende Juli—Mitte September 1969

Ziemlich ergiebige, aber kurzzeitige Niederschläge kennzeichnen diesen Zeitraum. Aus dieser schwankungsreichen Abflußperiode resultieren im Flußabschnitt I Überschüsse, zwischen denen manchmal Wasserverluste auftraten. Da letztere aber nie länger als einen Tag andauerten, handelt es sich dabei um Überlappungen von Tagesabflussmengen bei den Meßstationen Anger und Unterfeistritz, wodurch kein einheitliches Bild gewonnen werden konnte. Überraschenderweise stellte sich der Überschuß zu einer Zeit ein, die durch kein ausgeprägtes Hochwasser eingeleitet wurde. Es hat den Anschein, daß die starken täglichen Abflußschwankungen eine der Ursachen dafür sind. Dies trifft aber nur für den Flußabschnitt I zu. Zwischen Kroisbach und

Obgrün bildete sich ein Wasserverlust aus, der nur am Anfang und Ende dieser Beobachtungsperiode von kleinen Überschüssen unterbrochen wurde. Zwischen Obgrün und Maierhofen blieb der enorme Verlust der vorhergegangenen Beobachtungszeit, und es ergaben sich konstant große Wasserabnahmen.

i) Mitte September—Mitte November 1969

Bedingt durch den nahezu niederschlagsfreien Herbst 1969 begannen die Abflußkurven nach dem etwas höheren Wasserstand von Mitte September bei allen Stationen zu fallen, wodurch sich über eine längere Zeitspanne gute Vergleichsmöglichkeiten des Abflußcharakters zwischen den einzelnen Flußabschnitten ergaben.

Der Überschuß zwischen Anger und Unterfeistritz wurde während des Septemberhochwassers von einem Wasserverlust abgelöst, der aber mit fallendem Wasserstand allmählich wieder einem Überschuß Platz machen mußte (bei einem Q von ca. 5,5 cbm/s). Dieser vergrößerte sich, so daß bei Niederwasser, wo im allgemeinen das seichtliegende Grundwasser zum Fluß hinströmt, ein Überschuß von ca. 500 l/s auftrat.

Interessant ist die zeitliche Gliederung des Wasserverlustes im Flußabschnitt III. Nach dem Septemberhochwasser nahm mit fallendem Wasserstand der Verlust vorerst ab, um bei einem Q von etwa 6 cbm/s wieder anzusteigen, bis er bei Niederwasser seine größten Werte erreichte. An diesem Beispiel sind besonders zwei Dinge bemerkenswert: Erstens besitzt die Verdunstung keinen Einfluß, da Ende September weniger Wasser entschwindet als Mitte November, und zweitens besitzen die Einzugsgebiete für das versickerte Feistritzwasser in den Flußabschnitten I und III einen völlig verschiedenen Charakter. Zwischen Obgrün und Maierhofen zog sich der Wasserverlust auch über die letzten Monate des Jahres 1969 nahezu konstant hin.

4. 5. Der Charakter des Abflußverlustes

Abgesehen von Karstbereichen ist die Versickerung von Oberflächengerinnen in der humiden Zone nur selten anzutreffen. Im vorliegenden Untersuchungsgebiet wird der wasseraufnahmefähige Körper aus Kiesen und Sanden zusammengesetzt. Gegenüber einem verkarsteten Gebirgskörper besteht der Unterschied, daß der aus Lockersedimenten aufgebaute Grundwasserleiter zwar eine wesentlich größere Porosität, aber nicht die einzelnen großlumigen Wasserbahnen besitzt, so daß die Fließgeschwindigkeit in solchen Horizonten viel geringer ist. Diese Tatsache wirkt sich auch auf das Oberflächengerinne aus. In Karstarealen stellt sich im allgemeinen bei Niederwasser der prozentuell größte Wasserverlust ein, während z. B. im

Untersuchungsgebiet der Feistritz in dieser Beziehung immer gewisse Verzögerungen eintreten, die sich bei schwankendem Wasserstand überlappen können.

Es steht daher die Menge des der Versickerung anheimfallenden Wassers in keiner direkten Beziehung zu den Abflüßmengen des Flusses. Sie ist immer an die momentane Aufnahmefähigkeit des unterirdischen Horizontes gebunden.

Beim Problem des Wasserverlustes an der mittleren und unteren Feistritz spielt auch das seichtliegende Grundwasser eine gewisse Rolle, das stellenweise die Funktion eines Zwischenträgers von Fluß und unterirdischem Wasserspeicher ausüben kann. Es hängt dabei viel von der Frage ab, ob sich der Fluß gegenwärtig in einer Erosions- oder Akkumulationsphase befindet. Im unteren Feistritztal ist letzterer Fall anzunehmen, da sich der Fluß selbst einen rezenten Damm geschaffen hat. Er fließt meistens auf den quartären Schottern, so daß kein unmittelbarer Kontakt zu einem eventuellen wasseraufnahmefähigen tertiären Horizont gegeben ist. Der Fluß akkumuliert auch im Angerer Becken, und man kann annehmen, daß dieser Talabschnitt ähnliche Verhältnisse aufweist wie der untere, obwohl Anhaltspunkte dafür (z. B. Bohrungen) fehlen.

4. 5. 1. Der Flußabschnitt zwischen Anger und Unterfeistritz

In Anbetracht des Fehlens von Angaben über den seichtliegenden Grundwasserkörper ist es schwer, Beziehungen zwischen der Feistritz und dem Wasserspeicher in den tertiären Schichten zu erfassen. Die geologischen Verhältnisse lassen zwar den Schluß zu, daß sich eine wasseraufnahmefähige Sedimentdecke nur gegen S erstrecken kann (Tafel I), über deren Mächtigkeit und Ausdehnung liegen jedoch lediglich dürtige Anhaltspunkte in Form von zwei bereits oben beschriebenen Bohrungen vor. Eine Aussage über die Kapazität des Speichers kann daher nur punktweise erfolgen. Einzig die recht grobblockigen Ablagerungen lassen auf einen für Lockersedimente großen nutzbaren Porenhalt schließen, so daß große Wassermengen aufgenommen werden können.

Die größten Wasserverluste stellen sich im Flußabschnitt I unmittelbar nach Hochwässern ein, denen eine niederschlags- und abflußarme Periode folgt. Fällt der Wasserstand weiter, so nimmt die Versickerungstätigkeit des Flusses ab. Für ein solches Verhalten sind typische Beispiele vorhanden: August 1968, zweite Märzhälfte, Mai und Juni 1969 (Tafel II). Hält die Trockenheit weiter an, ist es möglich, daß die Abflußverluste infolge Versickerung wieder zunehmen.

Wasserüberschüsse entstehen am ehesten bei großen Schwankungen im Tagesmittel, wie es von Anfang August bis Mitte September 1969 der Fall war.

Es fällt auf, daß bei einer Abflußmenge von etwa 5 cbm/s die geringsten Wasserverluste auftreten; das ist ein Wert, der knapp unter der Mittelwasserführung des Flusses liegt. Entweder wird der Entwicklungsgang des bei fallender Abflußmenge zurückgehenden Verlustes von einem frisch auftretenden Hochwasser gestört (Anfang September 1968, April, Anfang Juni und Juli 1969), oder es wird nach einer längeren Zeit der Verlust wieder größer (Oktober, November 1968, Februar 1969). Der Wechselwirkung von Fluß- und seichtliegendem, unechtem Grundwasser muß in dieser Hinsicht besondere Bedeutung beigemessen werden, doch wären zur Klärung dieser Frage noch spezielle Untersuchungen notwendig. Dasselbe gilt für die Möglichkeit einer Auswirkung des Auflagedruckes vom Fluß und seichtliegenden Grundwasserkörper auf den unterirdischen Speicher bei verschiedenen Wasserständen.

4. 5. 2. Der Flußabschnitt zwischen Unterfeistritz und Kroisbach

Diese Flußstrecke schien von vornherein nicht verlustanfällig zu sein, da die Feistritz in ihrem Bereich großteils kristallines Grundgebirge durchfließt. Am ehesten ist noch in der Strecke zwischen Sankt Johann bei Herberstein und Kroisbach eine Versickerung möglich, doch auch in ihr trat nur einmal, im Herbst 1968, ein Wasserverlust auf, der aber einem weiter im SE liegenden Horizont zugehört. In den übrigen Zeiten waren nur Überschüsse zu vermerken.

4. 5. 3. Die untere Feistritz ab Kroisbach

Nach den Erkenntnissen eines der Versickerung zugeordneten Wasserverlustes im unteren Feistritztal vom Juli 1968 müßte man annehmen, daß sich in diesem Bereich ein riesiger unterirdischer Wasserspeicher befindet, der sich flußaufwärts langsam auffüllt. Doch bereits die Augustwerte 1968 zeigen, daß sich nach dem Hochwasser zuerst nicht der unterste Teil des angenommenen Horizontes mit Wasser füllte, sondern jener, der zwischen Kroisbach und Obgrün einen Teil der Feistritz als seinen Zubringer benutzt. Das läßt den Schluß zu, daß es sich um zwei voneinander getrennte unterirdische Wasserkörper handelt. Gibt es im mittleren Feistritztal nur eine Richtung, in die das Wasser versickern kann, sind im unteren, die nordwestliche ausgeschlossen, viele Möglichkeiten einer Fließrichtung des unterirdischen Wassers in den beiden tertiären Horizonten offen.

Das Hochwasser im August 1968 genügte, um den unterirdischen Horizont zwischen Kroisbach und Obgrün zu füllen, wobei auch während der niederschlagsärmeren Zeit im selben Monat nichts versickern konnte. Dasselbe, nur nicht in diesem krassen Ausmaß, traf Anfang September 1968 ein. Der Überschuß bei Niederwasser im Oktober desselben Jahres ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß ein

Teil des unterirdischen Horizontes voll war und flußaufwärts von Kroisbach eine geringe Versickerung einsetzte. Ähnlich gestaltete sich der Ablauf im November und Anfang Dezember 1968.

Aufgrund dieser Ergebnisse ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß sich dieser unterirdische Horizont schnell anfüllt, aber auch rasch wieder entleert.

Im Gegensatz zur Verluststrecke zwischen Anger und Unterfeistritz erreicht die Versickerung zwischen Kroisbach und Obgrün bei mittlerem und niederem Wasserstand ihre höchsten Werte. Besonders deutlich sichtbar ist diese Situation im Oktober und November 1969. Der Überschuß des Märzhochwassers 1969 wurde in den beiden darauffolgenden Monaten relativ schnell abgebaut, das Junihochwasser zeigte vorerst keinen Überschuß (Tafel III). Erst nach dem kleinen Julihochwasser 1969 stellte sich ein etwa eine Woche andauernder, ziemlich geringer Überschuß ein, der aber in den schwankungsfreudigen Augusttagen von der Versickerungstätigkeit des Flusses abgelöst wurde. Die Versickerung war so intensiv, daß sie sogar das Septemberhochwasser verkräftete, bei fallendem Wasserstand vorerst jedoch zurückging. Hätten die Abflußganglinien in der Folgezeit denselben Verlauf genommen wie im August 1969, wäre es wahrscheinlich zu einem Wasserüberschuß gekommen. So aber konnte der Horizont bei fallendem Wasserstand nicht aufgefüllt werden und weiter Flußwasser aufnehmen.

Die Versickerung war zur Untersuchungszeit, außer während des Niederwassers Ende Oktober—Anfang November 1968, verglichen mit den Flußabschnitten I und IV, gering. Sie bewegte sich im Durchschnitt um 500 l/s. Im Raum Kroisbach—Obgrün existieren keine Aufschlußbohrungen, so daß zwar der Wasserverlust festgestellt werden kann, das Ausstreichen eines wasseraufnahmefähigen Tertiärhorizontes und damit die lokale Versickerungsstelle jedoch nicht bekannt ist. Verglichen mit dem Speicher des Flußabschnittes IV, besitzt der unterirdische Horizont zwischen Kroisbach und Obgrün keine so große Aufnahmefähigkeit, doch wird ein Wasserüberschuß schnell wieder von einem -verlust abgelöst. Es ist möglich, daß der Korndurchmesser der tertiären Schotter im Flußabschnitt III größer ist und dadurch eine höhere Filtergeschwindigkeit erlaubt.

Im Flußabschnitt III ist es von Nachteil, daß die Beobachtungsstellen des seichtliegenden Grundwassers so angeordnet sind, daß sie die lokale Verluststelle wahrscheinlich nicht treffen (Tafel I). Das Profil Hartensdorf—Blaindorf liegt zu weit flußaufwärts, und die Grundwasserbrunnen von Obgrün befinden sich in einer Lage, wo die quartären Schotter tertiären Tonmergeln auflagern.

Eine wesentliche Hilfe zur Lösung der Frage, ob die Feistritz auf den Quartärschottern oder auf den tertiären Sedimenten fließt, bieten die Bohrprofile der RAG (Rohöl-Gewinnungs-AG). Die Feistritz wird

zweimal von Profilinien geschnitten: bei Hainersdorf und südlich von Großwilfersdorf (Tafel I). Die Mächtigkeit der quartären Aufschotterung ist bei Hainersdorf sehr verschieden; sie schwankt zwischen 3 und 12 m. Da die Flußsohle in diesem Bereich nirgends 12 m unter der Talsohle liegt, bilden die holozänen Schotter der Flußbasis nur gelegentlich eine Grenzschicht zu den liegenden klastischen Tertiärsedimenten, und sie gehen manchmal in ältere, aber noch quartäre Schotter über. Beim Profil von Großwilfersdorf schwankt die Quartärbedeckung zwischen 3 und 4,5 m, was etwa der Tiefe des Flußbettes unter dem Talniveau entspricht. Daraus geht hervor, daß die Feistritz wohl auch in direktem Kontakt mit wasseraufnahmefähigen Sedimenten des Tertiärs stehen kann.

Da die RAG-Bohrungen flußaufwärts nur bis Obgrün reichen, können sie lediglich über den untersten Beobachtungsraum eine Aussage geben (Fig. 7). Neben einigen lokalen Abweichungen in der Lage der Quartärgrenze zum Tertiär (Bohrungen Nr. 2598, 2604, 2612) scheint bei Großwilfersdorf ein Schotterhorizont in die Tiefe einzufallen (Bohrungen Nr. 2626—2631). Bei den Bohrungen Nr. 2626—2630 treten plötzlich Schotter in einer Mächtigkeit von 12 m auf. Das Profil der Bohrung Nr. 2631 zeigt eine zwischen den Schottern eingezwängte, etwa 2 m dicke tertiäre Tonmergelschicht. Das weist darauf hin, daß die 12 m mächtigen Schotter aus den Bohrungen Nr. 2626—2630 nicht allein dem Quartär entstammen, sondern nur der obere Teil (Korndurchmesser 30—70 mm). Die liegenden Schotter (Korndurchmesser 15—30 mm) müssen dagegen als Teil einer tertiären Ablagerung angesprochen werden.

Die Betrachtung der jüngsten Genese dieses engeren Bereiches um Großwilfersdorf läßt wesentliche Schlüsse zu. Der liegende Schotterhorizont und seine hangenden Tonmergel wurden von der Feistritz während ihrer letzten quartären Erosionsphase aufgeschlossen und zum Teil abgetragen und in der folgenden, auch heute noch andauernden Akkumulationsphase mit rezenten Schottern bedeckt. Weiter flußabwärts ist die Quartärbedeckung wieder sehr einheitlich.

Es muß angenommen werden, daß die Feistritz in diesem Horizont Wasser verliert. Über die Fließrichtung in diesem Wasserspeicher kann gegenwärtig nur in einem Punkt eine dezidierte Aussage gemacht werden: Durch die RAG-Bohrungen wurde zweifellos nicht der Längsschnitt des Schotterhorizontes angefahren, so daß die Strömungsrichtung nicht jener der Feistritz oder des seichtliegenden Grundwassers entspricht. Falls dieser Horizont von den Profilen im rechten Winkel geschnitten wird, besitzt er eine Breite von 1000 bis 1500 m, wodurch die Möglichkeit einer enormen Wasseraufnahme gegeben ist. Über den rinnförmigen Verlauf dieser pannonischen Schotter und darin durchgeführte Fließgeschwindigkeits- und -richtungsmessungen wird andernorts berichtet werden.

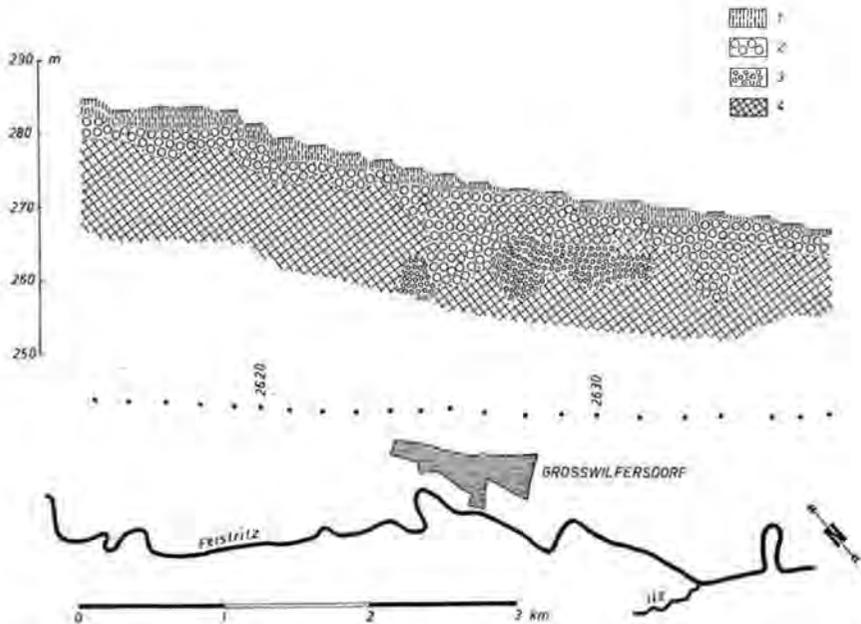


Fig. 7: Profile der RAG-(Rohöl-Gewinnungs-AG)-Bohrungen im Raum Großwilfersdorf.

- 1 Lehm
- 2 Schotter $\phi > 30$ mm
- 3 Schotter $\phi < 30$ mm
- 4 Tonmergel

Die größere Aufnahmefähigkeit gegenüber dem Bereich zwischen Kroisbach und Obgrün zeigen die Meßwerte vom August 1968. Sind aber die Versickerungsmöglichkeiten erschöpft, dauert es sehr lange, bis der Überschuß wieder abgebaut werden kann. Dieser Fall trat im Frühjahr 1969 ein, wo sich nach den Hochwässern im März und April erst gegen Ende Mai wieder eine Versickerung einstellte, zu einer Zeit, in der im Flußabschnitt III die Versickerung schon eineinhalb Monate vorherrschte. In der weiteren Zeit mußte aber zwischen Obgrün und Maierhofen eine hohe Wasserverlustrate konstatiert werden.

Schwierig ist im untersten Flußabschnitt wieder die Antwort auf die Frage der Beziehungen zwischen Speicherhorizont und seichtliegendem Grundwasser. Im Feistritztal bei Großwilfersdorf ist ein Querprofil von Beobachtungsbrunnen des seichtliegenden Grundwassers vorhanden (Tafel I). Zur Zeit der Wasseraufnahme des unterirdischen Horizontes darf der seichte Grundwasserspiegel bei nur indirektem Kontakt des Flusses mit den tertiären Schottern kein abruptes Ansteigen mitmachen, wohl aber mit dem Ende einer Versickerungs-

phase, wo der Talabwärtsschub im seichtliegenden Grundwasserkörper wegen der plötzlich fehlenden Wasseraufnahmefähigkeit des Speichers ein Ansteigen des Grundwasserspiegels bewirken müßte. Das war im Flußabschnitt IV nicht der Fall, denn die lange Dauer des Überschusses bzw. Verlustes läßt auch die Möglichkeit eines langgezogenen Wechsels zwischen Überschuß und Versickerung zu.

5. Zusammenfassung

Das Oststeirische Hügelland wird durch die Flüsse Raab, Feistritz und Lafnitz entwässert. Schon ein oberflächlicher Vergleich zeigt, daß die Feistritz einen von den beiden anderen Flüssen abweichenden Wasserhaushalt aufweist, wobei Wasserverluste auftreten, die hauptsächlich der Versickerung zugeschrieben werden.

Das versickernde Flußwasser dient zum geringsten Teil der Anreicherung von seichtliegendem ungespanntem Grundwasser in der quartären Talfüllung, der Großteil gelangt über das seichtliegende Grundwasser als Zwischenträger oder direkt in austreichende Locker-sedimentlagen der tertiären Beckenfüllung.

Die Wechselfolge der tertiären Sedimente des Steirischen Beckens ermöglicht eine Vielzahl von Horizonten gespannten Tiefgrundwassers, die derzeit von etwa 1500 artesischen Brunnen genutzt werden.

Die Gliederung des Flußgebietes der Feistritz zwischen Anger und der Einmündung der Ilz in vier Abschnitte erwies sich als vorteilhaft. Schon aus dem geologischen Aufbau und der Morphogenese des Untersuchungsgebietes ist ersichtlich, daß vom Becken von Anger zwischen Raasberg und Kulm ein tortoner Grobschotterhorizont nach S zieht. Durch Abflußmessungen in Anger und Unterfeistritz (vor dem Freienberger Durchbruch) wurde nachgewiesen, daß dieser Schotterkörper versickerndes Flußwasser vom Angerer Becken aufnimmt. In den Durchbruchsstrecken des Flusses zwischen Unterfeistritz und St. Johann bei Herberstein können Wasserverluste ausgeschlossen werden. Im unteren Feistritztal gibt der Fluß jedoch an mindestens zwei natürliche unterirdische Speicher Wasser ab, denn der Charakter des Abflußverlustes zwischen Kroisbach und Obgrün einerseits und zwischen Obgrün und Maierhofen andererseits unterscheidet sich erheblich. Der tertiäre Horizont im unteren Flußabschnitt besitzt eine bedeutend größere Aufnahmefähigkeit. Wenn aber die Auffüllung erfolgt ist, braucht es sehr lange, bis er wieder wasseraufnahmefähig wird. Beim Wasserspeicher im Tertiär zwischen Kroisbach und Obgrün genügt bereits ein mittleres Hochwasser, um den Horizont zu füllen. Er ist jedoch bereits nach einigen Tagen wieder fähig, versickerndes Wasser aufzunehmen.

Um das Problem des Flußwasserverlustes endgültig klären zu können, bedarf es noch einiger Detailuntersuchungen. Es war bisher nicht möglich, im Becken von Anger und Unterfeistritz die Mächtigkeit des seichtliegenden Grundwasserkörpers und in diesem die Fließrichtung zu erfassen. Im Feistritztal zwischen Kroisbach und Obgrün ist die Örtlichkeit, wo sich die Flußwasserversickerung vollzieht, noch nicht genau bekannt. Auch hier ist einerseits die Beobachtung von seichtliegendem ungespanntem Grundwasser noch zu verdichten, andererseits lassen die bei Obgrün durchgeführten Untersuchungen einen das Feistritztal querenden, nach NE führenden Horizont gespannten Grundwassers erkennen. Ungeklärt ist der Kontakt von Flußwasser und ungespanntem Talgrundwasser mit dem gespannten Grundwasser führenden austreichenden Horizont pannonischer Schotter östlich von Großwilfersdorf, wo sich der Versickerungsvorgang des Flußwassers im Abschnitt zwischen Obgrün und Maierhofen vollzieht. Auch hier sind weitere Detailuntersuchungen (Isotopenmessungen, Messungen der Fließgeschwindigkeit und -richtung des unterirdischen Wassers) vorgesehen.

Literatur

- AIGNER, A.: Geomorphologische Studien über die Alpen am Rande der Grazer Bucht. Jb. d. k. k. Geol. RA, Wien 1916.
- FINK, J.: Leitlinien der quartärgeologischen und pedologischen Entwicklung des südöstlichen Alpenrandes. Mitt. der österr. bodenkundl. Ges., Wien 1959.
- FLÜGEL, H.: Die Geologie des Grazer Berglandes. Mitt. Mus. Bergb., Geologie und Technik am Joanneum, Graz 1961.
- FLÜGEL, H.: Das Steirische Randgebirge. Berlin-Nikolassee 1963.
- FLÜGEL, H. & H. HERITSCH: Das Steirische Tertiär-Becken. Berlin, Stuttgart 1968.
- KOLLMANN, K.: Jungtertiär im Steirischen Becken. Mitt. der Geolog. Ges., 57/2, Wien 1964.
- KREPS, H.: Praktische Hydrographie. Habilitationsschrift, Graz 1962.
- PURKERT, R.: Geologie des Kulmgebietes. Phil. Diss., Graz 1925.
- RIEDL, H.: Ergebnisse einer Taluntersuchung in der Oststeiermark. Mitt. d. natw. Ver. f. Stmk., 91, Graz 1961.
- SCHWINNER, R.: Zur Geologie von Birkfeld. Mitt. d. natw. Ver. f. Stmk., 72, Graz 1935.
- SÖLCH, J.: Beiträge zur eiszeitlichen Talgeschichte des Steirischen Randgebirges und seiner Nachbarschaft. Forsch. z. dt. Landes- u. Volkskunde, 24, Stuttgart 1917.
- WIESENER, H.: Die alpine Gesteinsmetamorphose am Ostalpenrand. Geol. Rdsch., Wien 1962.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Ergebnisse und Probleme der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Alpensaum außerhalb der Vereisungsgebiete. Sitzb. Akad. Wiss., math.-natw. Kl., Denkschriften, 110, Wien 1955.
- ZÖTL, J.: Wässer und Gewässer in der Steiermark. Die Steiermark, Land, Leute, Leistung, Graz 1971.

Summary

There are the rivers Raab, Feistritz and Lafnitz that flow through the Oststeirisches Hügelland. Even a superfluous comparison shows that the river Feistritz as against the other two rivers has not the same river regimen, whereby a certain loss of water is to be observed and this can be primarily ascribed to seepage.

The seeping river-water serves for the least part the purpose of enrichment of shallow unconfined groundwater in the quaternary filling in the valley; most of it, however, reaches either directly the layers of loose sediments ending in this area of the tertiary filling of the basin or else via the shallow-lying groundwater as an intermediate carrier.

The changing sequence of tertiary sediments of the Styrian Basin gives rise to a variety of confined and deep groundwater horizons which are exploited by some 1,500 artesian wells at present.

It proved to be advantageous to subdivide the Feistritz river area into four parts between Anger and the place where the river Ilz joins the river Feistritz. It can be seen from both the geological structure and the morphogenesis of the area examined that a horizon of tortonian coarse-grained gravel horizon stretches from the Anger Basin between Raasberg and Kulm southwards. Through discharge measurements at Anger and Unterfeistritz (in front of the narrow valley of the Freienberg) it was proved that this gravel-body assimilates seeping river-water from the Anger Basin. Losses of water can be excluded in the narrow parts of the valley between Unterfeistritz and St. Johann near Herberstein. In the lower valley of the Feistritz, the river provides at least two natural, subterranean reservoirs with water, because the features of drainage loss between Kroisbach and Obgrün on one hand, and between Obgrün and Maierhofen on the other vary considerably. The tertiary horizon in the lower situated river section has a markedly greater assimilating capacity. However, when the refill process is terminated, it takes a very long time till the horizon can assimilate water afresh. Average floods suffice in the tertiary water reservoir between Kroisbach and Obgrün to fill the horizon. After a few days, however, it is capable of assimilating water again.

In order to be able to solve the entire problem of losses of river-water, additional detailed investigations will be necessary. It has not been possible so far to realize the thickness of the shallow groundwater body and within it the flow direction. In the valley of the river Feistritz between Kroisbach and Obgrün the exact place is still unknown, where the seeping of river-water takes place. Here again observations of shallow unconfined groundwater must be much more frequent. On the other hand, investigations conducted in the vicinity of Obgrün clearly show a horizon of confined groundwater traversing the valley of the river Feistritz and then leading to NE.

The contact of river-water and unconfined groundwater of the valley with the pannonic horizon east of Großwilfersdorf, which is provided with confined groundwater and has its end in this area, still remains an open question. It is at Großwilfersdorf where the seeping process of the river-water takes place in the section between Obgrün and Maierhofen. Detailed investigations (measurements of isotopes, measurements of flow velocity and flow direction of the subterranean water) are planned to be conducted.

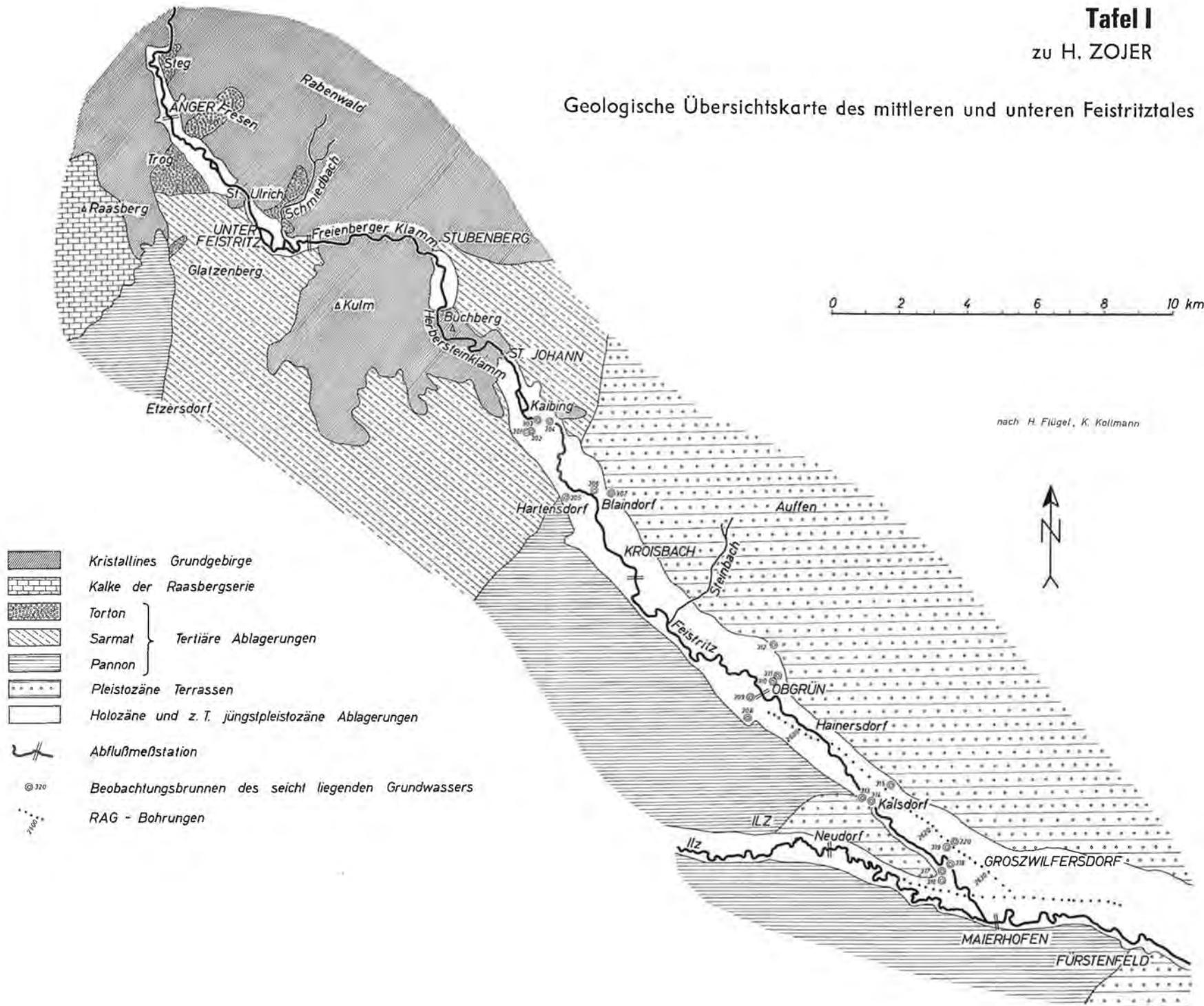
Anschrift des Verfassers:

Dr. H. ZOJER, Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz,
Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz.

Tafel I

zu H. ZOJER

Geologische Übersichtskarte des mittleren und unteren Feistritztales



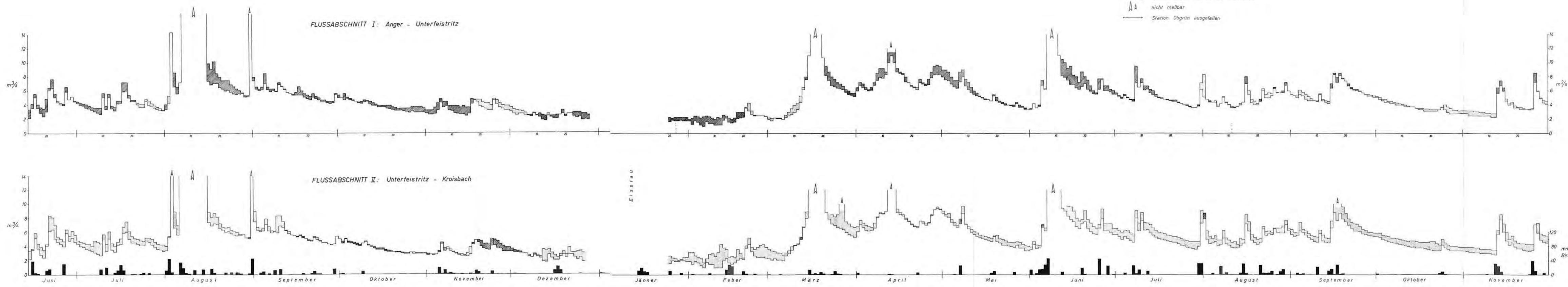
Die Verteilung des Wasserverlustes und Überschusses der Feistritz
vom 14. Juni 1968 bis zum 30. November 1969 (Flußabschnitte I und II)

- Wasserverlust
- ▨ Wasserüberschuß
- Niederschlag
- Ganglinie des Grundwasserbrunnens Nr 318
- cm Gw Grundwasserabstich von der Oberfläche
- ▲▲ nicht meßbar
- Station Obgrün ausgefallen

FLUSSABSCHNITT I: Anger - Unterfeistritz

FLUSSABSCHNITT II: Unterfeistritz - Kroisbach

Eisfrost



Die Verteilung des Wasserverlustes und Überschusses der Feistritz
 vom 14. Juni 1968 bis zum 30. November 1969 (Fluababschnitte III und IV)
 Legende siehe Tafel II

